



## **ANEJO 10: ESTUDIO DE FIRMES Y PAVIMENTOS**

### **ÍNDICE:**

<b>1. FIRMES Y PAVIMENTOS ENLACE AP-46 CON MA-20.....</b>	<b>2</b>
1.1. DATOS DE PARTIDA.....	2
1.1.1. Categoría de tráfico.....	2
1.1.2. Explanada propuesta.....	2
1.1.3. Climatología.....	3
1.1.4. Firmes existentes.....	3
1.2. COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE SECCIONES DEL FIRME EN RAMALES.....	3
1.2.1. Comparación económica.....	3
1.2.2. Valoración técnica del firme.....	7
1.2.3. Conclusión.....	7
1.3. FIRME PROPUESTO.....	7
1.4. DEFINICIÓN ACTUACIONES.....	8
<b>2. FIRMES Y PAVIMENTOS ENLACE AP-46 CON MA-3404.....</b>	<b>9</b>
2.1. DATOS DE PARTIDA.....	9
2.1.1. Categoría de tráfico.....	9
2.1.2. Explanada propuesta.....	9
2.1.3. Climatología.....	10
2.2. FIRME PROPUESTO.....	10
2.3. ACTUACIÓN EN MA-3404.....	11
<b>3. MEZCLAS BITUMINOSAS Y RIEGOS.....</b>	<b>12</b>
3.1. TIPO DE BETÚN ASFÁLTICO.....	12
3.2. RIEGOS.....	13



## 1. FIRMES Y PAVIMENTOS ENLACE AP-46 CON MA-20

Se presenta en este capítulo el estudio de la sección de firme correspondiente al enlace de la AP-46 con la MA-20.

La sección de firme se dimensiona de acuerdo con la Norma 6.1-I.C: “Secciones de Firme” de la Dirección General de Carreteras.

Previamente, en el Anejo nº6: “Estudio de tráfico” se ha establecido la categoría de tráfico pesado correspondiente a cada eje, necesaria para seleccionar la sección de firme.

Dado que se hacen numerosas alusiones a los ejes del proyecto a lo largo de este anejo, en la siguiente tabla se define el nombre de cada eje y el número del mismo para una correcta identificación:

NOMBRE EJE	Nº EJE
Ramal 1 A-7 a MA-20	38
Ramal 2 MA-20 a A-7	37
Autovía MA-20 Carril de Deceleración	7
Autovía MA-20. Carril de aceleración	8
Autovía A-7 Carril de deceleración	9
Autovía A-7 Carril de Aceleración	10
Camino-2	23
Camino-3	24
Camino-1	25
Camino-4	27
Camino 5	36

### 1.1. DATOS DE PARTIDA

#### 1.1.1. Categoría de tráfico

Para un correcto dimensionamiento de la estructura del firme se han de considerar, entre otros factores, la acción prevista del tráfico, fundamentalmente el más pesado, durante la vida útil del firme. Por ello, la sección estructural del firme dependerá en primer lugar de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMD<sub>p</sub>) que se prevea en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio. Dicha intensidad se utiliza para calcular la categoría de tráfico pesado.

Del estudio de tráfico realizado en el anejo nº 6 se concluye que la categoría de tráfico a adoptar para los nuevos ramales de la conexión sea la categoría T2.

Para los carriles de aceleración y deceleración se proyecta el mismo firme que el existente en las correspondientes autovías.

#### 1.1.2. Explanada propuesta

Según el estudio de procedencia de materiales, el material necesario para explanada va a proceder de préstamos cercanos o de las canteras de Alhaurín de la Torre.

Además, el material procedente de los desmontes va a ser reducido, aunque de buena calidad, por lo que incluso para la ejecución de los terraplenes será necesario obtener el material de cantera o préstamos. Los préstamos previstos cuentan con un material clasificado como adecuado o incluso seleccionado a tenor de los datos disponibles.

Por último, para los carriles de aceleración y deceleración la explanada que se adopta es la E-3, por ser ésta la explanada con la que están ejecutadas las autovías existentes.

Por todo lo anterior se va a proyectar una explanada de categoría E-3.

En el anejo de Movimiento de tierras se incluyen las capas que constituyen las explanadas diseñadas.



### 1.1.3. Climatología

Para la elección del tipo de ligante bituminoso, así como para la relación entre su dosificación en masa y la del polvo mineral, se debe tener en cuenta la zona térmica estival.

Para este proyecto, la zona térmica estival es la CÁLIDA.

En cuanto a la capa de rodadura a proyectar, es necesario tener en cuenta la zona pluviométrica en la que se encuentra las vías a proyectar. Para este proyecto, la zona pluviométrica es la Zona 7, que se corresponde a una zona pluviométrica poco lluviosa. Esta zona impide, según la Norma 6.1-I.C. el proyectar capas drenantes en capa de rodadura. No obstante, al tratarse de ramales que conectan con vías ya existentes cuya capa de rodadura es drenante, queda justificado el empleo de capas drenantes en los tramos de ramal que compartan calzada con dichas vías existentes. Una vez que la calzada del ramal se independiza de la calzada de la vía principal la capa de rodadura no se proyecta como capa drenante.

### 1.1.4. Firmes existentes

El firme existente en las autovías, de acuerdo a información facilitada por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, se corresponde con la sección 031 de la Norma 6.1-I.C. Las capas que constituyen esta sección de firme son:

#### Calzada

Rodadura M.B.Cdrenante PA-11 PMB 45/80-60	(0,04 m)
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S	(0,05 m)
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S	(0,06 m)
Capa base M.B.C tipo AC-32 BASE 35/50 G	(0,15 m)
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

#### Arcén exterior (Arcén: 2,50 m)

Rodadura M.B.Cdrenante PA-11 PMB 45/80-60	(0,04 m)
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S	(0,05 m)
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S	(0,06 m)
Zahorra artificial drenante	(0,15 m)
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

### 1.2. COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE SECCIONES DEL FIRME EN RAMALES

La Norma 6.1-IC "Secciones de firme" define distintas secciones de firme para la categoría de tráfico T2. Por tanto, se deberá elegir una de estas secciones, para lo que se realizará una comparación tanto técnica como económica de las mismas.

Las secciones de firme consideradas apoyan sobre explanada tipo E3, que es común a la sección de autovía con la que conectan los ramales.

De las tres secciones permitidas en la Norma 6.1-IC se descarta la sección 234, firme de hormigón, por su evidente diferencia con respecto al firme existente en las autovías que se pretenden conectar con el enlace que se proyecta.

Por tanto, se van a analizar las secciones 231 (subbase de zahorra artificial) y 232 (subbase de suelocemento).

#### 1.2.1. Comparación económica

##### 1.2.1.1. Costes de construcción.

A continuación, se procede a realizar una comparación económica de cada una de las secciones estructurales a estudiar.

Los costes de construcción inicial de una determinada sección de firme se obtendrán como suma de los correspondientes a cada una de las unidades de obra que componen la sección, incluyendo los arcenes en el caso de que difieran entre secciones.

El proceso de cálculo se realiza evaluando el precio por metro lineal de firme.

Los precios que a continuación se proporcionan no tienen carácter contractual, siendo su única finalidad la de estimar un valor que permita comparar desde el punto de vista económico las distintas posibles soluciones del firme.

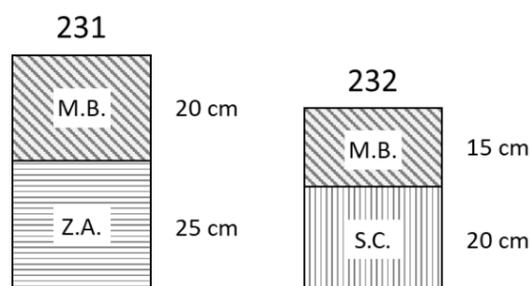
ID	Material	€/t	t/m3	€/m3
ZA	Zahorra Artificial			18,19
ZAD	Zahorra Artificial Drenante			18,19
SC	Suelocemento			27,64
AC-16	M.B. Semidensa AC-16 - SURF	26,5	2,35	62,28
AC-22	M.B. Semidensa AC-22 - BIN	26,44	2,45	64,78
AC-32	M.B. Semidensa AC-32 - BASE	26,47	2,42	64,06
ECUR	Riego de Curado+Adher.*			0,31
ECI	Riego de Imprimación*			0,36
ECR-1	Riego Adherencia*			0,12

\* El precio de estos materiales es por m2.

\* El precio de estos materiales es por m<sup>2</sup>

Las secciones de firme que se estudian son: 231 y232:

- o La sección 231 está formada por 20 cm de mezclas bituminosas + 25 cm de zahorra artificial
- o La sección 232 está formada por 15 cm de mezclas bituminosas + 20 cm de suelocemento.



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

Mezcla	Densidad (t/m <sup>3</sup> )
AC16 Surf	2,35
AC22 bin S	2,45
AC32 base G	2,42

Las dotaciones para los riegos, se indican en el punto 3.2 de este anejo.

Para el cálculo del coste de construcción se considera el sobrecancho que marca la Norma 6.1 IC en la calzada+arcén para las distintas capas, y se tiene en cuenta la forma trapezoidal, y no rectangular, de las capas para la cubicación de éstas.

El coste de construcción para cada una de estas secciones es el siguiente:

SECCIÓN	CALZADA+ARCÉN INTERIOR					Anchura 5,00	
231	descripción Capa	Sobre-ancho (cm.)	Ancho (m.)	Espesor (cm.)	Coste/m3	Coste/m.l.	
CAPAS							
AC-16	M.B. Semidensa AC-16 - SURF	25	5,25	5	62,275	16,35 €	
ECR-1	Riego Adherencia*	30	5,30		0,12 €	0,01 €	
AC-22	M.B. Semidensa AC-22 - BIN	45	5,45	5	64,78 €	17,65 €	
ECR-1	Riego Adherencia*	50	5,50		0,12 €	0,01 €	
AC-32	M.B. Semidensa AC-32 - BASE	70	5,70	10	64,06 €	36,51 €	
ECI	Riego de Imprimación*	80	5,80		0,36 €	0,02 €	
ZA	Zahorra Artificial	135	6,35	25	18,19 €	28,88 €	
						<b>Subtotal 99,42 €</b>	
SECCIÓN	ARCÉN EXTERIOR					Anchura 2,30	
231	descripción Capa	Sobre-ancho (cm.)	Ancho (m.)	Espesor (cm.)	Coste/m3	Coste/m.l.	
CAPAS							
AC-16	M.B. Semidensa AC-16 - SURF	0	2,30	5	62,275	7,16 €	
ECI	Riego de Imprimación	0	2,30		0,36 €	0,01 €	
ZAD	Zahorra Artificial Drenante	10	2,40	15	18,19 €	6,55 €	
ZA	Zahorra Artificial	10	2,40	25	18,19 €	10,91 €	
						<b>Subtotal 24,63 €</b>	
						<b>TOTAL PLATAFORMA: 124,05 €</b>	



SECCIÓN	CALZADA+ARCÉN INTERIOR					Anchura	5,00
232	descripción Capa	Sobre-ancho (cm.)	Ancho (m.)	Espesor (cm.)	Coste/m3	Coste/m.l.	
AC-16	M.B. Semidensa AC-16 - SURF	45	5,45	5	62,275	16,97 €	
ECR-1	Riego Adherencia*	50	5,50		0,12 €	0,01 €	
AC-22	M.B. Semidensa AC-22 - BIN	70	5,70	10	64,78 €	36,92 €	
ECUR	Riego de Curado+Adher.*	80	5,80		0,31 €	0,02 €	
SC	Suelocemento	120	6,20	20	27,64 €	34,27 €	
						Subtotal	88,19 €
CAPAS	ARCÉN EXTERIOR					Anchura	2,30
232	descripción Capa	Sobre-ancho (cm.)	Ancho (m.)	Espesor (cm.)	Coste/m3	Coste/m.l.	
AC-16	M.B. Semidensa AC-16 - SURF	0	2,30	5	62,275	7,16 €	
ZA	Zahorra Artificial	10	2,40	30	18,19 €	13,10 €	
						Subtotal	20,26 €
<b>TOTAL PLATAFORMA:</b>							<b>108,45 €</b>

A la vista de los resultados obtenidos en lo que al coste de construcción inicial se refiere, se observa que la sección más económica es la 232.

No obstante, es necesario considerar también los costes de conservación para comparar coste de construcción y coste de conservación de cada sección.

### 1.2.1.2. Costes de conservación

Dentro de estos costes están incluidos los de las operaciones necesarias de conservación de los firmes, de rehabilitaciones superficiales o estructurales a lo largo del periodo de análisis y de reconstrucción al final de la vida de servicio. A las secciones con firme rígido se les estima un periodo de vida útil de 30 años mientras que a las secciones de firme flexible el período de vida útil que se les estima es de 20 años. Por tanto, para homogeneizar, se va a considerar para las 2 secciones un período de uso de 30 años.

El periodo de análisis será, por tanto, de 30 años y el análisis comparativo se realizará actualizando los costes de las operaciones de conservación al año de construcción, empleando una tasa de actualización del 4%. En consecuencia, el coste de una operación realizada en el año t, se obtendrá mediante la expresión:

$$C_{\text{actualizado}} = C / (1 + r)^t$$

La evaluación de los costes se realiza definiendo unos “escenarios de conservación”, tomados de la publicación “Instrucción para el Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía”, de 1999, ligeramente modificados. Estos escenarios para cada tipo de firme aparecen en la tabla siguiente para un tráfico T2, que es el caso que nos ocupa. Los porcentajes se refieren a las operaciones necesarias expresadas como porcentajes del coste inicial del coste de construcción del firme. Se considera tan solo el coste de la calzada para evaluar el coste de mantenimiento.

### Escenarios de conservación por tipo de firme para tráfico T2

AÑOS	Escenarios de conservación	
	Firme con capas granulares y mezclas bituminosas	Firme con suelo-cemento y mezclas bituminosas
1		
2		
3		
4		
5	1,0%	
6	1,0%	
7	1,0%	1,0%
8	1,0%	1,0%
9	1,0%	1,0%
10	Lechada + 1%	Lechada + 1%
11	1,0%	1,0%
12	1,0%	1,0%
13	1,0%	1,0%
14	Refuerzo	Refuerzo
15		
16		
17		
18	1,0%	1,0%
19	1,0%	1,0%
20	Lechada	Lechada
21	1,0%	1,0%
22	Reposición	Reposición
23		
24		
25		
26	1,0%	1,0%
27	1,0%	1,0%
28	1,0%	1,0%
29	1,0%	1,0%
30	1,0%	1,0%

Fuente: Instrucción para el Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía y elaboración propia



El precio de la lechada es de 15€/ml. Como refuerzo se considera el coste de ejecución de la capa de rodadura (incluido el riego de adherencia) mientras que la reposición consta de la ejecución de la capa de rodadura y de la capa intermedia (incluido los riegos de adherencia necesarios).

Los costes de conservación para las distintas secciones son los siguientes:

- **SECCIÓN 231**

AÑOS	OPERACIONES CONSERVACIÓN	COSTE (€/ml)	COSTE ACTUALIZADO (€/ml)
0	0,0%	0,00 €	0,00 €
1	0,0%	0,00 €	0,00 €
2	0,0%	0,00 €	0,00 €
3	0,0%	0,00 €	0,00 €
4	1,0%	1,03 €	0,88 €
5	1,0%	1,03 €	0,85 €
6	1,0%	1,03 €	0,82 €
7	1,0%	1,03 €	0,78 €
8	1,0%	1,03 €	0,75 €
9	Lechada + 1%	6,78 €	4,76 €
10	1,0%	1,03 €	0,70 €
11	1,0%	1,03 €	0,67 €
12	1,0%	1,03 €	0,64 €
13	Refuerzo	18,08 €	10,86 €
14	0,0%	0,00 €	0,00 €
15	0,0%	0,00 €	0,00 €
16	0,0%	0,00 €	0,00 €
17	1,0%	1,03 €	0,53 €
18	1,0%	1,03 €	0,51 €
19	Lechada	5,75 €	2,73 €
20	1,0%	1,03 €	0,47 €
21	Reposición	36,47 €	16,00 €
22	0,0%	0,00 €	0,00 €
23	0,0%	0,00 €	0,00 €
24	0,0%	0,00 €	0,00 €
25	1,0%	1,03 €	0,39 €
26	1,0%	1,03 €	0,37 €
27	1,0%	1,03 €	0,36 €
28	1,0%	1,03 €	0,34 €
29	1,0%	1,03 €	0,33 €
30	1,0%	1,03 €	0,32 €
	<b>TOTAL</b>		<b>44,07 €</b>

**SECCIÓN 232**

AÑOS	OPERACIONES CONSERVACIÓN	COSTE (€/ml)	COSTE ACTUALIZADO (€/ml)
0	0,0%	0,00 €	0,00 €
1	0,0%	0,00 €	0,00 €
2	0,0%	0,00 €	0,00 €
3	0,0%	0,00 €	0,00 €
4	0,0%	0,00 €	0,00 €
5	0,0%	0,00 €	0,00 €
6	1,0%	0,92 €	0,72 €
7	1,0%	0,92 €	0,70 €
8	1,0%	0,92 €	0,67 €
9	Lechada + 1%	6,67 €	4,68 €
10	1,0%	0,92 €	0,62 €
11	1,0%	0,92 €	0,59 €
12	1,0%	0,92 €	0,57 €
13	Refuerzo	18,77 €	11,27 €
14	0,0%	0,00 €	0,00 €
15	0,0%	0,00 €	0,00 €
16	0,0%	0,00 €	0,00 €
17	1,0%	0,92 €	0,47 €
18	1,0%	0,92 €	0,45 €
19	Lechada	5,75 €	2,73 €
20	1,0%	0,92 €	0,42 €
21	Reposición	18,77 €	8,24 €
22	0,0%	0,00 €	0,00 €
23	0,0%	0,00 €	0,00 €
24	0,0%	0,00 €	0,00 €
25	1,0%	0,92 €	0,34 €
26	1,0%	0,92 €	0,33 €
27	1,0%	0,92 €	0,32 €
28	1,0%	0,92 €	0,31 €
29	1,0%	0,92 €	0,29 €
30	1,0%	0,92 €	0,28 €
	<b>TOTAL</b>		<b>34,00 €</b>

En resumen, de la suma de costes de inversión y costes de conservación se obtiene el coste global de cada sección estructural del firme. En el cuadro que figura a continuación se muestra en resumen de los mismos:

Sección	Const.	Conserv.	Total
231	124,05 €	44,07 €	168,12 €
232	108,45 €	34,00 €	142,45 €

### 1.2.2. Valoración técnica del firme

Además de los aspectos económicos, es necesario evaluar las ventajas e inconvenientes de tipo técnico de cada una de las secciones analizadas en el apartado anterior. Se resumen a continuación:

- Dado que el cosido de los ramales de aceleración y deceleración se realiza con firme de ZA para homogeneizar con el paquete de firmes existente en las autovías afectadas, se considera conveniente mantener esta sección con el fin de evitar juntas transversales en el pavimento que por diferencia de rigideces se reflejen en la capa de rodadura a futuro.
- Debido a la singular definición de las obras y el poco desarrollo longitudinal de los ejes, los equipos de extendido apenas obtendrán rendimientos, generándose varias juntas de trabajo en la capa de subbase. Por ello se considera preferible la elección de un firme con ZA, más fácil de unir entre los diferentes frentes de avance, que un firme con SC en el que las máquinas requieren unas amplias zonas libres de comienzo para iniciar el extendido de la capa.
- Se ha estudiado la oferta de plantas de Suelo Cemento en la zona y de las 10 plantas de hormigón localizadas en el entorno sólo 3 trabajan el material, pudiendo generar problemas de suministro. Todas las graveras disponen de ZA.
- La ZA permite iniciar trabajos sucesores de manera inmediata optimizando los plazos de ejecución del proyecto dada la premura de la concesionaria para poner en servicio las obras. El SC requiere de un plazo mínimo de 7 días para transitar sobre el mismo.

### 1.2.3. Conclusión

Finalmente, la sección que se adopta será la 231 a pesar del mayor coste teórico, pues, además de que las autovías que se conectan ya están ejecutadas con zahorra artificial, el tipo de actuación no es de la entidad suficiente para compensar los equipos de suelocemento necesarios.

### 1.3. FIRME PROPUESTO

De las opciones disponibles para el caso de una explanada E-3 y una categoría de tráfico T2, se va a seleccionar la sección correspondiente a una subbase de zahorra artificial (sección 231), por los motivos en los epígrafes anteriores.

Para reposición de caminos, se atiende a la OC 306/89.

Se indican a continuación las distintas capas que constituyen la sección de firme de los distintos ejes del proyecto:

- Carriles de aceleración/deceleración (misma sección de firme que la MA-20 y A7)→ Eje 7, Eje 8, Eje 9 y Eje 10

#### Calzada

Rodadura M.B.Cdrenante PA-11 PMB 45/80-60	(0,04 m)
Riego de Adherencia termoadherente	C60BP3 TER
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S	(0,05 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S	(0,06 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa base M.B.C tipo AC-32 BASE 35/50 G	(0,15 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)



### Arcén exterior (Arcén: 2,50 m)

Rodadura M.B.Cdrenante PA-11 PMB 45/80-60	(0,04 m)
Riego de Adherenciatermoadherente	C60BP3 TER
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S	(0,05 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S	(0,06 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Zahorra artificial drenante	(0,15 m)
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

### • Ramales de conexión de único sentido → Eje 37 y Eje 38

#### Calzada y arcén interior

Rodadura M.B.C tipo AC16 SURF 50/70 S	(0,05 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 50/70 S	(0,05 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa base M.B.C tipo AC-32 BASE 50/70 G	(0,10 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

### Arcén exterior (Arcén: 2,50 m)

Rodadura M.B.C tipo AC16 SURF 50/70 S	(0,05 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Zahorra artificial drenante	(0,15 m)
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

### • Estructuras

Rodadura M.B.C tipo AC16 SURF 50/70 S	(0,05 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH

Tratamiento impermeabilizante, consistente en una mezcla en caliente de mastic-betún-caucho.

### • Reposición de caminos → Eje 23, Eje 24, Eje 25 y Eje 27

Hormigón HM-20	(0,15 m)
Suelo adecuado	(0,30 m)

## 1.4. DEFINICIÓN ACTUACIONES

Se realizan las siguientes actuaciones en lo que al diseño de los firmes se refiere:

- Fresado de la capa de rodadura en la actual autovía en un espesor de 4 cm (en la zona indicada en planos) con objeto de extender una nueva capa de rodadura tanto en la actual autopista como en los nuevos carriles de aceleración y deceleración que se proyectan.
- Ensanche del firme existente en los mencionados carriles de aceleración y deceleración. Para ello, se procederá a un escalonamiento de las capas del firme existente tras el fresado de la capa de rodadura. Este escalonamiento se realizará en dos saltos de 5 y 6 cm respectivamente, y un ancho de escalón de 40 cm en el primer caso y de 10 cm en el segundo caso.
- Demolición de firme existente. En aquellas zonas donde no se aproveche el firme existente, se procederá a una demolición del mismo, incluyendo la subbase que pudiera tener el firme.



## 2. FIRMES Y PAVIMENTOS ENLACE AP-46 CON MA-3404

Se presenta a continuación el estudio de la sección de firme correspondiente al Enlace de la AP-46 con la MA-3404.

La sección de firme se dimensiona de acuerdo con la Norma 6.1-I.C: "Secciones de Firme" de la Dirección General de Carreteras.

Previamente, en el Anejo nº6: "Estudio de tráfico" se ha establecido la categoría de tráfico pesado correspondiente a cada eje, necesaria para seleccionar la sección de firme.

Dado que se hacen numerosas alusiones a los ejes del proyecto a lo largo de este anejo, en la siguiente tabla se define el nombre de cada eje y el número del mismo para una correcta identificación:

NOMBRE EJE	Nº EJE
Ramal de acceso	1
Glorieta MA-3404	2
Glorieta 2	3
Vía transversal-2	4
Vía transversal-1	5
Vía transversal-3	13
Inter. MA-3404 1	6
Inter. MA-3404 2	7
Camino de servicio (COEX)	8
Reposición de camino-1	9
Camino 3 Acceso	11
Rep. Vía Pecuaria	20

### 2.1. DATOS DE PARTIDA

#### 2.1.1. Categoría de tráfico

Para un correcto dimensionamiento de la estructura del firme se han de considerar, entre otros factores, la acción prevista del tráfico, fundamentalmente el más pesado, durante la vida útil del firme. Por ello, la sección estructural del firme dependerá en primer lugar de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMD<sub>p</sub>) que se prevea en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio. Dicha intensidad se utiliza para calcular la categoría de tráfico pesado.

Del estudio de tráfico realizado en el anejo nº 6 se han concluido las siguientes categorías de tráfico pesado para los distintos ejes del proyecto:

- Glorieta, conexión con la carretera MA-3404 y ramal de conexión con la autopista de peaje AP-46: T31

Por otra parte, para el Camino de servicio COEX se ha considerado una categoría de tráfico T41. No se dispone de datos precisos de intensidades de tráfico de vehículos pesados en esta vía, pero siendo su función se dirige a los vehículos de explotación, es previsible que dé servicio a un volumen de vehículos pesados y maquinaria que hacen recomendable su pavimentación.

#### 2.1.2. Explanada propuesta

Según el estudio de procedencia de materiales, el material necesario para explanada va a proceder de préstamos cercanos o de las canteras de Alhaurín de la Torre.

Además, el material procedente de los desmontes va a ser reducido por lo que incluso para la ejecución de los terraplenes será necesario obtener el material de cantera o préstamos.

Por todo lo anterior, y considerando que se trata de viales que conectan con una autopista de altas prestaciones, se va a proyectar una explanada de categoría E-3 para todos los ejes del proyecto con categoría de tráfico T31, dada la buena



calidad de los materiales que se van a emplear para ejecutar las capas de la explanada e incluso los terraplenes. Para el camino de servicio (cat. T41) se adopta una explanada E-2, pues, aun siendo un camino, su uso está destinado a la conservación y explotación de la autopista, por lo que es previsible que esté sometido a solicitaciones de carga mayores a las habituales para un camino.

En el anejo de Movimiento de tierras se incluyen las capas que constituyen las explanadas diseñadas.

### 2.1.3. Climatología

Para la elección del tipo de ligante bituminoso, así como para la relación entre su dosificación en masa y la del polvo mineral, se debe tener en cuenta la zona térmica estival.

Para este proyecto, la zona térmica estival es la CÁLIDA.

En cuanto a la capa de rodadura a proyectar, es necesario tener en cuenta la zona pluviométrica en la que se encuentra las vías a proyectar. Para este proyecto, la zona pluviométrica es la Zona 7, que se corresponde una zona pluviométrica poco lluviosa. Esta zona impide, según la Norma 6.1-I.C. el proyectar capas drenantes en capa de rodadura.

## 2.2. FIRME PROPUESTO

De las opciones disponibles para el caso de una explanada E-3 y una categoría de tráfico T31, se va a seleccionar la sección correspondiente a una subbase de zahorra artificial, por los mismos motivos que en la actuación en la MA-20. La sección adoptada es la 3131.

Para reposición de caminos, se atiende a la OC 306/89.

Se indican a continuación las distintas capas que constituyen la sección de firme de los distintos ejes del proyecto:

- Vial de acceso → Eje 1

#### Calzada (incluso arcenes interiores y separador)

Rodadura M.B.C tipo AC22 SURF 50/70 S	(0,06 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 50/70 S	(0,10 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

#### Arcenes exteriores (1,50 m)

Rodadura M.B.C tipo AC22 SURF 50/70 S	(0,06 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Subbase de zahorra artificial drenante ZAD	(0,15 m)
Subbase de zahorra artificial ZA	(0,20 m)

- Ramal-1, Ramal-2 y Ramal-3 → Eje 5, Eje 4 y Eje 13

#### Calzada y arcén interior

Rodadura M.B.C tipo AC22 SURF 50/70 S	(0,06 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 50/70 S	(0,10 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

#### Arcén exterior (Arcén: 2,50 m)

Rodadura M.B.C tipo AC22 SURF 50/70 S	(0,06 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Subbase de zahorra artificial drenante ZAD	(0,15 m)
Subbase de zahorra artificial ZA	(0,20 m)



- Glorieta 1 (MA-3404) y 2 → Eje 2 y Eje 3

**Calzada y arcén exterior**

Rodadura M.B.C tipo AC22 SURF 50/70 S	(0,06 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 50/70 S	(0,10 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

**Arcén interior**

Gorjal	(0,18 m)
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

- Conexión con MA-3404 → Eje 6 y Eje 7

**Calzada y arcenes**

Rodadura M.B.C tipo AC22 SURF 50/70 S	(0,06 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 50/70 S	(0,10 m)
Riego de imprimación	C50BF4 IMP
Subbase de zahorra artificial	(0,25 m)

- Reposición de camino 1 (sin pavimentar) → Eje 9

Zahorra artificial + tratamiento superficial	(0,30 m)
Suelo adecuado	(0,30 m)

Reposición de camino 3 → Eje 11

Rodadura M.B.C tipo AC16 surf 50/70 S	(0,05 m)
Riego de imprimación tipo	C50BF4 IMP
Zahorra artificial	(0,30 m)
Suelo adecuado	(0,30 m)

- Camino de servicio (COEX) → Eje 8

Rodadura M.B.C tipo AC16 surf 50/70 S	(0,05 m)
Riego de Adherencia	C60B3 ADH
Capa intermedia M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S	(0,05 m)
Riego de imprimación tipo	C50BF4 IMP
Zahorra artificial	(0,30m)

- Reposición de Vía Pecuaria → Eje 20

Tramo sin pavimentar:

Zahorra artificial + tratamiento superficial	(0,30 m)
Suelo adecuado	(0,30 m)

Tramo pavimentado (cruce Vial de Acceso), incluso arcenes y tramo inicial (al menos 10 metros) de la reposición de la Vía Pecuaria.

Hormigón de Firme	(0,21 m)
Subbase de zahorra artificial	(0,20 m)

### 2.3. ACTUACIÓN EN MA-3404

Tal y como se describe en el anejo de Obras complementarias, la Diputación de Málaga ha solicitado se actúe sobre la MA-3404, procediendo a un refuerzo del firme de la vía en cuestión.

La actuación consiste en un fresado de 6 cm de espesor y la posterior extensión de una capa de rodadura del mismo espesor. La capa de rodadura consistirá en una mezcla bituminosa en caliente AC22 surf 50/70S extendida previo riego de adherencia sobre el firme existente tras el fresado previo.



### 3. MEZCLAS BITUMINOSAS Y RIEGOS

El tipo de mezclas bituminosas a emplear en el proyecto son los siguientes:

- M.B.C tipo AC16 SURF 50/70 S
- M.B.C tipo AC22 SURF 50/70 S
- M.B.C tipo AC-22 BIN 50/70 S y M.B.C tipo AC-22 BIN 35/50 S
- M.B.C tipo AC-32 BASE 50/70 G y M.B.C tipo AC-32 BASE 35/50 G
- M.B.C tipo PA-11 PMB 45/80-60

#### 3.1. TIPO DE BETÚN ASFÁLTICO

El tipo de ligante hidrocarbonado a emplear viene dado por el artículo 542 y 543 del PG-3, actualizado en la Orden FOM/2523/2014, y es función de la categoría de tráfico, la capa a que se destine la mezcla y la zona térmica estival en la que se sitúe la zona de proyecto.

Las características técnicas de los distintos betunes asfálticos vienen recogidas en los artículos 211 y 215 del PG-3, actualizado en la Orden FOM/2523/2014

Para la zona cálida y categoría de tráfico T2, T31 y T32, el betún más adecuado para las mezclas continuas es el 50/70 y. Para las mezclas continuas en las capas de los ramales de aceleración y aceleración de la conexión entre la MA-20 y la AP-46 el betún a emplear es el 35/50 en las mezclas continuas, al ser categoría de tráfico pesado T0, y para para las mezclas drenantes el PMB 45/80-60.

La relación ponderal, entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado de las mezclas utilizadas en este proyecto en función de la zona térmica estival (caliente) es la siguiente:

TIPO de capa	ZONA TÉRMICA ESTIVAL
	CÁLIDA Y MEDIA
RODADURA	1,2
INTERMEDIA	1,1
BASE	1,0
DRENANTE	1,1

La proporción de polvo mineral de aportación respecto al total de polvo mineral se fija en un 100%, tal y como indica la mencionada Orden FOM2523/2014 para las mezclas bituminosas empleadas en secciones de firme de categoría de tráfico pesado T2, para la capa de rodadura y, como mínimo del 50% en el resto de capas para esta categoría de tráfico y, en cualquier capa, para las categorías de tráfico inferiores.

Las proporciones de betún, expresadas en tanto por ciento sobre el peso total de la mezcla:

Mezclas tipo AC-16/AC-22 en capa rodadura	4,50%
Mezclas tipo AC-22 en capa intermedia	4,00%
Mezclas tipo AC-32 en capa base	4,00%
Mezclas drenantes tipo PA-11	4,30%



### 3.2. RIEGOS

- Riego de Imprimación:

Se ejecutará sobre la capa base de zahorra artificial con una dotación de 0,50 Kg/ m<sup>2</sup> de ligante residual, previa extensión de una nueva capa de mezcla bituminosa. La emulsión asfáltica será la tipo C50BF4 IMP, con un contenido de ligante del 50%. Por tanto, para conseguir la dotación de ligante residual indicada se debe emplear 1 kg/ m<sup>2</sup> de emulsión.

- Riego de Adherencia:

Se ejecutará sobre la capas de mezclas bituminosas o sobre el firme existente, con una dotación de 0,20 kg/m<sup>2</sup> de ligante residual para el caso de firmes de nueva construcción y de 0,25 kg/m<sup>2</sup> de ligante residual para el caso de firmes existentes, previa extensión de una nueva capa de mezcla bituminosa. También, en el caso de capas ejecutadas con conglomerante hidráulicos, se extenderá un riego de adherencia previo a la ejecución de la mezcla bituminosa. La emulsión asfáltica será la tipo C60B3 ADH, con un contenido de ligante del 60%. Por tanto, para conseguir la dotación de ligante residual indicada se debe emplear 0,333 kg/m<sup>2</sup> de emulsión en este riego cuando se trate de firmes de nueva construcción o 0,417 kg/m<sup>2</sup> de emulsión cuando se trate de firmes existentes.

Bajo la capa de rodadura drenante se empleará un riego de adherencia modificado con polímeros tipo C60BP3 ADH con una dotación mínima de 0,300 kg/m<sup>2</sup> deligante residual (0,400 kg/m<sup>2</sup> deligante residual en caso de firmes existentes). El contenido de ligante es del 60% por lo que, para conseguir la dotación indicada de ligante residual, se debe emplear 0,500 kg/m<sup>2</sup> de emulsión en este riego o 0,667 kg/m<sup>2</sup> deligante residual en el caso de firmes existentes.

- Riego de Curado:

Se ejecutará sobre las capas de explanada ejecutadas con S-EST3 o con HM-20 (independientemente que sobre éstas se ejecute una capa granular o una capa bituminosa), con una dotación de 0,30 Kg/ m<sup>2</sup> de ligante residual. La emulsión

asfáltica será la tipo C60B3 CUR, con un contenido de ligante del 60%. Por tanto, para conseguir la dotación de ligante residual indicada se debe emplear 0,500 kg/ m<sup>2</sup> de emulsión en este riego.