

Proyecto	Fichero	Fecha	Nº Revisión
PC-Fuentes	An-10 – Firmes y Pavimentos.doc	30/03/2017	2

## ANEJO N° 10.- FIRMES Y PAVIMENTOS



**ÍNDICE****ANEJO Nº 10.- FIRMES Y PAVIMENTOS**

1.- INTRODUCCIÓN .....	5
2.- DATOS DE TRÁFICO .....	5
2.1.- TRONCO .....	5
2.2.- RAMALES DE ENLACE Y OTROS EJES .....	6
3.- EXPLANADA.....	7
4.- CONSIDERACIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS SOBRE LA ELECCIÓN DEL FIRME .....	9
4.1.- CRITERIOS INICIALES .....	9
4.2.- COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LAS SECCIONES DE FIRME ESTUDIADAS .....	9
5.- SECCIONES DE FIRME .....	10
5.1.- FIRME EN TRONCO .....	10
5.2.- FIRME EN LOS RAMALES DE ENLACES Y GLORIETAS .....	10
5.3.- FIRME EN REPOSICIÓN DE CARRETERAS.....	12
5.4.- FIRME EN DESVÍOS PROVISIONALES.....	13
5.5.- FIRME EN CAMINOS.....	14
5.6.- FIRME EN LAS ESTRUCTURAS .....	14
5.7.- FIRME EN PASOS DE MEDIANA .....	14
5.8.- REFUERZO DE FIRME EN EL POLÍGONO EL ESPARTAL II.....	14
5.9.- JUSTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS DETALLES DE FIRME EN RELACIÓN CON EL DRENAJE SUBTERRÁNEO.....	14
5.10.- ÁRIDO EN CAPAS DE RODADURA .....	15
5.11.- BETUNES.....	15
6.- CÁLCULO DE LAS DOSIFICACIONES Y DENSIDADES .....	16
7.- APÉNDICE 1: CÁLCULO DE LAS DOSIFICACIONES Y DENSIDADES	
8.- APÉNDICE 2: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SECCIONES DE FIRME	
9.- APÉNDICE 3 COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN DEL FIRME DEFINIDA EN DESVÍOS PROVISIONALES	



## 1.- INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto estudiar, definir, analizar y comparar las diferentes alternativas que se consideran idóneas técnicamente para los firmes de los tramos de carreteras tipificados en el proyecto, realizando un estudio técnico-económico comparativo entre las distintas soluciones.

El dimensionamiento se ha hecho siguiendo el procedimiento marcado por Norma 6.1-I.C. "Secciones de Firmes" de la Instrucción de Carreteras.

Para ello se establece, en primer lugar, la categoría de tráfico que corresponde a cada tipo de vía, a continuación, se define la correspondiente explanada y, finalmente, se selecciona razonadamente, en base a consideraciones técnicas y económicas, el firme con el que se dimensiona la sección del tronco. Para el resto de los ejes -ramales de enlace, vías de servicio, carreteras a reponer y caminos- además de los datos de tráfico y de la explanada se considerará el tipo de firme adoptado en el tronco para que, en la medida de lo posible, se apliquen en cada caso secciones homogéneas y compatibles con él.

La normativa aplicada en este Anejo ha sido la siguiente:

- Norma 6.1.-IC "Secciones de firme".
- Norma 6.3.-IC "Rehabilitación de firmes".
- O.M. de 16 de diciembre de 1997, por la que se regulan los accesos a carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicio.
- O.C. 17/2003 "Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo".
- 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).
- Nota de Servicio 5/2006 sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento.
- PG-3 "Pliego de Prescripciones Generales para obras de carreteras y puentes", incluyendo las modificaciones realizadas en las diversas Órdenes Ministeriales.

## 2.- DATOS DE TRÁFICO

La Norma 6.1-IC establece las siguientes categorías de tráfico a efectos del dimensionamiento de firmes:

### CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4.000	< 4.000	< 2.000	< 800
		≥ 2.000	≥ 800	≥ 200

### CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

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

En el Anejo Nº 6 se ha estudiado el tráfico, su distribución y prognosis, llegándose a las siguientes conclusiones en lo relativo a las categorías de tráfico a considerar en el dimensionamiento del firme de cada uno de los ejes del proyecto:

### 2.1.- TRONCO

La IMD en la sección más cargada del tronco de la A-68 en el año 2017 de puesta en servicio, corresponde al tramo de la Variante de El Burgo de Ebro y tiene el siguiente valor:

$$\begin{aligned} \text{IMD} &= 10.077 \text{ (total de ambos sentido)} \\ \text{Porcentaje de pesados} &= 11,0 \% \end{aligned}$$

De acuerdo con la Norma 6.1-IC de Secciones de firme, en el carril de diseño correspondiente a un sentido de circulación se tendrá, suponiendo un reparto por sentidos 50/50 y que por el carril exterior circula la totalidad de los pesados de ese sentido, la siguiente Intensidad de pesados:

$$\text{IMDpesados 2017} = 10.077 \times 0,50 \times 0,11 = 554.$$

Que equivale a una categoría de tráfico T2 ( $200 \leq \text{IMDp} < 800$ ).

En el tramo menos cargado del tronco de autovía, que corresponde al comprendido entre los enlaces Fuentes Centro y Fuentes Este se tiene una IMD en el año 2017 de 5.297.

La IMD de pesados en el carril de proyecto es:

$$\text{IMD}_{\text{pesados 2017}} = 5.297 \times 0,50 \times 0,15 = 397$$

Que equivale también a una categoría de tráfico T2 ( $200 \leq \text{IMD}_p < 800$ ).

Por tanto se tiene una categoría T2 en todos los tramos del tronco entre enlaces, proponiéndose dimensionar el firme del tronco con esta categoría de tráfico.

## 2.2.- RAMALES DE ENLACE Y OTROS EJES

Se considera un porcentaje de pesados del 11% en los enlaces de El Burgo de Ebro y del 15 % en los enlaces de Fuentes de Ebro. Las categorías de tráfico resultantes son las siguientes:

### Enlace de El Burgo Oeste:

Ramal	IMD	IMDpesados	Categoría de tráfico
1	2.127	234	T2 ( $200 \leq \text{IMD}_p < 800$ )
2	295	32	T41 ( $25 \leq \text{IMD}_p < 50$ )
3	286	31	T41 ( $25 \leq \text{IMD}_p < 50$ )
4	2.256	248	T2 ( $200 \leq \text{IMD}_p < 800$ )
V. Serv.	419	23	T42 ( $\text{IMD}_p < 25$ )

\* bidireccional (reparto 50/50)

### Enlace de El Burgo Este:

Ramal	IMD	IMDpesados	Categoría de tráfico
1	3.322	365	T2 ( $200 \leq \text{IMD}_p < 800$ )
2	2.356	259	T2 ( $200 \leq \text{IMD}_p < 800$ )
3	2.628	289	T2 ( $200 \leq \text{IMD}_p < 800$ )
4	3.406	374	T2 ( $200 \leq \text{IMD}_p < 800$ )
5	385	42	T41 ( $25 \leq \text{IMD}_p < 50$ )
V.Serv. Sur**	1.729	190	T31 ( $100 \leq \text{IMD}_p < 200$ )
V.Serv. Norte**	1.729	190	T31 ( $100 \leq \text{IMD}_p < 200$ )
Rep. N-232a *	1.929	106	T31 ( $100 \leq \text{IMD}_p < 200$ )

\* bidireccional (reparto 50/50)

\*\* bidireccional con el 22% de pesados (aforado en el acceso a Saica).

Puesto que la IMD de pesados en las vías de servicio se encuentra muy próxima al umbral de la categoría T2, se adopta esta categoría para dimensionar los firmes en ambos casos.

La categoría de tráfico considerada para la glorieta proyectada en este enlace es la más alta de las de los ejes que acceden a ella, en este caso la categoría T2.

### Enlace de Fuentes Oeste:

Ramal	IMD	IMDpesados	Categoría de tráfico
1	1.599	239	T2 ( $200 \leq \text{IMD}_p < 800$ )
2	1.607	241	T2 ( $200 \leq \text{IMD}_p < 800$ )

### Enlace de Fuentes Centro (Enlace de Mediana de Aragón):

Ramal	IMD	IMDpesados	Categoría de tráfico
1	194	29	T41 ( $25 \leq \text{IMD}_p < 50$ )
2	79	12	T42 ( $\text{IMD}_p < 25$ )

### Enlace de Fuentes Este:

Ramal	IMD	IMDpesados	Categoría de tráfico
1	207	31	T41 ( $25 \leq \text{IMD}_p < 50$ )
2	764	114	T31 ( $100 \leq \text{IMD}_p < 200$ )

Con el fin de homogeneizar en lo posible las diferentes secciones de firme del proyecto y puesto que la vía objeto de proyecto es una autovía, se ha subido a T32 la categoría de los ejes con T41 y T42, resultando en resumen las siguientes categorías para el dimensionamiento de firmes:

- Enlace de El Burgo Oeste se dimensionan para una categoría T2 los ramales 1 y 4, y para T32 los ramales 2 y 3 y la vía de servicio.
- Enlace de El Burgo Este se dimensionan para una categoría T2 los ramales 1, 2, 3 y 4, la glorieta polígono y las vías de servicio norte y sur; para una categoría T31 la Reposición de la N-232a y para T32 en el ramal 5.
- Enlace de Fuentes Oeste se dimensionan para una categoría T2 los ramales 1 y 2.
- Enlace Fuentes Centro se dimensionan para una categoría T32 los ramales 1 y 2.
- Enlace de Fuentes Este se dimensiona para una categoría T31 el ramal 2 y para T32 el ramal 1.

**3.- EXPLANADA**

La máxima categoría de tráfico pesado a considerar en el dimensionamiento del firme de este proyecto es la T2, siendo admisible para esa categoría de tráfico la adopción de cualquiera de las categorías de explanada E1, E2 o E3 contempladas por Norma 6.1-IC "Secciones de Firme".

Para el caso de tramos de autovía de nueva construcción, la "Nota de Servicio 5/2006 sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento" indica que se debe disponer una categoría de explanada tipo E3.

Sin embargo, los altos contenidos en sulfatos de los materiales de la traza desaconsejan el tratamiento de suelos con adición de aglomerantes, descartándose, por tanto, cualquiera de las soluciones propuestas por la instrucción de firmes para la obtención de una explanada tipo E3, pues todas ellas requieren suelos estabilizados in situ con cal o cemento.

Desde la puesta en servicio de la Variante actual de Fuentes de Ebro, donde se utilizó suelo estabilizado en la explanada, se han producido problemas en el firme por la acción de los sulfatos que han requerido continuas actuaciones de conservación y mantenimiento. Sin embargo en la Variante actual de El Burgo de Ebro, donde se utilizó suelo seleccionado en la explanada, no se ha detectado ningún problema en el firme. Esto refuerza la decisión de evitar el uso de suelos con adición de aglomerantes. Debido a estos hechos, el Director de Proyecto ha solicitado que no se utilicen estos materiales en la explanada.

Por tanto, no es posible dar cumplimiento a la "Nota de Servicio 5/2006 sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento".

Siguiendo el criterio general de disponer la explanada con mejor capacidad portante de las posibles, se ha seleccionado la explanada E2. Dentro de las distintas soluciones definidas en la Norma 6.1-IC para la formación de dicha explanada, se han descartado, por los motivos comentados, todas las que requieren el uso de suelos estabilizados in situ con cal o cemento.

Los materiales de fondo de explanada se han clasificado, según el Anejo nº 7 de Geotecnia del Corredor, como suelos tolerables o suelos marginales, aunque, como se justifica más adelante, dentro de suelos tolerables se engloban materiales que no cumplen estrictamente lo solicitado en el PG-3 para este tipo de materiales, fundamentalmente en lo que al contenido de yesos se refiere.

Para los dos tipos de fondo de explanada descritos, las opciones definidas en la Norma 6.1-IC para conseguir explanada tipo E2, sin el uso de suelos estabilizados in situ con cal o cemento, son las siguientes:

		Fondo de Explanada			
		Suelos Tolerables		Suelos Marginales	
Explanada E2	<b>75 cm Suelo seleccionado (2)</b>	40 cm Suelo seleccionado (2)	<b>100 cm Suelo seleccionado (2)</b>	40 cm Suelo seleccionado (3)	40 cm Suelo seleccionado (3)
		50 cm Suelo adecuado (1)		60 cm Suelo adecuado (1)	80 cm Suelo tolerable (0)

Se incluye en el apartado 4.2 un estudio económico entre las dos opciones para obtener explanada tipo E2 sobre material tolerable, al ser esta la solución más utilizada en los viales del proyecto. El resultado del estudio es que la alternativa de disponer 75 cm de suelo seleccionado es más económica que disponer 40 cm de suelo seleccionado sobre 50 cm de suelo adecuado.

Según se indica en el Anejo nº 2 de Geología y Procedencia de los Materiales, el suelo seleccionado, el suelo adecuado y el suelo tolerable proceden del mismo yacimiento, que es además el más lejano a la traza de los propuestos. Debido a esto, la mejor solución a efectos constructivos es la que requiere un menor espesor de explanada.

La solución empleada para obtener explanada E2 sobre suelos marginales es disponer 100 cm de suelo seleccionado, por ser la más similar a la definida sobre suelos tolerables. De esta forma se reduce el número de unidades de obra, lo que facilita el proceso constructivo y lo abarata.

Para tramificar la explanada con las soluciones definidas, se han diferenciado los tramos en terraplén de los tramos en desmonte.

En terraplén, según lo indicado en el Anejo nº 7 de Geotecnia del Corredor; se han definido tres tipos de materiales como fondo de explanada: material tolerable, material tipo T1 y material tipo T2 o T3.

Para la explanada sobre material tolerable se ha proyectado, como se ha comentado anteriormente, una explanada de 75 cm de suelo seleccionado.

El material tipo T1 tiene unas características geotécnicas similares a suelo tolerable, pero con un contenido en yesos algo superior al definido en el PG-3 para este tipo de materiales. Se puede asimilar su uso al de un material tolerable, por lo que la explanada proyectada es de 75 cm de suelo seleccionado, adoptando, como medida de protección frente a una posible disolución de sales solubles en el núcleo de terraplén por infiltración de agua, la disposición de un geocompuesto impermeabilizante sobre el material tipo T1.

Los materiales tipo T2 o T3, presentan un mayor contenido un yeso y peores características geotécnicas que el material T1, por lo que se ha adoptado la solución de explanada definida cuando el fondo de explanada son suelos marginales. Por tanto, la explanada proyectada es de 100 cm de suelo seleccionado. Al tener un mayor contenido en yesos que el material T1, se hace más necesario disponer un geocompuesto impermeabilizante sobre el material tipo T2 o T3 para evitar una posible disolución de sales solubles en el núcleo de terraplén por infiltración de agua.

Los fondos de desmonte, por su parte, han sido clasificados como inadecuados y marginales en el Anejo nº 7 de Geotecnia del Corredor. La explanada proyectada en estos casos es de 100 cm de suelo seleccionado. Debido a que el fondo de desmonte presenta altos contenidos en yesos, se ha optado por disponer un geocompuesto impermeabilizante sobre dicho fondo para protegerlo de los posibles problemas por disolución de sales solubles descritos anteriormente.

En la tabla siguiente se resumen de las soluciones definidas en la explanada para las distintas secciones proyectadas. Igualmente, se incluyen las medidas adicionales definidas y el porcentaje de aplicación de cada tipo de sección en el tronco de autovía.

	TERRAPLÉN			DESMONTE
	Suelos Tolerables	Suelos Tipo T1	Suelos Tipo T2 o T3	Suelos Marginales
Explanada E2	75 cm Suelo seleccionado (2)	75 cm Suelo seleccionado (2)	100 cm Suelo seleccionado (2)	100 cm Suelo Seleccionado (2)
Medidas adicionales	-	Geocompuesto impermeabilizante	Geocompuesto impermeabilizante	Geocompuesto impermeabilizante
% aplicación en tronco	31,86%	44,78%	2,91%	20,45%

A continuación se incluye la tramificación de la explanada y del geocompuesto impermeabilizante.

TRAMIFICACIÓN DE LA EXPLANADA Y DEL TIPO DE SECCIÓN A EMPLEAR					
D.O. inicial	D.O. final	Longitud (m)	Sección	Explanada E-2	Geocompuesto impermeabilizante
0+000	0+730	730	Sección terraplén con Material Tolerable	0,75 m suelo seleccionado	NO
0+730	2+888	2.158	Sección terraplén con Material T1	0,75 m suelo seleccionado (ver Nota 1)	SI
2+888	2+975	87	Sección terraplén con Material T1	0,75 m suelo seleccionado (ver Nota 2)	SI
2+975	3+435	460	Sección terraplén con Material Tolerable	0,75 m suelo seleccionado	NO
3+435	5+425	1.990	Sección terraplén con Material T1	0,75 m suelo seleccionado (ver Nota 2)	SI
5+425	5+853	428	Sección terraplén con Material Tolerable	0,75 m suelo seleccionado	NO
5+853	7+100	1.247	Sección terraplén con Material T1	0,75 m suelo seleccionado	SI
7+100	7+300	200	Sección desmonte	1,00 m suelo seleccionado	SI
7+300	11+038	3.738	Sección terraplén con Material Tolerable	0,75 m suelo seleccionado	NO
11+038	11+300	262	Sección desmonte	1,00 m suelo seleccionado	SI
11+300	11+600	300	Sección terraplén con Material Tolerable	0,75 m suelo seleccionado	NO
11+600	12+220	620	Sección terraplén con Material T1	0,75 m suelo seleccionado	SI
12+220	13+082	862	Sección desmonte	1,00 m suelo seleccionado	SI
13+082	14+370	1.288	Sección terraplén con Material T1	0,75 m suelo seleccionado	SI
14+370	15+480	1.110	Sección desmonte	1,00 m suelo seleccionado	SI
15+480	15+620	140	Sección terraplén con Material T1	0,75 m suelo seleccionado	SI
15+620	15+660	40	Sección desmonte	1,00 m suelo seleccionado	SI
15+660	16+177	517	Sección terraplén con Material T2 o T3	1,00 m suelo seleccionado	SI
16+177	16+540	363	Sección desmonte	1,00 m suelo seleccionado	SI
16+540	16+958	418	Sección terraplén con Material T1	0,75 m suelo seleccionado	SI
16+958	17+750	792	Sección desmonte	1,00 m suelo seleccionado	SI

Nota 1: Para dar continuidad al geocompuesto impermeabilizante de la calzada actual, se rellenará con suelo tolerable por debajo del suelo seleccionado hasta llegar a la cota del geocompuesto existente

Nota 2: Para dar continuidad al geocompuesto impermeabilizante de la calzada actual, se ampliará el espesor del suelo seleccionado hasta llegar a la cota del geocompuesto existente.

En cuanto a la explanada del resto de viales del proyecto, se adoptará la misma que se seleccione para el tronco ya que en todos ellos son aplicables los razonamientos expuestos, y porque la reducción del número de unidades de obra facilita el proceso constructivo y lo abarata.



#### 4.- CONSIDERACIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS SOBRE LA ELECCIÓN DEL FIRME

##### 4.1.- CRITERIOS INICIALES

Para seleccionar el tipo de firme se han de tener en cuenta la ubicación geográfica de la obra, la disponibilidad de materiales en las proximidades de las obras, el estudio económico y consideraciones técnico-económicas.

Se han de considerar asimismo aspectos constructivos, como la búsqueda de la homogeneidad entre la solución proyectada y la existente al tratarse de un duplicación de calzada. En este sentido se ha buscado que las características y la disposición de capas de los firmes actual y proyectado sean semejantes.

Por último, se han de considerar asimismo aspectos relacionados con la conservación y el buen funcionamiento de las obras como la correcta evacuación de las aguas infiltradas a través del firme.

##### 4.2.- COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LAS SECCIONES DE FIRME ESTUDIADAS

El entorno que engloba el presente estudio, dentro de la provincia de Zaragoza (nor-noreste peninsular), está situado en un lugar que desde el punto de vista de temperatura se cataloga como zona térmica cálida y de pluviometría poco lluviosa. En esta situación se aconseja disponer en la capa de rodadura una mezcla bituminosa discontinua en caliente.

Cabe destacar que el alto contenido en sulfatos de los materiales en que se apoyará el firme puede interferir en los procesos de estabilización o tratamiento de suelos, desaconsejando el empleo de materiales que contengan cemento. Este criterio ya se destacó en la selección de explanadas y es extensible asimismo a la selección de firmes, máxime cuando, de acuerdo con la Norma 6.IC, para el empleo de este tipo de secciones de firme “es preceptivo que la capa superior de explanada E2 esté estabilizada con cemento”. De acuerdo con esto se descartan las secciones de firme que emplean suelocemento y hormigón.

Los pavimentos rígidos se descartan asimismo porque se comportan peor que los flexibles frente a los asientos diferenciales que, en una obra de desdoblamiento, pudieran llegar a aparecer.

De acuerdo con lo expuesto hasta ahora, de las secciones de firme previstas en la Norma 6.1 IC para una categoría de tráfico T2, se descartaron todas las que se apoyan sobre explanadas E1 y E3 así como las que emplean el cemento como aglomerante, quedando como única alternativa la sección 221, formada por 25 cm de Mezcla Bituminosa sobre 25 cm de Zahorra Artificial.

Al quedar una única sección de firme posible, la única variable económica es la explanada sobre la que se apoya. Como se comentó en el apartado 3, se ha realizado el estudio económico entre las dos opciones para obtener explanada tipo E2 sobre material tolerable, al ser esta la solución más utilizada en los viales del proyecto y, una vez obtenida esta solución, se ha definido para la explanada sobre suelos marginales la opción más similar de entre las alternativas incluidas en la Norma 6.1-IC, para así reducir número de unidades de obra, lo que facilita el proceso constructivo y lo abarata.

El estudio económico comparativo de estas secciones que se detalla en el Apéndice 2 de este Anejo, donde se incluyen asimismo los planos de cada sección y sus correspondientes cuadros de valoración económica. Los costes de cada alternativa obtenidos en dicho estudio son los siguientes:

SECCIÓN	COSTE DE CONSTRUCCIÓN	COSTE DE MANTENIMIENTO	VALOR RESIDUAL	COSTE TOTAL
221 (Suelo seleccionado y adecuado)	440,52 €	179,81 €	57,05 €	563,28 €
221 (Suelo seleccionado)	429,25 €	178,39 €	55,59 €	552,06 €

Como se observa en el cuadro, la sección más económica en los costes de construcción es la sección 221 sobre explanada E-2 formada con 75 cm de suelo seleccionado, que es asimismo la que cuenta con menores costes de mantenimiento, resultando la de menor coste total durante una vida útil de 40 años y que, por tanto, es la que se propone en proyecto.

Cuando el fondo de explanada sean suelos marginales, la sección seleccionada es la sección 221 sobre explanada E-2 formada con 100 cm de suelo seleccionado.

## 5.- SECCIONES DE FIRME

Las secciones de firme se proyectan según el catálogo de firmes de la Instrucción 6.1.-I.C. y de acuerdo con los artículos 542 y 543 para mezclas bituminosas de la Orden FOM/2523/2014 sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

### 5.1.- FIRME EN TRONCO

Según lo indicado en el apartado anterior, el tronco de la autovía se afirma con sección 221, formada por 25 cm de Mezcla Bituminosa sobre 25 cm de Zahorra Artificial, que es el firme propuesto.

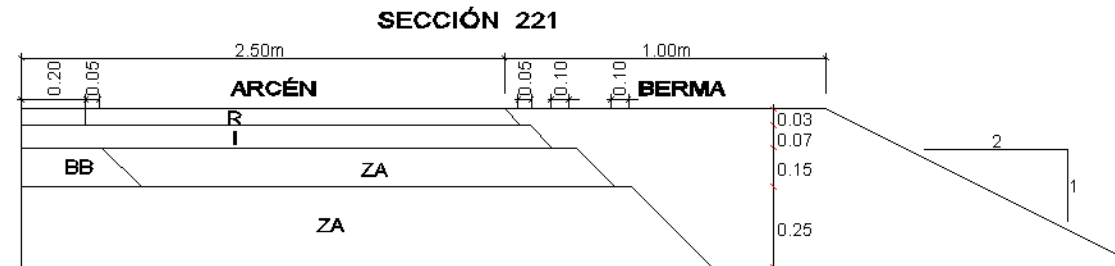
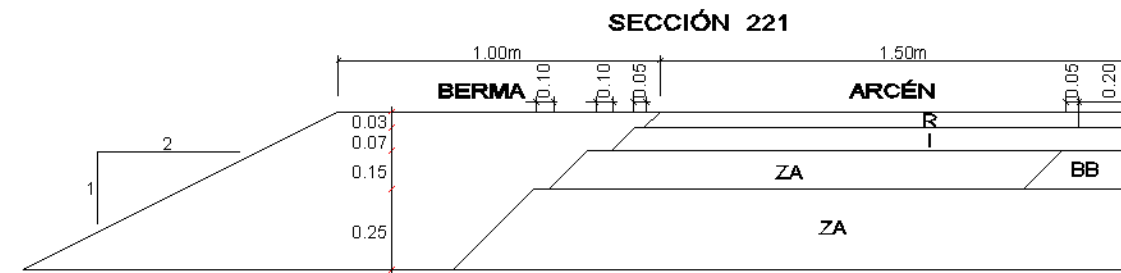
Los carriles y cuñas de aceleración y deceleración de los ramales que conectan con el tronco se han proyectado con el mismo firme que éste. Antes de la ejecución del nuevo firme se demolerá el del arcén actual sobre el cual se emplazarán carriles y cuñas.

La distribución de espesores y capas, de acuerdo a la recomendación de la instrucción de proyectar el menor número de capas posible, es:

Capa de Rodadura:	3 cm de M.B.C. tipo BBTM 11B PMB 45/80-60
Riego de adherencia:	Emulsión bit. C60BP3 ADH
Capa Intermedia:	7 cm de M.B.C. tipo AC22 bin BC50/70 S
Riego de adherencia:	Emulsión bit. C60B3 ADH
Capa de Base:	15 cm de M.B.C. tipo AC32 base BC50/70 G
Riego de Imprimación:	Emulsión bit. C50BF4 IMP
Capa de Subbase:	25 cm de Zahorra Artificial

Bajo los arcenes, en ambos casos de anchura superior a 1,25 metros, se dispondrán las mismas capas de rodadura e intermedia que en el tronco, y el resto de la sección se rellenará con zahorras artificiales, que se ejecutarán en tongadas de 30 cm como máximo.

En la calzada actual de la Variante de Fuentes de Ebro, que pasará a ser la calzada izquierda de la autovía se han previsto cuatro actuaciones denominadas "Actuación 1, 2, 3 y 4 Firme Existente Fuentes" consistentes en la sustitución completa del firme y la explanada actuales por el mismo firme y explanada que se dispone en la calzada derecha del tronco, debido a que en esos tramos se encuentra deteriorado.



### 5.2.- FIRME EN LOS RAMALES DE ENLACES Y GLORIETAS

En el apartado 2.2 se relacionan las categorías de tráfico pesado en el carril de diseño y para el año de puesta en servicio de la glorieta y de cada ramal de los enlaces proyectados.

Como se expuso con anterioridad, por motivos constructivos y buscando la homogeneidad en las obras se ha considerado para los ramales la misma explanada y la misma tipología de firme que en el tronco. Se ha optado, no obstante, por considerar en la capa de rodadura una mezcla bituminosa de tipo denso frente a la de tipo discontinuo dispuesta en el tronco.

Puesto que la categoría de explanada en todos los ejes es la misma y con el fin de simplificar el dimensionamiento de los firmes se han agrupado éstos por categorías de tráfico. El resultado se expone a continuación:

#### Categoría de Tráfico T2:

- Enlace de El Burgo Este. Ramal 1
- Enlace de El Burgo Este. Ramal 2
- Enlace de El Burgo Este. Ramal 3
- Enlace de El Burgo Este. Ramal 4
- Enlace de El Burgo Este. Glorieta Polígono
- Enlace de El Burgo Este. V.Servicio Norte
- Enlace de El Burgo Este. V.Servicio Sur
- Enlace de El Burgo Oeste. Ramal 1
- Enlace de El Burgo Oeste. Ramal 4
- Enlace de Fuentes Oeste. Ramal 1
- Enlace de Fuentes Oeste. Ramal 2

**Categoría de Tráfico T31:**

Enlace de Fuentes Este. Ramal 2

**Categoría de Tráfico T32:**

Enlace de El Burgo Este. Ramal 5  
 Enlace de El Burgo Oeste. Ramal 2  
 Enlace de El Burgo Oeste. Ramal 3  
 Enlace de El Burgo Oeste. V.Servicio  
 Enlace de Fuentes Centro Ramal 1  
 Enlace de Fuentes Centro Ramal 2  
 Enlace de Fuentes Este. Ramal 1

**Ejes con categoría de tráfico T2**

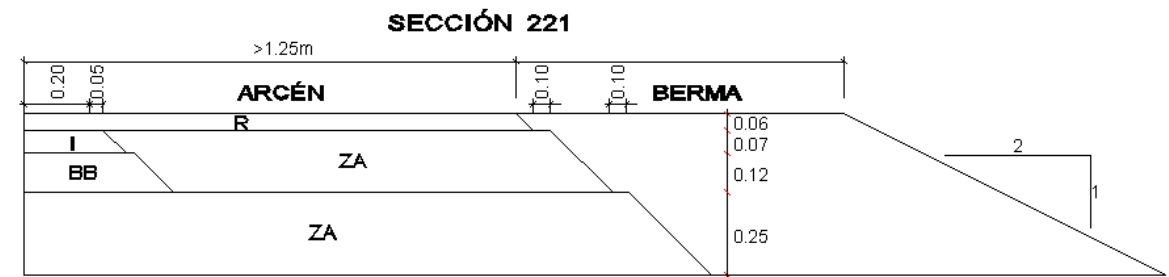
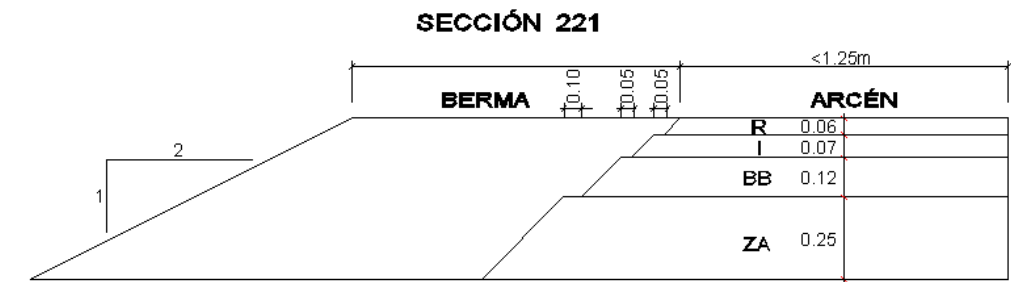
En los ramales cuya categoría de tráfico es la T2, por homogeneidad y simplicidad constructiva se selecciona la sección 221 del catálogo de secciones de firme, constituida por un paquete de mezclas bituminosas de espesor 25 cm sobre otro de 25 cm de zahorra artificial.

La distribución por capas del firme es la siguiente:

Capa de Rodadura:	6 cm de M.B.C. tipo AC22 surf BC50/70 D
Riego de adherencia:	Emulsión bit. C60B3 ADH
Capa Intermedia:	7 cm de M.B.C. tipo AC22 bin BC50/70 S
Riego de adherencia:	Emulsión bit. C60B3 ADH
Capa de Base:	12 cm de M.B.C. tipo AC32 base BC50/70 G
Riego de Imprimación:	Emulsión bit. C50BF4 IMP
Capa de Subbase:	25 cm de Zahorra Artificial

En los arcenes de más de 1,25 metros, se dispondrá la misma capa de rodadura que en la calzada adyacente y el resto de la sección se rellenará con zahorras artificiales, que se ejecutarán en tongadas de 30 cm como máximo. Bajo los arcenes de anchura inferior a 1,25 m, se prolongará el firme dispuesto en la calzada.

A continuación se expone la sección de firmes proyectada incluyendo los detalles constructivos que establece la Norma 6.1 IC.



**Ejes con categoría de tráfico T31**

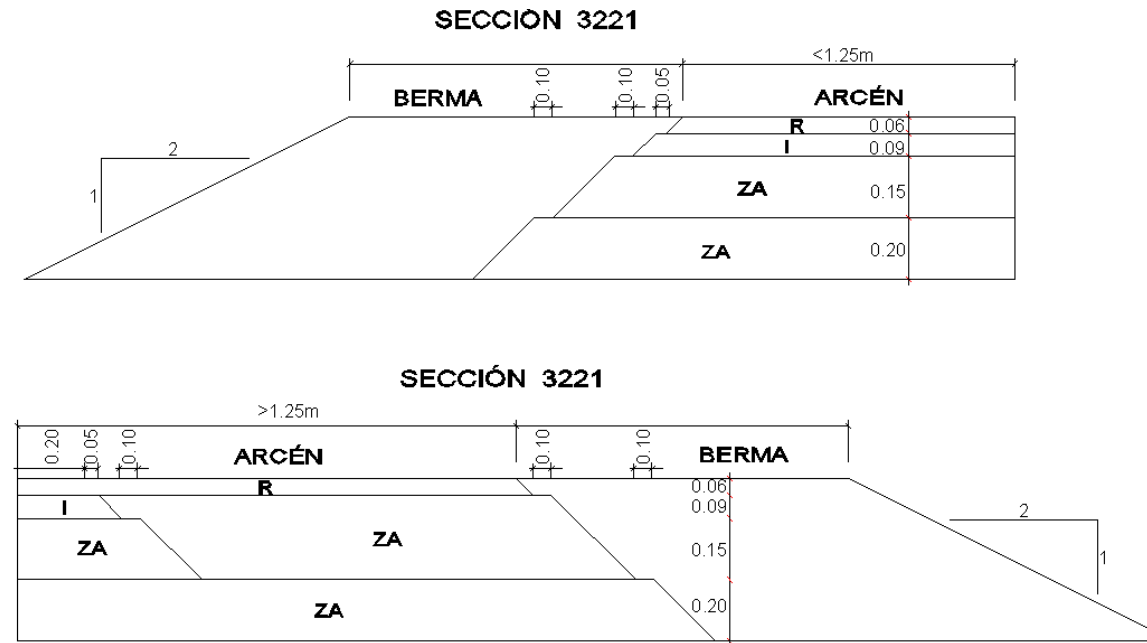
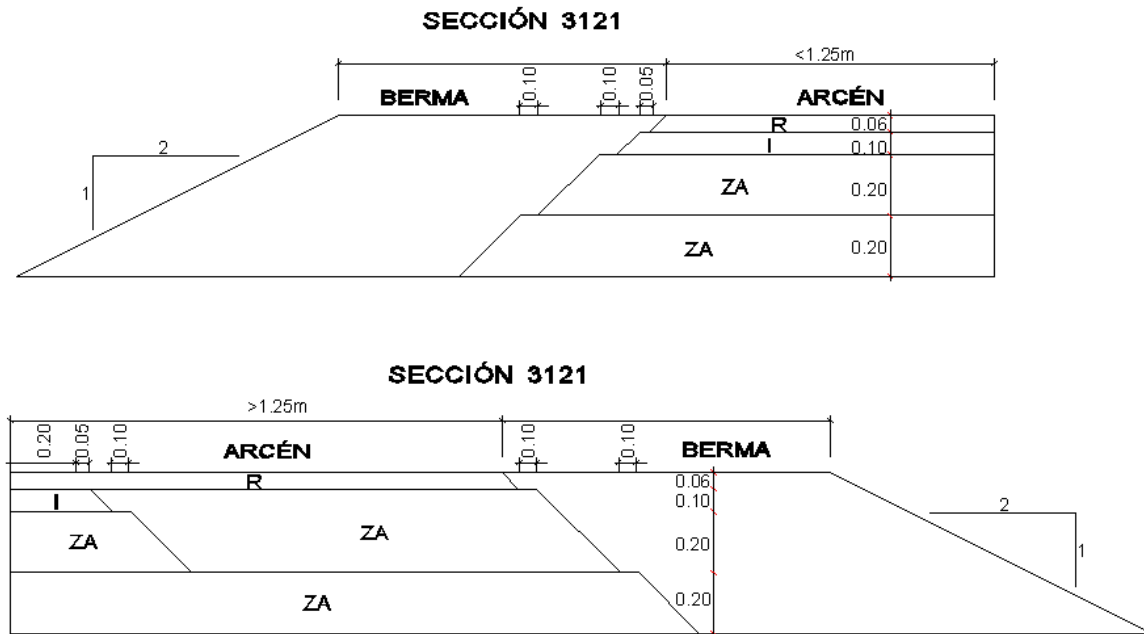
En estos ramales se escoge la sección 3121, constituida por un paquete de mezclas bituminosas de espesor 16 cm sobre otro de 40 cm de zahorra artificial.

La distribución del firme es la siguiente:

Capa de Rodadura:	6 cm de M.B.C. tipo AC22 surf BC50/70 D
Riego de adherencia:	Emulsión bit. C60B3 ADH
Capa Intermedia:	10 cm de M.B.C. tipo AC22 bin BC50/70 S
Riego de Imprimación:	Emulsión bit. C50BF4 IMP
Capa de Subbase:	40 cm de Zahorra Artificial (20 + 20 cm)

Como en el caso anterior, bajo los arcenes de más de 1,25 metros se dispondrá la misma capa de rodadura que en la calzada adyacente y el resto de la sección se rellenará con zahorra artificial, que se ejecutará en tongadas de 30 cm como máximo. Bajo los arcenes con anchura inferior a 1,25 m, se prolongará el firme dispuesto en la calzada.

La sección de firmes resultante incluyendo los detalles constructivos que establece la Norma 6.1 IC es la siguiente:



### 5.3.- FIRME EN REPOSICIÓN DE CARRETERAS

La única carretera que se repone es la N-232a, que, tal como se ha indicado anteriormente, cuenta con una categoría de tráfico T31.

Por homogeneidad en la ejecución de las obras, la sección de firme seleccionada es la 3121 con una distribución de capas y un afirmado de los arcenes idénticos a los considerados en los ramales con igual categoría de tráfico. La distribución del firme por capas y el esquema detallado de la sección se exponen a continuación:

#### Ejes con categoría de tráfico T32

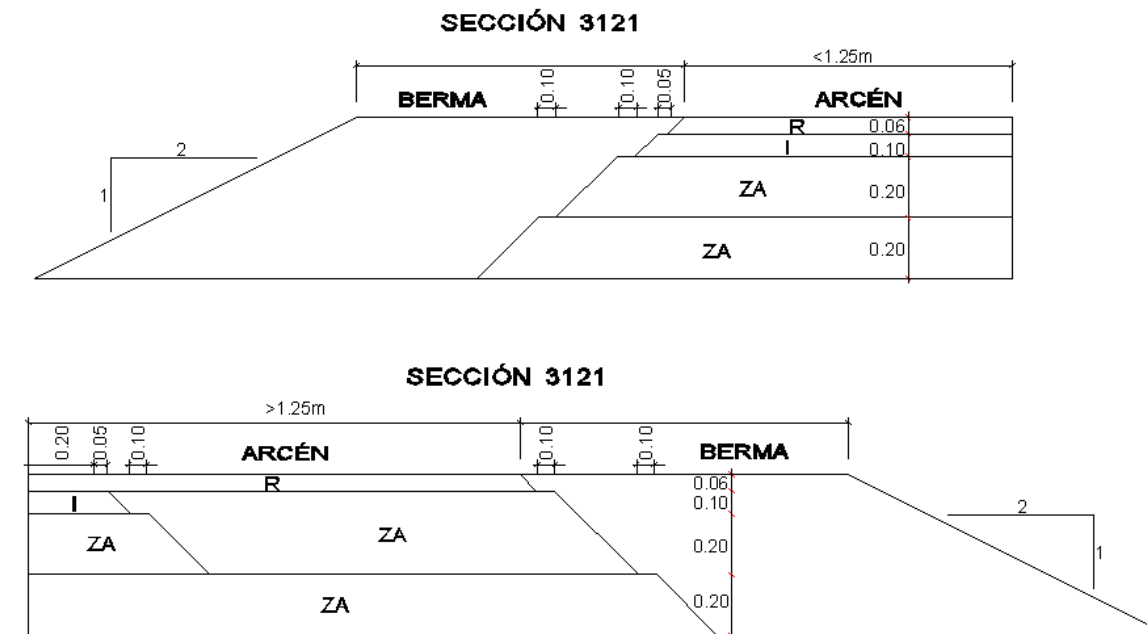
En los ejes con categoría T32 se selecciona la sección 3221, formada por un espesor de 15 cm de mezclas bituminosas sobre 35 cm de zahorra artificial.

La distribución por capas adoptada es la siguiente:

Capa de Rodadura:	6 cm de M.B.C. tipo AC22 surf BC50/70 D
Riego de adherencia:	Emulsión bit. C60B3 ADH
Capa Intermedia:	9 cm de M.B.C. tipo AC22 bin BC50/70 S
Riego de Imprimación:	Emulsión bit. C50BF4 IMP
Capa de Subbase:	35 cm de Zahorra Artificial (20 + 15 cm)

Dada la categoría de la carretera objeto de proyecto y por homogeneidad con el resto de viales del proyecto, se ha optado por pavimentar los arcenes, adoptando una solución idéntica a los casos anteriores.

A continuación se expone la sección de firmes resultante incluyendo los detalles constructivos que establece la Norma 6.1 IC.



Capa de Rodadura:	6 cm de M.B.C. tipo AC22 surf BC50/70 D
Riego de adherencia:	Emulsión bit. C60B3 ADH
Capa Intermedia:	10 cm de M.B.C. tipo AC22 bin BC50/70 S
Riego de Imprimación:	Emulsión bit. C50BF4 IMP
Capa de Subbase:	40 cm de Zahorra Artificial (20 + 20 cm)

#### 5.4.- FIRME EN DESVÍOS PROVISIONALES

Se ha calculado el firme a disponer en los desvíos provisionales aplicando la metodología establecida en la "Instrucción para el diseño de firmes de la red de carreteras de Andalucía", de la Junta de Andalucía. Se han realizado dichos cálculos mediante el programa ICAFIR.

Para ello, se ha calculado el tráfico equivalente que circulará por los desvíos, y posteriormente se ha calculado el firme que requieren.

Se entiende por tráfico equivalente (TP), el número acumulado de ejes equivalentes de 13 t que se prevé que pasarán sobre el carril de proyecto durante la ejecución de las obras.

El tráfico de proyecto se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$TP = IMDpa \cdot CE \cdot 365 \cdot F \cdot \gamma t$ , donde:

- IMDpa: Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el carril de proyecto en el año de apertura al tráfico.
- CE: Coeficiente de equivalencia de los vehículos pesados en número de aplicaciones del eje equivalente 13 t.
- F: Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados.
- $\gamma t$ : Coeficiente de seguridad por mayoración de cargas.

De los seis desvíos provisionales proyectados, el que presenta una mayor IMD es el desvío provisional 5, que desvía el tráfico del tronco en el tramo entre variantes en el sentido Zaragoza, incluyendo el tráfico del ramal 3 del enlace de El Burgo Oeste. La IMD del desvío es de 5.256 veh/día, con un porcentaje de pesados del 11,0%. Por tanto, la IMDpa = 578 veh pes./día.

Considerando un tipo de firme con base bituminosa o granular, se tiene que CE=0,60.

El factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados se obtiene de  $F = (((1+r)^n) - 1)/r$ , siendo:

- r: Tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados (en tanto por uno).
- n: Periodo de uso de los desvíos (en años).

Para  $r = 0,0112$  y  $n = 2$ , se obtiene que  $F = 2,011$ .

El coeficiente de mayoración de las cargas, para una categoría de tráfico pesado tipo T2, es de  $\gamma t = 1,10$ .

Por lo tanto, el tráfico equivalente de proyecto será:

$TP = 578 \times 0,60 \times 365 \times 2,011 \times 1,10 = 280.012$  ejes equivalentes de 13 t

Se ha comprobado, con el programa ICAFIR, que el firme de la sección de menor categoría del catálogo de la Instrucción para explanada E2, la sección 4221, cumple para ese tráfico equivalente. Se ha considerado la misma explanada que en el resto de los viales del proyecto.

Para dicha comprobación se han incluido en el programa ICAFIR las capas de firme proyectadas. La comprobación realizada es:

- Comprobación de que la vida de fatiga de cada material del firme es superior al tráfico equivalente de proyecto.

Los resultados de los cálculos, que se incluyen en el Apéndice 3, son:

- Sección de firme válida. Ejes equivalentes resultantes del cálculo: 280.012 (TP) < 295.597 (TP máximo para esta sección de firme).

Por tanto, el firme a disponer para pavimentar los desvíos provisionales corresponde a una sección 4221. Se compone de las siguientes capas:

Capa de Rodadura:	5 cm de M.B.C. tipo AC16 surf BC50/70 D
Riego de Imprimación:	Emulsión bit. C50BF4 IMP
Capa de Subbase:	25 cm de Zahorra Artificial

### 5.5.- FIRME EN CAMINOS

Los caminos agrícolas son los caminos de servicio, paralelos al trazado, que sirven para restituir el acceso a las fincas colindantes con él. Los caminos agrícolas se afirman de acuerdo con la O.M. de 16 de diciembre de 1997, por la que se regulan los accesos a carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicio de carreteras. Las vías de servicio de nueva construcción en las que se prevea que el tráfico predominante sea de carácter agrícola se pavimentarán cuando, por su proximidad a la carretera o calzada principal, pudieran producirse emisiones de polvo.

El afirmado consistirá en una capa de 30 cm de zahorras artificiales, que se asentará sobre otra capa de 30 cm de suelo adecuado. Para ello se comprobará previamente que el fondo de los cajeados y la coronación de los terraplenes en sus 30 cm superiores cumplen la condición de suelo adecuado, de lo contrario se añadirá este material a modo de explanada.

El firme empleado para pavimentar los caminos asfaltados que se reponen tendrá las mismas capas que en los caminos sin pavimentar pero con 5 centímetros adicionales de capa de rodadura. Se compondrá de las siguientes capas:

Capa de Rodadura:	5 cm de M.B.C. tipo AC16 surf BC50/70 D
Riego de Imprimación:	Emulsión bit. C50BF4 IMP
Capa de Subbase:	30 cm de Zahorra Artificial sobre 30 cm de Suelo Adecuado

La zahorra artificial tendrá un huso granulométrico ZA25 y un desgaste de Los Ángeles inferior a 35.

### 5.6.- FIRME EN LAS ESTRUCTURAS

En las estructuras a ampliar se dispone la misma capa de rodadura indicada para el tronco. Por tanto, el firme de la ampliación en las estructuras pertenecientes a la autovía A-68 estará formado por una capa de rodadura de mezcla bituminosa en caliente del tipo BBTM 11B PMB 45/80-60 y espesor de 3 cm sobre otra de 5 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 bin BC50/70 S, colocada sobre el tratamiento de impermeabilización del tablero.

En las estructuras de ramales y gloriets de nueva creación se dispone la capa de rodadura del eje en que se ubican, consistente en 6 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 surf BC50/70 D.

La impermeabilización de los tableros de puentes se hará con una imprimación de emulsión bituminosa tipo C60BF4 IMP (según el artículo 530 de PG3) con una dotación no inferior a uno con cuarenta kilogramos metros cuadrado (1,40 Kg/m<sup>2</sup>), sobre la que se extenderá un mástic asfáltico que, teniendo en cuenta sus funciones resistentes, no tendrá en su composición arena, ni otro material que pudiera constituir esqueleto mineral, tal y como se especifica en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

En los pasos inferiores tipo pórtico o marco se dispondrá el paquete de firme completo que corresponda al ramal o camino.

### 5.7.- FIRME EN PASOS DE MEDIANA

En los pasos de mediana se dispondrá en mismo firme que en los arcenes interiores del tronco. La distribución de espesores y capas es:

Capa de Rodadura:	3 cm de M.B.C. tipo BBTM 11B PMB 45/80-60
Riego de adherencia:	Emulsión bit. C60BP3 ADH
Capa Intermedia:	7 cm de M.B.C. tipo AC22 bin BC50/70 S
Riego de Imprimación:	Emulsión bit. C50BF4 IMP
Capa de Subbase:	40 cm de Zahorra Artificial (15 + 25 cm)

### 5.8.- REFUERZO DE FIRME EN EL POLÍGONO EL ESPARTAL II

Según se indica en los planos de planta y en las secciones tipo, en el vial sur del Polígono el Espartal II se ha proyectado un refuerzo del firme con las siguientes capas:

Capa de Rodadura:	5 cm de M.B.C. tipo AC22 surf BC50/70 D
Riego de adherencia:	Emulsión bit. C60B3 ADH
	FIRME EXISTENTE

### 5.9.- JUSTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS DETALLES DE FIRME EN RELACIÓN CON EL DRENAJE SUBTERRÁNEO.

A continuación se justifican los detalles adoptados en las bermas y mediana de las secciones tipo para el cumplimiento de la O.C. 17/2003 "Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo" en los distintos casos que se dan en el presente proyecto.

La explanada del proyecto está constituida por suelos seleccionados que, por aplicación de Figura 2.4 de la citada Orden Circular, puede considerarse como un caso E. Dentro de los detalles de tipo E, se han proyectado los que se justifican a continuación, según el peralte y la posibilidad de vertido a la cuneta.

- En bermas de terraplén:

Se dispone el detalle ER11 cuando el peralte de la berma es en el mismo sentido que el de la calzada y detalle ER01 cuando el peralte de la berma es en contrapendiente respecto al de la calzada.

- En bermas de cuneta de desmonte:

Al ser la cuneta superficial y revestida, situada por encima de la prolongación de la cara superior de la explanada, y estar en la zona pluviométrica 6 de la figura 2.2 de la Orden Circular 17/2003, los detalles posibles de las bermas en cuneta de desmonte son el ED11 y ED01 o el ED12 y ED02.

En el presente proyecto se adoptan las soluciones ED02 y ED12. Se empleará una solución u otra en función de que el peralte de la berma sea en el mismo sentido que el de la calzada o sea en contrapendiente respecto al de la calzada.

Para disminuir los problemas detectados en el firme de los tramos en desmonte de la calzada existente, como consecuencia de la acción del agua infiltrada con presencia de sulfatos, se disponen zanjas drenantes de 3 metros de profundidad, que evitarán la presencia de aguas freáticas bajo la explanada. En el siguiente cuadro se indican las zonas donde se prevé la ejecución de dichas zanjas drenantes, tanto en mediana como por el exterior de las calzadas.

TRAMIFICACIÓN ZANJAS DRENANTES EN BORDE DE CALZADA

de D.O.	a D.O.	Borde	long. (m)
<b>TRONCO CUNETA CALZADA DERECHA</b>			
12+242	12+472	dcho	230
12+498	12+691	dcho	193
12+716	13+024	dcho	308
13+024	13+082	dcho	58
14+605	14+864	dcho	259
14+864	15+342	dcho	478
15+400	15+480	dcho	80
15+620	15+660	dcho	40
16+177	16+333	dcho	156
<b>DESMONTE 1 CALZADA IZQUIERDA VARIANTE DE FUENTES DE EBRO</b>			
0+000	0+195	izdo	195
0+240	0+410	izdo	170
0+485	0+555	izdo	70
<b>DESMONTE 2 CALZADA IZQUIERDA VARIANTE DE FUENTES DE EBRO</b>			
0+260	0+840	izdo	580
0+840	1+420	izdo	580
<b>DESMONTE 3 CALZADA IZQUIERDA VARIANTE DE FUENTES DE EBRO</b>			
0+000	0+313	izdo	313
<b>RAMAL 2 ENLACE FUENTES CENTRO</b>			
2+146	2+335	izdo	189
<b>RAMAL 1 ENLACE FUENTES ESTE</b>			
1+000	1+200	izdo	200

TRAMIFICACIÓN ZANJAS DRENANTES EN MEDIANA

de D.O.	a D.O.	Borde	long. (m)
<b>MEDIANA</b>			
12+130	12+475	-	345
12+479	12+699	-	220
12+699	13+024	-	325
14+370	14+698	-	328
14+782	15+520	-	738
16+220	16+560	-	340

**5.10.- ÁRIDO EN CAPAS DE RODADURA**

Los áridos para las mezclas bituminosas de tipo discontinuo y continuo consideradas procederán de las explotaciones próximas a la traza propuestas a tal fin en el Anejo nº 2 de Geología y Procedencia de Materiales, que deberán cumplir las especificaciones exigidas.

**5.11.- BETUNES**

De acuerdo con las Tablas 542.1 y 543.1 del Pliego de Prescripciones Técnicas, los betunes a disponer serán de los siguientes tipos:

- ✓ Betún modificado con polímeros tipo PMB 45/80-60 en la capa de rodadura del tronco, proyectada con mezcla bituminosa discontinua.
- ✓ Betún mejorado con caucho BC 50/70 - o betún convencional B 60/70 en caso de que en obra no pueda disponerse del anterior- en mezclas bituminosas en caliente de tipo continuo para capas de rodadura, intermedia y de base.

Los betunes con caucho deberán cumplir 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).

Se relacionan a continuación los betunes a emplear en la fabricación de las distintas mezclas bituminosas:

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T2 (autovía)	T2 (otros ejes)	T31	T32	T4
BBTM 11B	PMB 45/80-60	-	-	-	-
AC16 surf D	-	-	-	-	BC50/70
AC22 surf D	-	BC50/70	BC50/70	BC50/70	-
AC22 bin S	BC50/70	BC50/70	BC50/70	BC50/70	-
AC32 base G	BC50/70	BC50/70	-	-	-

NOTA: En caso de que en obra no pueda disponerse de betún mejorado con caucho, se sustituirá el betún BC50/70, por el betún B60/70.

#### 6.- CÁLCULO DE LAS DOSIFICACIONES Y DENSIDADES

En el Apéndice 1 se ha realizado el cálculo de las dosificaciones y densidades de los tipos de mezclas bituminosas en caliente, con los resultados siguientes:

TIPO	DOSIFICACIÓN	DENSIDAD
BBTM 11B (rodadura)	4.90 %	2.38 Tn/m3
AC16 surf D (rodadura)	4.85 %	2.40 Tn/m3
AC22 surf D (rodadura)	4.75 %	2.41 Tn/m3
AC22 bin S (intermedia)	4.50 %	2.39 Tn/m3
AC32 base G (base)	4.00 %	2.38 Tn/m3



## **7.- APÉNDICE 1: CÁLCULO DE LAS DOSIFICACIONES Y DENSIDADES**

**(SE ENTREGA EN PDF)**



ÍNDICE

- 1.- TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS
- 2.- DATOS DE PARTIDA
- 3.- MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE BBTM 11B
- 4.- MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE AC16 surf D
- 5.- MEZCLA BITUMINOSA TIPO AC22 surf D (CAPA DE RODADURA)
- 6.- MEZCLA BITUMINOSA TIPO AC22 bin S (CAPA INTERMEDIA)
- 7.- MEZCLA BITUMINOSA TIPO AC32 base G (CAPA DE BASE)



**1.-TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

Se emplean los siguientes tipos de mezclas en el afirmado de las diferentes secciones del proyecto:

TIPO	DOSIFICACIÓN	DENSIDAD
BBTM 11B (rodadura)	4.90 %	2.38 Tn/m3
AC16 surf D (rodadura)	4.85 %	2.40 Tn/m3
AC22 surf D (rodadura)	4.75 %	2.41 Tn/m3
AC22 bin S (intermedia)	4.50 %	2.39 Tn/m3
AC32 base G (base)	4.00 %	2.38 Tn/m3

**2.- DATOS DE PARTIDA**

Para calcular las dosificaciones y densidades de cada tipo de mezcla se han seguido las indicaciones de los artículos 542 y 543 de Mezclas Bituminosas en caliente, actualizados en la Orden FOM/2523/2014.

TABLA 542.1  
MEZCLAS TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO.  
TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CADA CAPA  
(Artículos 211 y 212 del Pliego de Prescripciones Técnicas y reglamentación específica vigente DGC)

A) EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 Y T31	T32 Y arcenes	T4
CÁLIDA	35/50 BC35/50 PBM 25/55-65 PBM 45/80-65	35/50 BC35/50 PBM 25/55-65 PBM 45/80-60 PBM 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PBM 45/80-60	50/70 BC50/70	50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70
MEDIA	35/50 BC35/50 PBM 45/80-60 PBM 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PBM 45/80-60	50/70 BC50/70 PBM 45/80-60	50/70 70/100 BC50/70		
TEMPLAD A	50/70 BC50/70 PBM 45/80-60 PBM 45/80-65	50/70 70/100 BC50/70 PBM 45/80-60				

- Se podrán emplear betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 del Pliego de Prescripciones Técnicas. En ese caso, a la denominación del betún se le añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es caucho procedente de neumáticos fuera de uso

B) EN CAPA DE BASE, BAJO OTRAS DOS

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

- Se podrán emplear betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 del Pliego de Prescripciones Técnicas. En ese caso, a la denominación del betún se le añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es caucho procedente de neumáticos fuera de uso

TABLA 543.1  
MEZCLAS DRENANTES Y DISCONTINUAS.  
TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR  
(Artículos 211 y 212 del Pliego de Prescripciones Técnicas y reglamentación específica vigente DGC)

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2(*) Y T31	T32 Y arcenes	T4
DISCONTINUA	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	
DRENANTE	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	-

(\*)Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías o cuando la IMD sea superior a 5000 vehículos por día y carril.

- Se podrán emplear betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 del Pliego de Prescripciones Técnicas. En ese caso, a la denominación del betún se le añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es caucho procedente de neumáticos fuera de uso

Según estas tablas, y teniendo en cuenta que la zona térmica considerada es cálida, se proponen los siguientes tipos de betún:

- Betún BC 50/70 en mezclas bituminosas continuas en caliente para capas de rodadura, intermedia y de base (tabla 542.1 del Pliego de Prescripciones Técnicas)

- Betún modificado con caucho PMB 45/80-60 en las capas de rodadura con mezcla bituminosa porosa o discontinua en tráfico T2 en autovía (tabla 543.1 del Pliego de Prescripciones Técnicas).

TABLA 542.6  
 MEZCLAS TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO.  
 PROPORCIÓN MÍNIMA DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN  
 (% EN MASA DE POLVO MINERAL)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 Y arcenes	T4
RODADURA	100			≥50	-
INTERMEDIA	100		≥50		-
BASE	100	≥50		-	

TABLA 542.11  
 MEZCLAS TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO.  
 RELACIÓN PONDERAL (\*) ENTRE EL POLVO MINERAL Y EL LIGANTE BITUMINOSO  
 EN MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS PARA LAS CATEGORÍAS DE  
 TRÁFICO PESADO T00 A T2

CAPA	ZONA TÉRMICA ESTIVAL	
	CÁLIDA Y MEDIA	TEMPLADA
RODADURA	1,2	1,1
INTERMEDIA	1,1	1,0
BASE	1,0	0,9

(\*)Relación entre el porcentaje de polvo mineral y el de ligante expresados ambos respecto de la masa total del árido seco, incluido el polvo mineral.

En mezclas bituminosas calientes discontinuas o drenantes se recomienda, según el PG-3, Artículo 543, una relación ponderal entre contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado (expresados respecto de la masa total del árido seco, incluido el polvo mineral):

- Entre doce y dieciséis décimas (1,2 a 1,6) para las mezclas tipo BBTM A
- Entre diez y doce décimas (1,0 a 1,2) para las mezclas tipo BBTM B
- Entre nueve y once décimas (0,9 a 1,1) para las mezclas tipo PA

TABLA 542.8  
MEZCLAS TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO.  
HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

TIPO DE MEZCLA (*)		ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
		45	32	22	16	8	4	2	0,500	0,250	0,063
DENSA	AC16 D	-	-	100	90-100	64-79	44-59	31-46	16-27	11-20	4-8
	AC22-D	-	100	90-100	73-88	55-70		31-46	16-27	11-20	4-8
SEMIDENSA	AC16 S	-	-	100	90-100	60-75	35-50	24-38	11-21	7-15	3-7
	AC22 S	-	100	90-100	70-88	50-66		24-38	11-21	7-15	3-7
	AC32 S	100	90-100		68-82	48-63		24-38	11-21	7-15	3-7
GRUESA	AC22 G	-	100	90-100	65-86	40-60		18-32	7-18	4-12	2-5
	AC32 G	100	90-100		58-76	35-54		18-32	7-18	4-12	2-5

(\*) A efectos de esta tabla, para designar el tipo de mezcla, se incluye sólo la parte de la nomenclatura que se refiere expresamente al huso granulométrico (se omite por tanto la indicación de la del firme y tipo de betún)

TABLA 543.8  
MEZCLAS DRENANTES Y DISCONTINUAS.  
HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (%en masa)

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

(\*)La fracción de árido que pasa por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2 y es retenida por el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2, será inferior al ocho por ciento (8%).

(\*\*)Se ha omitido en la denominación de la mezcla la indicación del tipo de ligante por no ser relevante a efectos de esta tabla.

El contenido de huecos para las mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso viene dado por la tabla 542.12.

TABLA 542.12.  
MEZCLAS TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO.  
CONTENIDO DE HUECOS EN MEZCLA (UNE-EN 12697-8)  
EN PROBETAS UNE-EN 12697-30 (75 golpes por cara)(\*\*\*)

CARACTERÍSTICA		CATEGORÍA DEL TRÁFICO PESADO			
		T00 Y T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4
Huecos en mezcla %	Capa de rodadura	4 - 6		3 - 6	
	Capa intermedia	4 - 6	4 - 7 (*)	4 - 7	4 - 7 (**)
	Capa de base	4 - 7 (*)	4 - 8 (*)	4 - 8	

(\*) En mezclas bituminosas de alto módulo: 4-6

(\*\*) En vías de servicio

(\*\*\*)Excepto en mezclas con D>22mm, en las que las probetas se compactarán según la UNE-EN 12697-32 (120 segundos por cara)

El contenido de huecos para las mezclas drenantes y discontinuas viene dado por la tabla 543.10.

TABLA 543.10.  
MEZCLAS DRENANTES Y DISCONTINUAS.  
CONTENIDO DE HUECOS EN MEZCLA (UNE-EN 12697-8)  
EN PROBETAS UNE-EN 12697-30 (50 golpes por cara)

TIPO DE MEZCLA	% DE HUECOS (Norma UNE-EN 12697-8)
BBTM A	≥ 4
BBTM B	≥ 12 y ≤ 18
Drenante (PA)	≥ 20

Para la densidad del betún se ha adoptado el valor 1 T/m<sup>3</sup>, para la de los áridos de Mezclas Bituminosas Discontinuas, 2,95 T/m<sup>3</sup>, y para los áridos del resto de Mezclas Bituminosas de 2,7 T/m<sup>3</sup>. Estos datos son los que se corresponden con los valores de los ensayos más representativos de las muestras de ofitas y granitos extraídas de los yacimientos propuestos en el anejo en el cual se estudia la procedencia de materiales.

A continuación se calcula la dosificación de cada tipo de mezcla, indicando el tipo y peso de los componentes por tonelada, y finalmente se obtiene la densidad de cada una.

### 3.- MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE BBTM 11B

#### a) Dosificación

- Contenido en betún: 4,95 % de la masa total de áridos, incluido el polvo mineral.

Para que el betún sea un 4,95 % del total de áridos se ha de cumplir que en 1 tonelada de mezcla la masa de áridos sea:

$$M_{\text{áridos}} = \frac{1}{(1 + 0.0495)} = 0.953T / T$$

- Relación polvo mineral/betún: 1,1.

- Dotación de áridos y polvo mineral, según la tabla 543.9 de husos granulométricos de las mezclas bituminosas discontinuas:

Áridos gruesos	Áridos finos	Filler
80 %	14.61 %	5.39 %
0,7626 T	0,1393T	0,0514T

En consecuencia la composición ponderal de 1 tonelada de mezcla es, en T:

Árido grueso	0,763
Árido fino	0,139
Filler	0,051
Betún	0,047

#### b) Densidad

- Volumen de huecos de la mezcla: Se adopta para el cálculo un valor del 12 %

Luego :

$$V_{\text{áridos}} + V_{\text{betún}} = 0,88m^3$$

La relación de ambos volúmenes es según el cálculo de la dosificación:

$$V_a / V_b = (0,953 / 2,95) / (0,047 / 1) = 6,918$$



Por tanto:

$$6,918 \times V_b + V_b = 0,88m^3$$

De donde resulta que,  $V_b = 0,111 \text{ m}^3$  y  $V_a = 0,769 \text{ m}^3$

(este dato representa un volumen de huecos en áridos de 23,10%)

La densidad es:

$$0,769 \times 2,95 + 0,111 = 2,379T / m^3$$

#### 4.- MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE AC16 surf D

##### a) Dosificación

- Contenido en betún: 4,85 % de la masa total de áridos, incluido el polvo mineral.

Para que el betún sea un 4,85 % del total de áridos se ha de cumplir que en 1 tonelada de mezcla la masa de áridos sea:

$$M_{\text{áridos}} = \frac{1}{(1 + 0.0485)} = 0.954T / T$$

- Relación polvo mineral/betún: 1,2.

- Dotación de áridos y polvo mineral, según la tabla 543.9 de husos granulométricos de las mezclas bituminosas discontinuas:

Áridos gruesos	Áridos finos	Filler
61,50 %	32,68 %	5,82 %
0,5866T	0,3117 T	0,0555

En consecuencia la composición ponderal de 1 tonelada de mezcla es, en T:

Árido grueso	0,587
Árido fino	0,312
Filler	0,056
Betún	0,046

##### b) Densidad

- Volumen de huecos de la mezcla: Se adopta para el cálculo un valor del 4 %

Luego :

$$V_{\text{áridos}} + V_{\text{betún}} = 0,96m^3$$

La relación de ambos volúmenes es según el cálculo de la dosificación:

$$V_a / V_b = (0,954 / 2,70) / (0,046 / 1) = 7,637$$

Por tanto:

$$7,637 \times V_b + V_b = 0,96m^3$$

De donde resulta que,  $V_b = 0,111 \text{ m}^3$  y  $V_a = 0,849 \text{ m}^3$

Este dato representa un volumen de huecos en áridos de 15.10%, que es aceptable para la mezcla AC16 Surf D.

La densidad es:

$$0,849 \times 2,70 + 0,111 = 2,403T / m^3$$

#### 5.- MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE AC22 surf D

##### c) Dosificación

- Contenido en betún: 4,75 % de la masa total de áridos, incluido el polvo mineral.

Para que el betún sea un 4,75 % del total de áridos se ha de cumplir que en 1 tonelada de mezcla la masa de áridos sea:

$$M_{\text{áridos}} = \frac{1}{(1 + 0.0475)} = 0.955T / T$$

- Relación polvo mineral/betún: 1,2.

- Dotación de áridos y polvo mineral, según la tabla 543.9 de husos granulométricos de las mezclas bituminosas discontinuas:

Áridos gruesos	Áridos finos	Filler
61,50 %	32,8 %	5,7 %
0,5871T	0,3131 T	0,0544

En consecuencia la composición ponderal de 1 tonelada de mezcla es, en T:

Árido grueso	0,587
Árido fino	0,313
Filler	0,054
Betún	0,045

d) Densidad

- Volumen de huecos de la mezcla: Se adopta para el cálculo un valor del 4 %

Luego :

$$V_{\text{áridos}} + V_{\text{betún}} = 0,96m^3$$

La relación de ambos volúmenes es según el cálculo de la dosificación:

$$V_a / V_b = (0,955 / 2,70) / (0,045 / 1) = 7,797$$

Por tanto:

$$7,797 \times V_b + V_b = 0,96m^3$$

De donde resulta que,  $V_b = 0,109 m^3$  y  $V_a = 0,851 m^3$

Estos resultados suponen un volumen de huecos en áridos de 14,90%, que es aceptable para una mezcla tipo AC22 Surf D.

La densidad es:

$$0,851 \times 2,70 + 0,109 = 2,406T / m^3$$

**6.- MEZCLA BITUMINOSA TIPO AC22 bin S (CAPA INTERMEDIA)**

a) Dosificación

- Contenido de betún: 4,5 % sobre el peso total de los áridos, incluido el polvo mineral.

Para ello se ha de cumplir que en una tonelada de mezcla la masa de áridos sea:

$$M_{\text{áridos}} = \frac{1}{(1 + 0.045)} = 0.957 T / T$$

- Relación filler/betún: 1,1 (un 100% de polvo mineral de aportación en la categoría de tráfico T1 y mínimo 50% en las categorías de tráfico T2 para las capas intermedias).

- Dotación de áridos y filler por tonelada de mezcla:

Áridos gruesos	Áridos finos	Filler
69,00 %	28,53 %	2,47 %
0,660 T	0,273 T	0,024 T

En consecuencia la composición ponderal de 1 tonelada de mezcla es (en T):

Árido grueso	0,660
Árido fino	0,273
Filler de aportación	0,024
Betún	0,043

b) Densidad

- Volumen de huecos de la mezcla, según la tabla 542.13 entre 5 % y 8 % para capa intermedia para categoría de tráfico T2.

- Volumen de huecos en áridos mayor o igual al 14 %.

- Partiendo de un valor razonable del 5 % de huecos de la mezcla se tiene:

$$V_{\text{áridos}} + V_{\text{betún}} = 0,95m^3$$

Y, por otra parte, se sabe que:

$$V_a / V_b = (0,957 / 2,7) / (0,043 / 1) = 8,230$$

Luego:

$$8,230 \times V_b + V_b = 0,95m^3$$

Siendo la solución,  $V_b = 0,103 m^3$  y  $V_a = 0,847 m^3$ .

Lo que representa un volumen de huecos de áridos 0,153, equivalente al 15,3 % que resulta aceptable para la mezcla AC22 bin S.

Con esto, la densidad de la mezcla es:

$$2,7 \times 0,847 + 0,103 = 2,39T / m^3$$

**7.- MEZCLA BITUMINOSA TIPO AC32 base G (CAPA DE BASE)**

a) Dosificación

- Contenido de betún: 4 % sobre el peso total de los áridos, incluido el polvo mineral.

Se ha de cumplir que, sobre tonelada de mezcla, la masa de áridos:

$$M_{\text{áridos}} = \frac{1}{(1 + 0,040)} = 0,962 T / T$$

- Relación filler/betún: 1,0 (con 100 % de polvo mineral de aportación en la categoría de tráfico T00 y mínimo 50% en las categorías de Tráfico T0-T2 para las capas base).

Áridos gruesos	Áridos finos	Filler
75,00 %	23,00 %	2,00 %
0,721 T	0,221 T	0,019 T

En consecuencia la composición ponderal de 1 tonelada de mezcla es:

Árido grueso	0,721
Árido fino	0,221
Filler de aportación	0,019
Betún	0,038

b) Densidad

- Volumen de huecos de la mezcla, según la tabla 542.13 entre 6 % y 9 % para tráfico T2.

- Volumen de huecos en áridos mayor o igual al 14 %.

Partiendo de un valor del 6 % de huecos de la mezcla, tenemos que:

$$V_{\text{áridos}} + V_{\text{betún}} = 0,94m^3$$

Y por otra parte sabemos que:

$$V_a / V_b = (0,962 / 2,7) / (0,038 / 1) = 9,259$$

Por tanto se obtiene:

$$9,259 \times V_b + V_b = 0,94m^3$$

$$V_b = 0,092 m^3 \text{ y } V_a = 0,848 m^3$$

Este valor de  $V_a = 0,848 m^3$ , representa un volumen de huecos de 15,2 % que es aceptable para la mezcla.

La densidad AC22 base G es igual a :

$$2,7 \times 0,848 + 0,092 = 2,382T / m^3$$



## **8.- APÉNDICE 2: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SECCIONES DE FIRMES**

**(SE ENTREGA EN PDF)**



ÍNDICE

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- SECCIONES CONSIDERADAS
- 3.- COSTES DE CONSTRUCCIÓN
- 4.- COSTES DE MANTENIMIENTO
- 5.- COMPARACIÓN DE COSTES UNITARIOS TOTALES

ANEXOS

- I.- LISTADO DE PRECIOS
- II.- PLANOS DE LAS SECCIONES TIPO SELECCIONADAS
- III.- VALORACIÓN POR METRO LINEAL DE LAS SECCIONES SELECCIONADAS





### 1.- INTRODUCCIÓN

En apartados anteriores se ha justificado la consideración de una única sección de pavimento -la 221- sobre una explanada con categoría E2 formada con materiales que no contengan cemento como aglomerante.

A continuación se desarrollará un estudio económico comparativo entre ambas soluciones de forma que, con independencia de la disponibilidad y el precio de los materiales que conforman ambas soluciones, se conozca y, por tanto, se proponga la solución más rentable.

### 2.- SECCIONES CONSIDERADAS

Las secciones objeto del estudio comparativo quedan reflejadas dentro del catálogo de secciones firmes de la Instrucción 6.1-I.C. Entre todas ellas se ha realizado una selección previa motivada por los condicionantes técnicos que a continuación se reseñan:

- Por los motivos considerados en el apartado 4 de este anejo se recomienda un firme flexible a base de mezclas bituminosas. En consecuencia, se rechazan las secciones de firmes que disponen en alguna parte de hormigón.
- Se ha tenido en cuenta la configuración del firme de los viales ejecutados junto a la duplicación que el presente proyecto trata de definir.

El presente estudio va a comparar, por tanto, la única sección de la Instrucción 6.1-I.C. para una categoría de tráfico T2 y tipo de Explanada E2 que se puede disponer en este proyecto, con las diferentes disposiciones de conformación de la explanada.

- Sección 221.

Se trata de una sección en la que se dispone un importante paquete multicapas de mezclas bituminosas, de 25 cm de espesor total, sobre una zahorra artificial de espesor medio 25 cm.

En los listados anexos se adjuntan:

- 1) Relación de precios de todas las posibles unidades de obra que pueden ser usadas en los firmes (al nivel de detalle en que figuran en la Instrucción 6.1-IC )
- 2) Los planos de las diferentes secciones tipo medidas.
- 3) Medición y valoración de los distintos componentes en cada sección tipo de semicalzada del tronco desagregado en dos partes:

- a) Calzada y arcén izquierdo
- b) Arcén derecho

Para medir se ha considerado la sección transversal de 1,50 m de arcén izquierdo, 7,00 m de calzada y 2,50 m de arcén derecho, teniendo en cuenta los derrames laterales que se necesitan para construirla.

En caso de que se dé opción a una variación en la distribución de espesores dentro de ciertos límites, se adopta la sección más económica. Las mediciones de polvo mineral de aportación y betún se obtienen de las mezclas bituminosas por las proporciones en peso que se indican.

### 3.- COSTES DE CONSTRUCCIÓN

Se adjunta una tabla con los costes totales de construcción obtenidos como producto de los precios considerados al principio, comunes en todo momento para todas las secciones, por las mediciones totales obtenidas en cada caso.

**COMPARACIÓN DE LOS COSTES DE CONSTRUCCIÓN POR METRO LINEAL DE LAS DISTINTAS SECCIONES DE FIRME CON CAPA DE RODADURA DE MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE**

EXPLANADA E-2		
SECCIÓN	COSTE (Euros/ml)	DESVIACIÓN RESPECTO A LA MEDIA (%)
221 (Explanada de suelo seleccionado y adecuado)	445,82	1,28
221 (Explanada de suelo seleccionado)	434,55	-1,28
<b>MEDIA</b>	<b>440,19</b>	<b>Euros</b>

#### 4.- COSTES DE MANTENIMIENTO

Los costes de construcción son tan solo una visión parcial de un planteamiento económico más amplio, debiendo extenderse el análisis a un determinado periodo o "ciclo vital" en el cual se consideren todas las operaciones que puedan tener lugar desde el momento de la construcción del firme, incluyendo aquellas actuaciones de rehabilitación que sean necesarias tras la finalización del periodo de proyecto para seguir aprovechando la infraestructura existente.

Por otro lado, debe tenderse a elegir un periodo de análisis tal que la influencia de la tasa de actualización que se escoja sea lo menor posible, para así conseguir objetivar al máximo el proceso. Para ello, debe irse a periodos de análisis inferiores a 5 años o superiores a 35 años. En el caso concreto de este estudio, se ha considerado apropiado adoptar un periodo de análisis de N=40 años.

Para poder sumar los diferentes costes que se producen a lo largo del periodo de análisis y hallar el coste total de una sección es preciso una actualización de los que se producen en diferentes momentos. Para este estudio se ha adoptado una tasa de actualización  $a = 2,5\%$ , considerándose que se mantiene constante a lo largo de todo el periodo de análisis. Por otro lado, en este estudio se ha trabajado con "euros constantes", es decir, no se considera incluida en la tasa de actualización la tasa de inflación.

El coste total de una sección de firme viene dado por la siguiente expresión:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

Donde:

- C es el coste total de la sección.
- C<sub>1</sub> es el coste de construcción (inversión inicial).
- C<sub>2</sub> es el coste de conservación, incluyendo tanto los costes de las operaciones ordinarias como los costes de rehabilitaciones que se producen durante el periodo al que se extiende el análisis económico, todos ellos actualizados al año de la construcción.
- C<sub>3</sub> es el valor residual de la sección al final del periodo al que se extiende el análisis económico y actualizado al año de la construcción.
- C<sub>4</sub> representa el conjunto de costes, también convenientemente actualizados, que soportan los usuarios de la carretera como consecuencia de las labores de conservación: demoras, gastos adicionales de combustibles, etc.

El coste de conservación puede a su vez considerarse formando por dos sumandos y viene dado por la expresión:

$$C_2 = C_{21} + C_{22}$$

Donde:

- C<sub>21</sub> son los costes de conservación ordinaria a lo largo del periodo de análisis.
- C<sub>22</sub> son los costes de las rehabilitaciones u operaciones de conservación extraordinarias realizadas durante el periodo de análisis.

Los costes de conservación ordinaria C<sub>21</sub> pueden ser evaluados de dos formas diferentes.

La primera consiste en estimar las distintas operaciones que han de ser llevadas a cabo durante el periodo de proyecto, calculando sus respectivos costes y actualizándolos al año de la construcción. Es la mejor forma si se dispone de bases de datos sobre las necesidades reales de conservación ordinaria de cada sección, y es igual que la que se sigue para los costes de rehabilitación.

La segunda forma de evaluar los costes de conservación ordinaria consiste en suponer que en cada uno de los años del periodo de análisis el gasto que se produce por ese concepto es un porcentaje 'b' del coste de construcción C<sub>1</sub> de la sección de que se trate. Por tanto:

$$C_{21} = \frac{b}{100} \times C_1 \times [(1+a)^{-1} + (1+a)^{-2} + \dots + (1+a)^{-40}]$$

Si se considera  $a = 2,5\%$ ,

$$C_{21} = 0.251 \times b \times C_1$$

Para poder evaluar los costes de las rehabilitaciones C<sub>22</sub> es preciso prever qué operaciones de este tipo se van a realizar durante el periodo de análisis. Si se han previsto, por ejemplo, actuaciones extraordinarias de conservación a los 10, 20, 30 y 35 años, de coste respectivo R<sub>10</sub>, R<sub>20</sub>, R<sub>30</sub> y R<sub>35</sub>, el coste actualizado del conjunto de las mismas vendrá dado por la expresión:

$$C_{22} = [R_{10} \times (1+a)^{-10} + R_{20} \times (1+a)^{-20} + R_{30} \times (1+a)^{-30} + R_{35} \times (1+a)^{-35}]$$

El valor residual C<sub>3</sub> de una sección de firme es lo que esta sección cuesta al final del periodo de análisis. Se puede evaluar de muy diversas formas. Una de ellas es como un porcentaje V del coste de construcción C<sub>1</sub> convenientemente actualizado:

$$C_3 = \frac{V}{100} \times C_1 \times (1+a)^{-40}$$

Si se considera  $a = 2,5\%$ ,

$$C_3 = 0.0037 \times V \times C_1$$

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el valor residual depende también en gran medida del coste de las operaciones de conservación que se hayan ido realizando a lo largo de dicho periodo de análisis. De todos modos, el valor residual suele influir poco en los análisis económicos, pues se sitúa al final del periodo de análisis, e influye tanto menos cuánto más alta sea la tasa de actualización.

En definitiva, el coste total de una sección vendrá dado por la expresión siguiente:

$$C = C_1 + \left[ \left( \frac{b}{100} \right) \times C_1 \times \left[ (1+a)^{-1} + (1+a)^{-2} + \dots + (1+a)^{-40} \right] \right] + \left[ R_{10} \times (1+a)^{-10} + R_{20} \times (1+a)^{-20} + R_{30} \times (1+a)^{-30} + R_{35} \times (1+a)^{-35} \right] - \left[ \left( \frac{V}{100} \right) \times C_1 \times (1+a)^{-40} \right] + C_4$$

En lo que se refiere a los costes de conservación, ya se ha mencionado que suele hacerse una distinción entre los que se producen de manera continuada a lo largo del tiempo (operaciones rutinarias de conservaciones) y los que se concentran en momentos precisos del periodo de análisis (rehabilitaciones u operaciones extraordinarias de conservación).

En el caso de los costes  $C_{21}$  de operaciones rutinarias, es habitual estimarlos como un tanto por ciento de los costes de construcción, siendo normal una cifra  $b = 0,5\%$  para las secciones flexibles o semirrígidas, y de  $b = 0,2\%$  para las rígidas.

En lo que se refiere a los costes  $C_{22}$  de las rehabilitaciones en operaciones de conservación extraordinarias, ante la experiencia en España con los pavimentos de autovías, se han adoptado unas propuestas simplistas, pero que creemos razonables, que se indican a continuación:

- Secciones acabadas en 1:

Año 10: 3 cm mezcla en rodadura.  
 Años 20 y 30: 5 cm capa intermedia + 3 cm mezcla en rodadura.  
 Año 35: 3 cm mezcla en rodadura.

- Secciones acabadas en 2:

Años 10 y 20: 3 cm mezcla en rodadura.  
 Año 30: 5 cm capa intermedia + 3 cm mezcla en rodadura.  
 Año 35: 3 cm mezcla en rodadura.

En todos los casos se incluyen los correspondientes riegos de adherencia, cuyos costes forman parte de la evaluación, adoptándose los mismos precios unitarios utilizados en el cálculo de los costes de construcción.

En cuanto al porcentaje  $V$  para la determinación del valor residual de las secciones al final del periodo de análisis, se han adoptado los siguientes valores:

VALOR RESIDUAL

Sección	Valor Residual V (%)
221	35

Finalmente, en lo que se refiere a los costes de los usuarios, hay que decir que no existen suficientes datos sobre la influencia de las distintas soluciones en los mismos. Es un aspecto al que se le ha prestado relativa poca atención, lo que puede deberse a la opinión bastante general de que, mientras el estado del pavimento se mantenga dentro de unos límites aceptables, la diferencia de costes atribuible a comportamientos distintos es de difícil estimación y probablemente pequeña. En todo caso, las Administraciones Públicas no suelen incluir este concepto en sus estudios de rentabilidad. En esta línea, se ha adoptado en el presente trabajo  $C_4=0$ .

**5.- COMPARACIÓN DE LOS COSTES UNITARIOS TOTALES**

A continuación se adjunta la tabla con los cálculos de los costes de construcción, conservación ordinaria, conservación extraordinaria, valor residual y coste total para cada sección estudiada.

**TABLA 3**  
**COMPARACIÓN DE LOS COSTES TOTALES POR METRO LINEAL DE LAS DISTINTAS SECCIONES DE FIRME.**  
**CAPA DE RODADURA DE MEZCLA BIT. DISCONTINUA, EN EUROS DEL AÑO CERO (AÑO DE CONSTRUCCIÓN)**

Tasa de actualización aplicada = 2,5 %

SECCIÓN	COSTE DE CONSTRUCCIÓN	COSTE DE MANTENIMIENTO						VALOR RESIDUAL	COSTE TOTAL	DESVIACIÓN RESPECTO A LA MEDIA (%)
		CONSERVACIÓN ORDINARIA	CONSERVACIÓN EXTRAORDINARIA				SUMA			
			$R_{10} \times (1+a)^{-10}$	$R_{20} \times (1+a)^{-20}$	$R_{30} \times (1+a)^{-30}$	$R_{35} \times (1+a)^{-35}$				
221 (Explanada de suelo seleccionado y adecuado)	445,82	55,96	19,55	55,11	43,05	10,55	184,22	57,73	<b>572,30</b>	0,99
221 (Explanada de suelo seleccionado)	434,55	54,54	19,55	55,11	43,05	10,55	182,80	56,27	<b>561,08</b>	-0,99

<b>MEDIA</b>	<b>566,69</b>	<b>Euros</b>
--------------	---------------	--------------

## I.- LISTADO DE PRECIOS



## PRECIO POR UNIDAD DE VOLUMEN, PESO O SUPERFICIE DE LOS DISTINTOS COMPONENTES

	PRECIOS	DENSIDADES
<b>1.- HORMIGON VIBRADO</b>		
1.1.- EN MASA ( HV )	- Euros/m3	- t/m3
1.2.- ARMADO CONTINUO ( HVA )	- Euros/m3	- t/m3
<b>2,- MEZCLAS BITUMINOSAS</b>		
2.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL (TS )	- Euros/m2	
2.1.- CAPA DE RODADURA		
2.1.1.- TIPO AC16 SURF D (D-12 rodadura)	26,52 Euros/t	2,41 t/m3
2.1.2.- TIPO BBTM 11B (M-10) (espesor de 3 cm)	1,93 Euros/m2	2,38 t/m3
2.1.3.- TIPO A o AF ( RA )	- Euros/t	- t/m3
2.2.- CAPA INTERMEDIA TIPO AC22 BIN S (S-20 intermedia)	26,44 Euros/t	2,39 t/m3
2.3.- BASE BITUMINOSA TIPO AC32 BASE G (G-25 base),	26,47 Euros/t	2,38 t/m3
<b>3.- HORMIGON COMPACTADO ( HC )</b>	- Euros/m3	
<b>4.- HORMIGON MAGRO ( HM )</b>	- Euros/m3	
<b>5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )</b>	- Euros/m3	- t/m3
<b>6.- SUELO-CEMENTO ( SC )</b>	21,81 Euros/m3	1,95 t/m3
<b>7.- ZAHORRA ARTIFICIAL ( ZA )</b>	18,19 Euros/m3	
7.1.- DRENANTE ( ZAD )	Euros/m3	
<b>8.- ZAHORRA NATURAL ( ZN )</b>	- Euros/m3	
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST1 PROCEDENTE DE PRÉSTAMOS</b>	7,25 Euros/m3	
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST2 PROCEDENTE DE PRÉSTAMOS</b>	8,02 Euros/m3	
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST3 PROCEDENTE DE PRÉSTAMOS</b>	8,26 Euros/m3	
<b>11.- SUELO ADECUADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMOS</b>	5,87 Euros/m3	
<b>11.- SUELO TOLERABLE</b>	4,60 Euros/m3	
<b>12.- SUELO SELECCIONADO</b>	6,67 Euros/m3	
<b>13.- RELLENO IMPERM. BERMAS</b>	6,67 Euros/m3	
<b>14.- RIEGO DE IMPRIMACION C50BF5 IMP</b>	356,97 Euros/t	0,0013 t/m2
<b>15.- RIEGO DE CURADO</b>	369,70 Euros/t	0,00055 t/m2
<b>16.- RIEGO DE ADH. (Mod./no Mod.)</b>	447,59 / 369,70 Euros/t	0,0005 t/m2
<b>17.- BETUN EN MEZCLAS BITUMINOSAS MEJORADO CON CAUCHO</b>	480,00 Euros/t	
<b>18.- BETUN MODIFICADO CON POLIMEROS Y CAUCHO</b>	530,00 Euros/t	
<b>19.- FILLER EN MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	49,27 Euros/t	
<b>20.- CEMENTO</b>	71,18 Euros/t	
<b>21.- ADICIONES EN HORMIGON VIBRADO</b>	- Euros/kg	
<b>22.- JUNTAS EN HORMIGON VIBRADO</b>	- Euros/m	
<b>23.- ACERO EN HORMIGON VIBRADO ARMADO</b>	- Euros/kg	

NOTAS.- LOS PRECIOS DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS NO INCLUYEN NI EL BETÚN NI EL FILLER.

LOS PRECIOS DE SUELO-CEMENTO, GRAVA-CEMENTO Y SUELO ESTABILIZADO NO INCLUYEN EL CEMENTO.

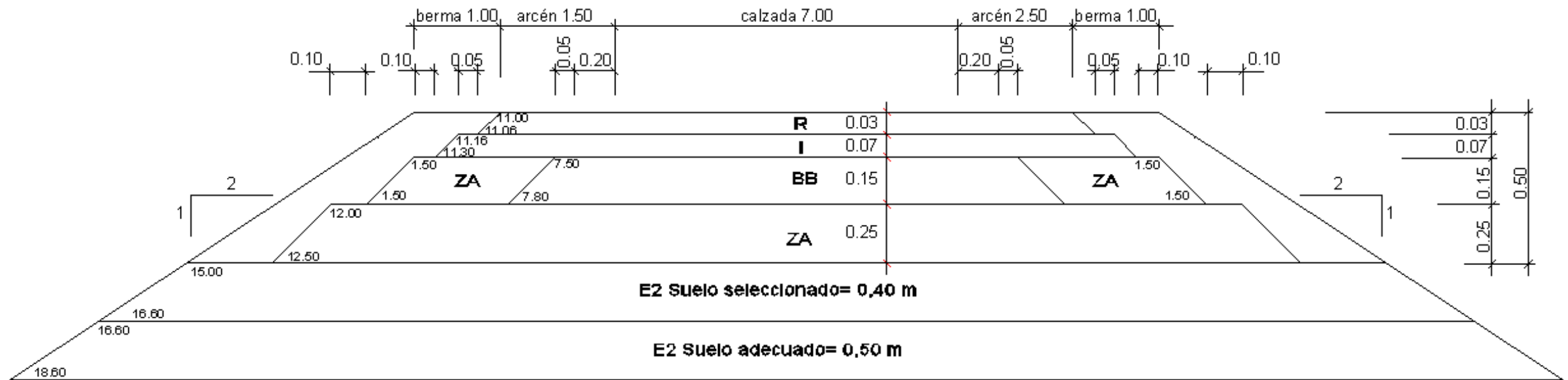




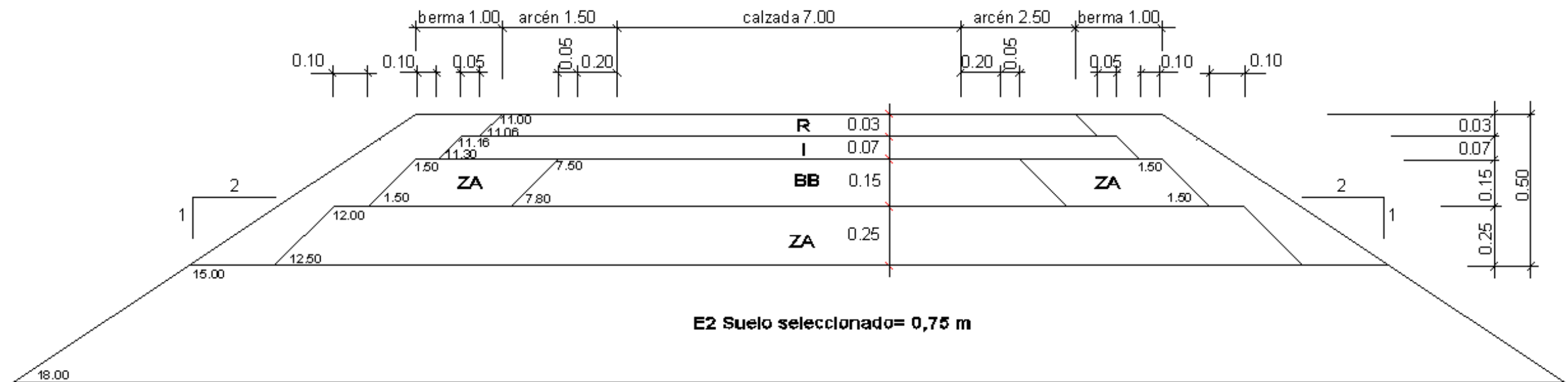
## II.- PLANOS DE LAS SECCIONES TIPO



### SECCIÓN 221 (explanada de suelo seleccionado y adecuado)



### SECCIÓN 221 (explanada de suelo seleccionado)





### **III.- VALORACIÓN POR METRO LINEAL DE LAS SECCIONES**



**SECCION TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado y suelo adecuado)**

**SECCION TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado y suelo adecuado)**

**MEDICIONES DE LOS DISTINTOS COMPONENTES EN CALZADA**

<b>1.- HORMIGON VIBRADO</b>	
1.1.- EN MASA ( HV )	0 m <sup>3</sup>
1.2.- ARMADO CONTINUO ( HVA )	0 m <sup>3</sup>
<b>2.- MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	
2.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL ( TS )	0 m <sup>2</sup>
2.1.- CAPA DE RODADURA	
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	m <sup>3</sup>
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	11,03 m <sup>2</sup>
2.1.3.- TIPO A ó AF ( RA )	0 m <sup>3</sup>
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	0,7861 m <sup>3</sup>
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	1,1475 m <sup>3</sup>
<b>3.- HORMIGON COMPACTADO ( HC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>4.- HORMIGON MAGRO ( HM )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>6.- SUELO-CEMENTO ( SC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>7.- ZAHORRA ARTIFICIAL ( ZA )</b>	3,0625 m <sup>3</sup>
<b>8.- SUELO ESTABILIZADO S-EST1</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST2</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>10.- SUELO ESTABILIZADO S-EST3</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>11.- SUELO ADECUADO</b>	8,8 m <sup>3</sup>
<b>12.- SUELO SELECCIONADO</b>	6,32 m <sup>3</sup>
<b>13.- RELLENO IMPERMEABILIZACIÓN BERMAS</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>14.- RIEGO DE IMPRIMACION</b>	7,8 m <sup>2</sup>
<b>15.- RIEGO DE CURADO</b>	0 m <sup>2</sup>
<b>16.- RIEGO DE ADHERENCIA</b>	
15.1.- EMULSION MODIFICADA	11,06 m <sup>2</sup>
15.2.- EMULSION NORMAL	7,5 m <sup>2</sup>

**SECCION TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado y suelo adecuado)**

**MEDICIONES DE LOS DISTINTOS COMPONENTES EN ARCENES**

<b>1.- HORMIGON VIBRADO</b>	
1.1.- EN MASA ( HV )	0 m <sup>3</sup>
1.2.- ARMADO CONTINUO ( HVA )	0 m <sup>3</sup>
<b>2.- MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	
2.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL ( TS )	0 m <sup>2</sup>
2.1.- CAPA DE RODADURA	
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	0 m <sup>3</sup>
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	0 m <sup>2</sup>
2.1.3.- TIPO A ó AF ( RA )	0 m <sup>3</sup>
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	0 m <sup>3</sup>
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	0 m <sup>3</sup>
<b>3.- HORMIGON COMPACTADO ( HC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>4.- HORMIGON MAGRO ( HM )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>6.- SUELO-CEMENTO ( SC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>7.- ZAHORRA ARTIFICIAL ( ZA )</b>	0,6 m <sup>3</sup>
<b>8.- SUELO ESTABILIZADO S-EST1</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST2</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>10.- SUELO ESTABILIZADO S-EST3</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>11.- SUELO ADECUADO</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>12.- SUELO SELECCIONADO</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>13.- RELLENO IMPERMEABILIZACIÓN BERMAS</b>	1,073 m <sup>3</sup>
<b>14.- RIEGO DE IMPRIMACION</b>	4 m <sup>2</sup>
<b>15.- RIEGO DE CURADO</b>	0 m <sup>2</sup>
<b>16.- RIEGO DE ADHERENCIA</b>	
15.1.- EMULSION MODIFICADA	0 m <sup>3</sup>
15.2.- EMULSION NORMAL	0 m <sup>2</sup>

**SECCION TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado y suelo adecuado)**

**SUMA DE LAS MEDICIONES DE CALZADA, ARCEN DERECHO Y ARCEN IZQUIERDO**

<b>1.- HORMIGON VIBRADO</b>	
1.1.- EN MASA ( HV )	0 m <sup>3</sup>
1.2.- ARMADO CONTINUO ( HVA )	0 m <sup>3</sup>
<b>2.- MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	
2.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL ( TS )	0 m <sup>2</sup>
2.1.- CAPA DE RODADURA	
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	0 m <sup>2</sup>
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	11,03 m <sup>2</sup>
2.1.3.- TIPO A ó AF ( RA )	0 m <sup>2</sup>
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	0,7861 m <sup>2</sup>
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	1,1475 m <sup>2</sup>
<b>3.- HORMIGON COMPACTADO ( HC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>4.- HORMIGON MAGRO ( HM )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>6.- SUELO-CEMENTO ( SC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>7.- ZAHORRA ARTIFICIAL ( ZA )</b>	3,6625 m <sup>2</sup>
7.1.- ZAHORRA DRENANTE	0 m <sup>2</sup>
<b>8.- SUELO ESTABILIZADO S-EST1</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST2</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>10.- SUELO ESTABILIZADO S-EST3</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>11.- SUELO ADECUADO</b>	8,8 m <sup>2</sup>
<b>12.- SUELO SELECCIONADO</b>	6,32 m <sup>2</sup>
<b>13.- RELLENO IMPERM. BERMAS</b>	1,073 m <sup>2</sup>
<b>14.- RIEGO DE IMPRIMACION</b>	11,8 m <sup>2</sup>
<b>15.- RIEGO DE CURADO</b>	0 m <sup>2</sup>
<b>16.- RIEGO DE ADHERENCIA</b>	
15.1.- EMULSION MODIFICADA	11,06 m <sup>2</sup>
15.2.- EMULSION NORMAL	7,5 m <sup>2</sup>

**DEDUCCION DE LAS MEDICIONES DE BETUN Y FILLER**

	% BETUN	PESO BETUN	FILLER/BETUN	PESO FILLER
2.1.- CAPA DE RODADURA				
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	4,85	0,0000	1,20	0,000
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	4,90	0,0386	1,10	0,042
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	4,50	0,0845	1,10	0,093
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	4,00	0,1093	1,00	0,109
<b>16.- BETUN EN MEZCLAS BITUMINOSAS MEJORADO CON CAUCHO</b>		0,1939 t	<b>18.- FILLER</b>	0,245 t
<b>17.- BETUN MODIFICADO CON POLIMEROS Y CAUCHO</b>		0,0386 t		

**DEDUCCION DE LA MEDICION DE CEMENTO**

	% CEMENTO	PESO CEMENTO
5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )		0,000
6.- SUELO-CEMENTO ( SC )		0,000
9.- S-EST2		0,000
10.- S-EST3		0,000
8.- S-EST1		0,000
<b>19.- CEMENTO</b>		0,0000 t

**DEDUCCION DE LAS MEDICIONES DE ADICIONES, JUNTAS Y ARMADURAS EN EL HORMIGON VIBRADO**

	% ADICION (kg/t)	PESO ADICION	PROP. JUNTAS (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	LONG. JUNTAS	CUANTIA (kg/m <sup>3</sup> )	PESO ACERO
1.1.- EN MASA ( HV )	0,00	0,00	25,500	0,000		
1.2.- ARMADO CONTINUO (HVA)	0,00	0,00			90,00	0
<b>20.- ADICIONES</b>		0 kg	<b>21.- JUNTAS</b>	0 m	<b>22.- ACERO</b>	0 kg

**SECCION TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado y suelo adecuado)**

**COSTES TOTALES DE LOS DISTINTOS COMPONENTES**

<b>1.- HORMIGON VIBRADO</b>	
1.1.- EN MASA ( HV )	0,00 Euros
1.2.- ARMADO CONTINUO ( HVA )	0,00 Euros
<b>2.- MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	
2.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL ( TS )	0,00 Euros
2.1.- CAPA DE RODADURA	
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	0,00 Euros
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	21,29 Euros
2.1.3.- TIPO A ó AF ( RA )	0,00 Euros
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	49,68 Euros
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	72,36 Euros
<b>3.- HORMIGON COMPACTADO ( HC )</b>	0,00 Euros
<b>4.- HORMIGON MAGRO ( HM )</b>	0,00 Euros
<b>5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )</b>	0,00 Euros
<b>6.- SUELO-CEMENTO ( SC )</b>	0,00 Euros
<b>7.- ZAHORRA ARTIFICIAL ( ZA )</b>	66,62 Euros
7.1.- DRENANTE ( ZAD )	0,00 Euros
<b>8.- SUELO ESTABILIZADO S-EST1</b>	0,00 Euros
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST2</b>	0,00 Euros
<b>10.- SUELO ESTABILIZADO S-EST3</b>	0,00 Euros
<b>11.- SUELO ADECUADO</b>	51,66 Euros
<b>12.- SUELO SELECCIONADO</b>	42,15 Euros
<b>13.- RELLENO IMPERM. BERMAS</b>	7,16 Euros
<b>13.- RIEGO DE IMPRIMACION</b>	5,48 Euros
<b>14.- RIEGO DE CURADO</b>	0,00 Euros
<b>15.- RIEGO DE ADHERENCIA</b>	
15.1.- RIEGO EMULSION MODIFICADA	2,48 Euros
15.2.- RIEGO EMULSION NORMAL	1,39 Euros
<b>16.- BETUN EN MEZCLAS BITUMINOSAS MEJORADO CON CAUCHO</b>	93,07 Euros
<b>17.- BETUN MODIFICADO CON POLIMEROS Y CAUCHO</b>	20,45 Euros
<b>18.- FILLER EN MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	12,06 Euros
<b>19.- CEMENTO</b>	0,00 Euros
<b>20.- ADICIONES EN HORMIGON VIBRADO</b>	0,00 Euros
<b>21.- JUNTAS EN HORMIGON VIBRADO</b>	0,00 Euros
<b>22.- ACERO EN HORMIGON VIBRADO ARMADO</b>	0,00 Euros

**COSTE TOTAL POR METRO LINEAL DE SECCION 445,82 Euros**



**SECCION TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado)**

**SECCION TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado)**

**MEDICIONES DE LOS DISTINTOS COMPONENTES EN CALZADA**

<b>1.- HORMIGON VIBRADO</b>	
1.1.- EN MASA ( HV )	0 m <sup>3</sup>
1.2.- ARMADO CONTINUO ( HVA )	0 m <sup>3</sup>
<b>2.- MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	
2.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL ( TS )	0 m <sup>2</sup>
2.1.- CAPA DE RODADURA	
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	m <sup>3</sup>
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	11,03 m <sup>2</sup>
2.1.3.- TIPO A ó AF ( RA )	0 m <sup>3</sup>
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	0,7861 m <sup>3</sup>
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	1,1475 m <sup>3</sup>
<b>3.- HORMIGON COMPACTADO ( HC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>4.- HORMIGON MAGRO ( HM )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>6.- SUELO-CEMENTO ( SC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>7.- ZAHORRA ARTIFICIAL ( ZA )</b>	3,0625 m <sup>3</sup>
<b>8.- SUELO ESTABILIZADO S-EST1</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST2</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>10.- SUELO ESTABILIZADO S-EST3</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>11.- SUELO ADECUADO</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>12.- SUELO SELECCIONADO</b>	12,375 m <sup>3</sup>
<b>13.- RELLENO IMPERMEABILIZACIÓN BERMAS</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>14.- RIEGO DE IMPRIMACION</b>	7,8 m <sup>2</sup>
<b>15.- RIEGO DE CURADO</b>	0 m <sup>2</sup>
<b>16.- RIEGO DE ADHERENCIA</b>	
15.1.- EMULSION MODIFICADA	11,06 m <sup>2</sup>
15.2.- EMULSION NORMAL	7,5 m <sup>2</sup>

**SECCION TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado)**

**MEDICIONES DE LOS DISTINTOS COMPONENTES EN ARCENES**

<b>1.- HORMIGON VIBRADO</b>	
1.1.- EN MASA ( HV )	0 m <sup>3</sup>
1.2.- ARMADO CONTINUO ( HVA )	0 m <sup>3</sup>
<b>2.- MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	
2.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL ( TS )	0 m <sup>2</sup>
2.1.- CAPA DE RODADURA	
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	0 m <sup>3</sup>
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	0 m <sup>2</sup>
2.1.3.- TIPO A ó AF ( RA )	0 m <sup>3</sup>
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	0 m <sup>3</sup>
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	0 m <sup>3</sup>
<b>3.- HORMIGON COMPACTADO ( HC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>4.- HORMIGON MAGRO ( HM )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>6.- SUELO-CEMENTO ( SC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>7.- ZAHORRA ARTIFICIAL ( ZA )</b>	0,6 m <sup>3</sup>
<b>8.- SUELO ESTABILIZADO S-EST1</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST2</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>10.- SUELO ESTABILIZADO S-EST3</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>11.- SUELO ADECUADO</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>12.- SUELO SELECCIONADO</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>13.- RELLENO IMPERMEABILIZACIÓN BERMAS</b>	1,073 m <sup>3</sup>
<b>14.- RIEGO DE IMPRIMACION</b>	4 m <sup>2</sup>
<b>15.- RIEGO DE CURADO</b>	0 m <sup>2</sup>
<b>16.- RIEGO DE ADHERENCIA</b>	
15.1.- EMULSION MODIFICADA	0 m <sup>3</sup>
15.2.- EMULSION NORMAL	0 m <sup>2</sup>

**SECCIÓN TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado)**

**SUMA DE LAS MEDICIONES DE CALZADA, ARCEN DERECHO Y ARCEN IZQUIERDO**

<b>1.- HORMIGON VIBRADO</b>	
1.1.- EN MASA ( HV )	0 m <sup>3</sup>
1.2.- ARMADO CONTINUO ( HVA )	0 m <sup>2</sup>
<b>2.- MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	
2.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL ( TS )	0 m <sup>2</sup>
2.1.- CAPA DE RODADURA	
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	0 m <sup>3</sup>
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	11,03 m <sup>3</sup>
2.1.3.- TIPO A ó AF ( RA )	0 m <sup>3</sup>
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	0,7861 m <sup>3</sup>
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	1,1475 m <sup>3</sup>
<b>3.- HORMIGON COMPACTADO ( HC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>4.- HORMIGON MAGRO ( HM )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>6.- SUELO-CEMENTO ( SC )</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>7.- ZAHORRA ARTIFICIAL ( ZA )</b>	3,6625 m <sup>2</sup>
7.1.- ZAHORRA DRENANTE	0 m <sup>2</sup>
<b>8.- SUELO ESTABILIZADO S-EST1</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST2</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>10.- SUELO ESTABILIZADO S-EST3</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>11.- SUELO ADECUADO</b>	0 m <sup>3</sup>
<b>12.- SUELO SELECCIONADO</b>	12,375 m <sup>3</sup>
<b>13.- RELLENO IMPERM. BERMAS</b>	1,073 m <sup>3</sup>
<b>14.- RIEGO DE IMPRIMACION</b>	11,8 m <sup>2</sup>
<b>15.- RIEGO DE CURADO</b>	0 m <sup>2</sup>
<b>16.- RIEGO DE ADHERENCIA</b>	
15.1.- EMULSION MODIFICADA	11,06 m <sup>2</sup>
15.2.- EMULSION NORMAL	7,5 m <sup>2</sup>

**DEDUCCION DE LAS MEDICIONES DE BETUN Y FILLER**

	% BETUN	PESO BETUN	FILLER/BETUN	PESO FILLER
2.1.- CAPA DE RODADURA				
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	4,85	0,0000	1,20	0,000
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	4,90	0,0386	1,10	0,042
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	4,50	0,0845	1,10	0,093
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	4,00	0,1093	1,00	0,109
<b>16.- BETUN EN MEZCLAS BITUMINOSAS MEJORADO CON CAUCHO</b>		0,1939 t	<b>18.- FILLER</b>	0,245 t
<b>17.- BETUN MODIFICADO CON POLIMEROS Y CAUCHO</b>		0,0386 t		

**DEDUCCION DE LA MEDICION DE CEMENTO**

	% CEMENTO	PESO CEMENTO
5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )		0,000
6.- SUELO-CEMENTO ( SC )		0,000
9.- S-EST2		0,000
10.- S-EST3		0,000
8.- S-EST1		0,000
<b>19.- CEMENTO</b>		0,0000 t

**DEDUCCION DE LAS MEDICIONES DE ADICIONES, JUNTAS Y ARMADURAS EN EL HORMIGON VIBRADO**

	% ADICION (kg/t)	PESO ADICION	PROP. JUNTAS (m/m <sup>2</sup> )	LONG. JUNTAS	CUANTIA (kg/m <sup>3</sup> )	PESO ACERO
1.1.- EN MASA ( HV )	0,00	0,00	25,500	0,000		
1.2.- ARMADO CONTINUO (HVA)	0,00	0,00			90,00	0
<b>20.- ADICIONES</b>		0 kg	<b>21.- JUNTAS</b>	0 m	<b>22.-ACERO</b>	0 kg

**SECCION TIPO 221 (explanada de suelo seleccionado)**

**COSTES TOTALES DE LOS DISTINTOS COMPONENTES**

<b>1.- HORMIGON VIBRADO</b>	
1.1.- EN MASA ( HV )	0,00 Euros
1.2.- ARMADO CONTINUO ( HVA )	0,00 Euros
<b>2.- MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	
2.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL ( TS )	0,00 Euros
2.1.- CAPA DE RODADURA	
2.1.1.- TIPO AC-D ó AC-S ( R )	0,00 Euros
2.1.2.- TIPO BBTM-A, BBTM-B ó PA ( R )	21,29 Euros
2.1.3.- TIPO A ó AF ( RA )	0,00 Euros
2.2.- CAPA INTERMEDIA ( I )	49,68 Euros
2.3.- BASE BITUMINOSA ( BB )	72,36 Euros
<b>3.- HORMIGON COMPACTADO ( HC )</b>	0,00 Euros
<b>4.- HORMIGON MAGRO ( HM )</b>	0,00 Euros
<b>5.- GRAVA-CEMENTO ( GC )</b>	0,00 Euros
<b>6.- SUELO-CEMENTO ( SC )</b>	0,00 Euros
<b>7.- ZAHORRA ARTIFICIAL ( ZA )</b>	66,62 Euros
7.1.- DRENANTE ( ZAD )	0,00 Euros
<b>8.-SUELO ESTABILIZADO S-EST1</b>	0,00 Euros
<b>9.- SUELO ESTABILIZADO S-EST2</b>	0,00 Euros
<b>10.- SUELO ESTABILIZADO S-EST3</b>	0,00 Euros
<b>11.- SUELO ADECUADO</b>	0,00 Euros
<b>12.- SUELO SELECCIONADO</b>	82,54 Euros
<b>13.- RELLENO IMPERM. BERMAS</b>	7,16 Euros
<b>13.- RIEGO DE IMPRIMACION</b>	5,48 Euros
<b>14.- RIEGO DE CURADO</b>	0,00 Euros
<b>15.- RIEGO DE ADHERENCIA</b>	
15.1.- RIEGO EMULSION MODIFICADA	2,48 Euros
15.2.- RIEGO EMULSION NORMAL	1,39 Euros
<b>16.- BETUN EN MEZCLAS BITUMINOSAS MEJORADO CON CAUCHO</b>	93,07 Euros
<b>17.- BETUN MODIFICADO CON POLIMEROS Y CAUCHO</b>	20,45 Euros
<b>18.- FILLER EN MEZCLAS BITUMINOSAS</b>	12,06 Euros
<b>19.- CEMENTO</b>	0,00 Euros
<b>20.- ADICIONES EN HORMIGON VIBRADO</b>	0,00 Euros
<b>21.- JUNTAS EN HORMIGON VIBRADO</b>	0,00 Euros
<b>22.- ACERO EN HORMIGON VIBRADO ARMADO</b>	0,00 Euros

**COSTE TOTAL POR METRO LINEAL DE SECCION 434,55 Euros**

**9.- APÉNDICE 3: COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN DEL FIRME  
DEFINIDA EN DESVÍOS PROVISIONALES**

**(SE ENTREGA EN PDF)**





**ICAFIR 2006**

Fecha: **25/08/2015**

Proyecto:	<b>Desvíos Provisionales N-232 El Burgo de Ebro-Fuentes de Ebro</b>
Referencia:	<b>11-Z-4360</b>
Autor:	
Fecha:	<b>martes, 25 de agosto de 2015</b>
Itinerario:	

**Tramo 0 PK 0+00 al PK 10+00**

**Solicitaciones de cálculo**

**Tráfico**

Categoría:	<b>T2</b>
Ejes de cálculo:	<b>280.012</b>

**Clima**

Zona térmica:	<b>ZT2</b>
Zona pluviométrica:	<b>ZPS</b>

**Sección de Firme <sup>(3)</sup>**

SECCIÓN NO VÁLIDA	Capa	Espesor
	Mezcla Densa (2)	5 cm
	Zahorra Artificial	25 cm

(2) El Material D no es válido para capa de rodadura o su espesor (5 cm) es inferior al necesario

(3) Sección válida. Ejes equivalentes resultantes del cálculo: 295.597 > 280.012