

## **ANEJO NÚM. 7: FIRMES Y PAVIMENTOS**



## ÍNDICE

1. Introducción .....	2
2. Datos de partida.....	2
2.1. Tráfico.....	2
2.2. Explanada.....	3
3. Secciones de firme .....	3
3.1. Calzada encima de carretera existente .....	4
3.2. Ampliación de calzada.....	4
3.3. Arcén .....	4
3.4. Caminos .....	5
3.5. Estructuras .....	5
3.6. Paso peatonal.....	5
4. Determinación de los materiales de la sección tipo escogida.....	6
4.1. Mezclas bituminosas .....	6
4.2. Betún asfáltico .....	6
4.3. Filler.....	8
4.4. Relación ponderal filler-betún .....	8
4.5. Riegos de curado.....	8
4.6. Riegos de adherencia.....	8
4.7. Riegos de imprimación .....	9
4.8. Suelo cemento (SC40) .....	9
4.9. Zahorras .....	9

## 1. Introducción

El objeto del presente anejo es determinar las soluciones de firme más adecuadas para la carretera C-733 de acuerdo con la Instrucción 6.1-IC "Secciones de firmes" y el Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, incluidas todas las modificaciones realizadas hasta la Orden FOM 891/2004, la O.C. 21/2007 sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU), la Orden FOM/3818/2007, de 10 de diciembre, por la que se dictan instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de puentes de carretera. (BOE 27/12/07) y la Orden Circular 24/08 que modifica los artículos 542 "Mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso" y 543 "Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas".

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

## 2. Datos de partida

La calzada tendrá dos carriles de doble sentido de circulación de 3,5 m de ancho en todo el trazado. Respecto al ancho de los arcenes será de 1,5 m menos en los tramos donde quede demasiado cerca de las edificaciones u otros elementos, donde se dispondrán arcenes de 1 m de ancho. La transición de arcén de 1 m a arcén de 1,5 m y viceversa se realizará, de forma general, de manera progresiva en una longitud de 250 m. En las rotondas o cruces no hace falta hacer transición.

Carretera	Pk inicial	Pk final	Longitud (m)	Calzada (m)	Arcén (m)
C-733	8+000	8+800	800	3,5	1,0
C-733	8+800	10+600	1800	3,5	1,5
C-733	10+600	11+120	520	3,5	1,0
C-733	11+120	14+710	3.620	3,5	1,5
C-733	14+710	16+320	1.580	3,5	1,0
C-733	16+320	19+300	2.980	3,5	1,5
C733	19+300	20+910	1.610	3,5	1,0
PM-811	0+000	0+574	574	3,5	1,0

### 2.1. Tráfico

Según los datos facilitados por el Consell Insular d'Eivissa y Formentera, la IMD del año 2005, correspondiente al tramo de la carretera C-733 objeto de estudio, era de 5.800 vehículos al día. El porcentaje de pesados es de un 7,1 %, de forma que.

$$\text{IMD}(2.005) = 5.800 \text{ vh/día}$$

$$\text{IMDp}(2.005) = 0,71 \times 5.800 = 412 \text{ vhp/día}$$

Considerando como año de puesta en servicio el 2.012 y contemplando un crecimiento estimado del 4,0 % obtenemos las siguientes intensidades de tráfico para el año de puesta en servicio.

$$\text{IMD}(2.012) = 5.800 \times (1,04)^7 = 7.632 \text{ vh/día}$$

$$\text{IMDp}(2.012) = 412 \times (1,04)^7 = 542 \text{ vhp/día}$$

Considerando un reparto por sentido del 50 %, resulta una intensidad de vehículos pesados en el carril de proyecto y en el año de puesta en servicio de:

$$\text{IMDp} = 0,5 \times 542 = 271 \text{ vhp/día/carril}$$

Así pues, la categoría de tráfico pesado que corresponde al tronco de la carretera C-733 en el tramo de estudio es la T2, que pertenece al rango de intensidades de entre 200 y 800 vhp/día/carril.

## 2.2. Explanada

Se exige una explanada de categoría E3 ( $E_{v2} \geq 300 \text{ MPa}$ ) sobre la cual se colocarán las capas de firmes. Para asegurar esta categoría de explanada se deberán hacer las siguientes actuaciones para mejorarla.

### Calzada encima de carretera existente

Se considerará la explanada debajo de la carretera existente equivalente a una explanada de categoría E3. En caso de que la nueva rasante esté 25 cm por debajo de la rasante actual, se ha considerado que no se puede asegurar la existencia de una E3 y que será necesario construir una E3 con 30 cm de suelo seleccionado tipo 2 i 30 cm de suelo estabilizado tipo 3 (S-EST 3) sobre el suelo natural, considerado a priori como tolerable S0. En este caso se podrá comprobar en obra con placa de carga la categoría de la explanada existente y, en caso de ser una E3, no será necesario excavar.

CATEGORÍA DE LA EXPLANADA	MATERIAL SUBYACENTE	FORMACIÓN DE LA EXPLANDA	
E3	Suelo tolerable (0)	30 cm S2	30 cm S-EST3

En los tramos con existencia de roca bajo la calzada actual no será necesario excavar para construir una explanada E3 nueva.

### Ampliación de calzada

De acuerdo el estudio geotécnico del proyecto, se puede considerar que el terreno natural existente en la zona de ampliación de la calzada es un suelo tolerable tipo S0 y se obtiene una E3 añadiendo 30 cm de suelo seleccionado tipo 2 y 30 cm de suelo estabilizado tipo 3 (S-EST3).

CATEGORÍA DE LA EXPLANADA	MATERIAL SUBYACENTE	FORMACIÓN DE LA EXPLANDA	
E3	Suelo tolerable (0)	30 cm S2	30 cm S-EST3

El suelo estabilizado “in situ” tipo S-EST3 cumplirá con lo que establece el artículo 512 “Suelos estabilizados in situ” del PG-3.

El suelo seleccionado tipo 2 cumplirá lo que establece el artículo 330 del PG-3.

En estos tramos se tendrá especial cuidado con la construcción del terraplén para evitar posibles asentamientos diferenciales entre el nuevo terraplén y el terraplén existente bajo carretera antigua, ya consolidado. Se extenderán capas de 30 cm como máximo compactadas al 100% del PM. Se prevé una partida alzada a justificar en el presupuesto para la realización de precargas en terraplenes, a criterio de la Dirección de la Obra.

## 3. Secciones de firme

Según la Instrucción 6.1-IC “Secciones de firmes” se dimensionan las siguientes secciones de firme.

### 3.1. Calzada encima de carretera existente

Para una categoría de tráfico T2 y una explanada E3 la solución adoptada encima de la carretera existente está formada por las siguientes capas.

CAPAS	MATERIAL	ESPESOR (cm)
Riego de curado ECR 1		
Base	Suelo cemento 40	20
Riego de curado ECR-1		
MBC Base	AC22 BASE B60/70 G	7
Riego de adherencia ECR-1d		
MBC Subbase	AC22 BIN B60/70S	5
Riego de adherencia ECR-2d-m		
MBC Rodadura	BBTM 11B BM-3C	3

Siempre se demolerá el paquete de firme necesario para construir la nueva sección de firme encima consistente en 20 cm de SC i 15 cm de MBC. En cualquier caso se demolerá siempre el aglomerado existente. En caso de que la nueva rasante estuviera por encima una altura superior a los 35 cm del paquete de firme proyectado, se demolerá el firme actual, se compactará y a continuación se rellenará con un mínimo de 30 cm de suelo estabilizado tipo 3 (S-EST3) sobre 30 cm de suelo seleccionado tipo 2, sobre el terreno tolerable S0.

### 3.2. Ampliación de calzada

La sección del firme en ampliación de carretera existente suponiendo un terreno natural existente tolerable S0 o inferior, estará formada por.

CAPAS	MATERIAL	ESPESOR (cm)
Subbase	S2	30
Base	S-EST3	30
Riego de curado ECR 1		
Base	Suelo cemento 40	20
Riego de curado ECR-1		
MBC Base	AC22 BASE B60/70 G	7
Riego de adherencia ECR-1d		
MBC Subbase	AC22 BIN B60/70S	5
Riego de adherencia ECR-2d-m		
MBC Rodadura	BBTM 11B BM-3C	3

### 3.3. Arcén

Para dimensionar las capas de firmes bajo los arcenes se seguirán las recomendaciones de la Norma 6.1-IC. El pavimento del arcén se constituirá con las mismas capas de firme que el resto de la calzada.

### 3.4. Caminos

El firme definido a continuación será de aplicación en todos los caminos definidos en el proyecto.

Para la definición del firme correspondiente a los caminos de servicio a reponer, se ha considerado la Orden Circular 306/89 P y P sobre "Calzadas de servicio y accesos a zonas de servicio" del 9 de Septiembre de 1989, y correcciones de Noviembre de 1989, y la Orden de 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. En el apartado 2.1 se clasifican los caminos a reponer como.

#### Caminos agrícolas

Funcionalidad de acceso a fincas rústicas. Tipo de Tráfico con tractores y maquinaria agrícola (en más de un 50%), pequeñas furgonetas, coches (IMD<50). Carga por eje <5 t.

#### Caminos de servicio

Funcionalidad de acceso a pequeños grupos de edificios, sin instalaciones de uso público. Tipo de tráfico con coches y furgonetas (en más del 50%), tractores y maquinaria agrícola, y camiones de menos de 10 T. de carga (IMD<200, carga por eje<10t.)

Además, se especifica en la orden mencionada que, en caso de no coincidir simultáneamente la funcionalidad y el tipo de tráfico en la caracterización de un camino, éste se considerará en el tipo correspondiente según el criterio más alto de los anteriormente expuestos.

Por otro lado, en su apartado 2.4., la orden indica que los caminos agrícolas de nueva construcción no irán pavimentados, y su afirmado se compondrá de 15 cm (mínimo) de suelos estabilizados "in situ" o 30 cm (mínimo) de zahorras sobre 30 cm (mínimo) de suelo adecuado.

Los caminos que se han de reponer en el entorno de la traza son de tráfico, de manera generalizada, mínimos, considerándolos por lo tanto en la categoría de caminos agrícolas. Así la sección estructural del firme que se dispondrá en los caminos a reponer, será la siguiente:

CAPAS		MATERIAL	ESPESOR (cm)
Capa de rodadura	de	zahorra artificial	30

Está previsto el asfaltado del enlace de Sant Carles (eje 16) y del camino PMV810-2 (eje 10) con mezcla bituminosa AC16surf B60/70S. Se asfaltarán los caminos que acceden a rotondas. Se rehabilitará el firme en los primeros 5 m del camino en los entronques con la carretera.

### 3.5. Estructuras

En el caso de la sección sobre estructuras se dispondrá lo siguiente:

- 3 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo BBTM 11 BM-3c granítica en la capa de rodadura, con una dotación de 60 kg/m<sup>2</sup>.
- Riego de adherencia tipo ECR-2d-m.
- 6 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 bin B60/70 S calcárea en la capa intermedia.

### 3.6. Paso peatonal

En el paso peatonal paralelo a la carretera se dispondrá la siguiente sección.

CAPAS	MATERIAL	ESPESOR (cm)
Base	SC	20
Rodadura	HF-3,5 MPa	15

## 4. Determinación de los materiales de la sección tipo escogida

### 4.1. Mezclas bituminosas

Para la determinación de los tipos de mezclas que se van a utilizar en cada capa, se ha seguido la Instrucción 6.1.-IC "Secciones de firme", así como los Artículos 542 y 543 de la Orden O.C. 24/2008 del PG-3 "Pliego de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y puentes".

Se utilizarán mezclas bituminosas en caliente BBTM 11 BM-3c, AC22 bin B60/70 S, AC22 base B60/70 G y AC16 surf B60/70 S.

El huso granulométrico de las mezclas AC22 bin B60/70 S y AC16 surf B60/70 S se encuentra en la tabla 542.8 de la O. C. 24/2008 del 30 de julio.

Los áridos de las mezclas BBTM 11 BM-3c cumplirán con lo que establece el apartado 543.2 de la O. C. 24/2008 del 30 de julio.

La densidad considerada para todas las mezclas bituminosas es de 2,3 Tn/m<sup>3</sup>.

### 4.2. Betún asfáltico

La elección del tipo de betún asfáltico depende de la capa de mezcla, de la categoría de tráfico y de la zona térmica estival. Según la figura 3 de la Norma 6.1.-I.C "Secciones de firme" (de la Dirección General de Carreteras), la zona de

proyecto se encuentra en una zona térmica estival media. Así, para la categoría de tráfico T2 el betún de penetración será:

- De penetración 60/70 para mezclas AC22 bin B60/70 S, AC22 base B60/70 G y AC16 surf B60/70 S.
- Betún modificado BM-3b para mezclas BBTM 11 BM-3c.

Las dotaciones para cada una de las capas componentes de la sección de firme serán las siguientes:

- Capa de rodadura BBTM 11 BM-3c en tronco (betún BM-3b): 5,5 % en peso
- Capa de rodadura AC16 surf B60/70 S (betún B 60/70): 5,2 % en peso
- Capa intermedia AC22 bin B60/70 S en tronco (betún B 60/70): 4,3 % en peso.
- Capa base AC22 base B60/70 G en tronco (betún B 60/70): 3,9 % en peso.



ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2	T3	T4
<b>CÁLIDA</b>		B40/50 BC35/50 BM-2 BM-3c	B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-2 BM-3b BM-3c	B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-3b	B60/70 BC50/70	
<b>MEDIA</b>		B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-3b BM-3c	B40/50 B60/70 BC35/50 BC50/70 BM-3b	B60/70 BC50/70 BM-3b	B60/70 B80/100 BC50/70	B60/70 B80/100 BC50/70
<b>TEMPLADA</b>		B60/70 BC50/70 BM-3b BM-3c	B60/70 B80/100 BC50/70 BM-3b			

(Tabla 542.1A. Tipos de betún asfáltico a emplear en capa de tránsito y siguiente, según la Orden 24/2008).

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T00	T0	T1	T2
CÀLIDA	B40/50	B40/50	B40/50	B60/70
	B60/70	B60/70	B60/70	BC50/70
	BC35/50	BC35/50	BC35/50	
	BC50/70	BC50/70	BC50/70	
	BM-2			B60/70
MEDIA				B80/100 BC50/70
TEMPLADA		B60/70 B80/100 BC50/70		B80/100

(Tabla 542.1B. Tipos de betún asfáltico a emplear en capa de base, según la Orden 24/2008).

### 4.3. Filler

Según las tablas 542.7 y 543.6 de la Orden 24/2008 "Firmes y pavimentos. Pliego de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes PG-3", las proporciones mínimas de polvo mineral de aportación para las categorías de tráfico presente en este proyecto son las siguientes:

Categoría de Tráfico Pesado	Capa Rodadura	Capa Intermedia	Capa Base
T2	100%	50%	50%
Arcenes	50%	50%	---

### 4.4. Relación ponderal filler-betún

La relación ponderal filler-betún para las mezclas densas, semi-densas y gresas se deduce de la tabla 542.12 de la Orden 24/2008 "Firmes y pavimentos. Pliego de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes PG-3", (zona térmica estival media y tráfico pesado T00 a T2):

CAPA	RELACIÓN FILLER - BETÚN
Rodadura	1,2
Intermedia	1,1
Base	1,0

Para el caso de la mezcla discontinua BBTM 11 BM-3c la relación filler-betún será de 1,2.

### 4.5. Riegos de curado

Se define como riego de curado la aplicación de una película continua uniforme de emulsión bituminosa sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, con el objetivo de dar impermeabilidad a toda su superficie. El riego de curado será del tipo ECR-1 y su dotación mínima será de 0,3 kg/m<sup>2</sup>, según lo establecido por el artículo 532 "Riegos de curado" de la Orden FOM/891/2004 del 1 de marzo.

### 4.6. Riegos de adherencia

Se define como riego de adherencia la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonatos o conglomerantes hidráulicos, previa a la colocación sobre ésta de cualquier tipo de capa bituminosa que no sea un tratamiento superficial con gravilla, o una lechada bituminosa. Se colocarán únicamente riegos de tipo termoadherente.

Entre dos capas de mezclas bituminosas continuas se aplicará un riego termoadherente con una emulsión asfáltica tipo ECR-1d al 60% de betún con una dotación de 0,6 kg/m<sup>2</sup> si es sobre firme nuevo, y de 0,7 kg/m<sup>2</sup> si es sobre firme

antiguo. Entre dos capas de mezclas bituminosas discontinuas-continuas se aplicará un riego termoadherente con una emulsión asfáltica tipo ECR-2d-m al 65% de betún con una dotación de  $0,5 \text{ kg/m}^2$  si es sobre firme nuevo y de  $0,7 \text{ kg/m}^2$  si es sobre firme antiguo, de acuerdo con el artículo 531 "Riegos de adherencia" de la Orden FOM/891/2004 del 1 de marzo.

#### **4.7. Riegos de imprimación**

Se aplicará un riego de imprimación sobre la capa de zahorra artificial antes de extender la capa de mezcla bituminosa. La emulsión asfáltica será del tipo ECI, y cumplirán lo establecido por el artículo 530 "Riegos de imprimación" de la Orden FOM/891/2004 del 1 de marzo.

La dotación del riego de imprimación es de  $1,2 \text{ kg./m}^2$ .

#### **4.8. Suelo cemento (SC40)**

En la ejecución de esta unidad de obra se tendrá presente lo establecido en el artículo 513 "Materiales tratados con cemento" de la Orden FOM/891/2004 del 1 de marzo.

#### **4.9. Zahorras**

En la ejecución de esta unidad de obra se tendrá presente lo establecido en el Artículo 510 "Zahorras" de la Orden FOM/891/2004 del 1 de marzo.

