

ANEJO Nº 9. FIRMES Y PAVIMENTOS

ÍNDICE

9. ANEJO Nº 9. FIRMES Y PAVIMENTOS	3
9.1. INTRODUCCIÓN	3
9.2. DATOS DE PARTIDA	3
9.2.1. TRÁFICO	3
9.2.2. EXPLANADA.....	4
9.2.2.1. Formación de explanada E2 con suelo tolerable.....	5
9.3. METODOLOGÍA PARA COMPARACIÓN DE SECCIONES ESTRUCTURALES DE FIRME	8
9.3.1. FACTORES TÉCNICOS.....	8
9.3.1.1. Periodo de proyecto.....	8
9.3.1.2. Secciones de firme	8
9.3.1.3. Clima	9
9.3.1.4. Betunes modificados con caucho.....	13
9.3.1.5. Características de los materiales que componen las capas del firme	15
9.3.2. FACTORES ECONÓMICOS.....	16
9.3.2.1. Costes de construcción	16
9.3.2.2. Costes de conservación y rehabilitación	16
9.3.2.3. Valor residual	17
9.3.2.4. Otros costes	17
9.3.2.5. Coste total	17
9.4. SECCIONES ESTRUCTURALES DE FIRME CON TRÁFICO T32	18
9.4.1. VALORACIÓN COCONÓMICA DE LAS SECCIONES ESTUDIADAS	18
9.4.2. PRECIOS UNITARIOS.....	18
9.4.3. VALORACIÓN DE LAS SECCIONES DE FIRME.....	18
9.5. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	19
9.5.1. CAMINOS DE SERVICIO	19
APÉNDICE Nº 1. DATOS INICIALES	20
APÉNDICE Nº 2. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS SECCIONES DE FIRME.....	22

9. ANEJO N° 9. FIRMES Y PAVIMENTOS

9.1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo estudia, en base a los datos de tráfico y a la explanada existente, la sección de firme más idónea a disponer en todos los viales definidos en el proyecto "Autovía A-49, del V Centenario. Vía de Servicio. Acceso al Centro Hospitalario de Alto Rendimiento de la Costa Occidental de Huelva", conforme a la Norma 6.1-IC "Secciones de Firme", de la Instrucción de Carreteras, aprobada por Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre.

Asimismo, se han tenido en cuenta las siguientes disposiciones sobre firmes:

- O.C. 21bis/2009 sobre betunes mejorados y betunes modificados de alta viscosidad con caucho procedente de NFU y criterios a tener en cuenta para su fabricación in situ y almacenamiento en obra.
- O.C. 29/2011 sobre el pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG3). Ligantes bituminosos y microaglomerados en frío
- Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.

Como punto de partida se han considerado los distintos condicionantes existentes, es decir: materiales disponibles a lo largo de la traza provenientes del movimiento de tierras, tráfico previsto que van a soportar los distintos viales, calidad de la explanada, y meteorología.

Se proponen distintas alternativas de la sección de firme a adoptar, realizándose una comparación entre ellas y justificándose la adoptada en base a criterios técnicos, económicos, etc.

Una vez decidida la sección de firme a adoptar, se particulariza ésta a las vías diseñadas.

Por último se describe el procedimiento seguido para obtener la medición de los distintos componentes del firme y se resumen los valores totales obtenidos para el corredor

9.2. DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida para el dimensionamiento del firme se estudian en los anejos correspondientes de este proyecto, y son los siguientes:

- Secciones Tipo: desarrollado en el Anejo nº 7 "Trazado".

- Tráfico pesado: determinado en el Anejo nº 5 "Planeamiento y tráfico".
- Explanada: evaluada a partir de los estudios del terreno y de los materiales realizados en los Anejos nº 3 "Geología y procedencia de materiales" y nº 6 "Geotecnia del corredor".

9.2.1. TRÁFICO

La estructura del firme, según la Norma 6.1-IC, es función de la intensidad media diaria de vehículos pesados en el carril de proyecto y en el año de puesta en servicio.

Con los datos de IMDp (Intensidad Media Diaria de pesados) correspondientes al carril de diseño del proyecto, se procede a calcular la categoría de tráfico a efectos de dimensionamiento del firme.

El proceso de cálculo se realiza de acuerdo a las instrucciones de la Norma 6.1-IC "Secciones de Firme" que establece que "la estructura del firme, deberá adecuarse, entre otros factores, a la acción prevista del tráfico, fundamentalmente del más pesado, durante la vida útil del firme. Por ello, la sección estructural del firme dependerá en primer lugar de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) que se prevea en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio. Dicha intensidad se utilizará para establecer la categoría de tráfico pesado".

Según el apartado 4 de la citada norma se establece que para calcular la IMDp que circulará por el carril de proyecto se puede admitir que en calzadas de dos carriles y con doble sentido de circulación, como el caso que nos ocupa, incide sobre cada carril la mitad de los vehículos pesados que circulan por la calzada.

La norma define ocho categorías de tráfico pesado según la IMDp que se prevea en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio, que aparecen a continuación:

Legenda:

Categoría tráfico pesado	IMDp
T00	>4000
T0	4000-2000
T1	2000-800
T2	800-200
T31	200-100
T32	100-50
T41	50-25
T42	<25

En el proyecto que nos ocupa, aplicando la metodología incluida en el *Trip Generation Manual 8th Edition*, manual que proporciona estadísticas utilizadas en el cálculo de ratios de generación de

vehículos para una amplia variedad de usos del suelo, basado en la experiencia de más de 4.000 estudios de generación de viajes, la estimación del tráfico generado por el nuevo centro hospitalario se estima en lo siguiente:

Tabla 1. Estimación del tráfico atraído y generado por el CHARE (Trip Generation)

Criterio de estimación	unidad	ID (Trip generation)	Uso de suelo (Trip)	N(trip generation)	unidad	ratio veh/d (trip)	IMD
Superficie	13.421,94 m2	610KSF2	Hospital 610	144,5	KSF2	16,5	2.383
Nº de Camas	60 camas	610Beds	Hospital 610	60	Beds	11,8	708
Nº empleados	140 empleados	610Employees	Hospital 610	140	Employees	5,2	728

(*) KSF2 = Units of 1.000 square feet.

De los tres parámetros considerados se adopta el que mayor número de viajes genera, que en este caso es la superficie construida. Por lo que se estima que la IMD generada y atraída por el hospital será de **2.383 veh/d**.

La proporción prevista de vehículos pesados se estima en todo caso por debajo del 7,6% de la autovía A-49.

Adoptando un valor de **%VP=4,3%**, se obtiene una $IMD_p = IMD \times 0,5 \times \%VP = 2.383 \times 0,5 \times 4,3\% = 51$ **veh.pes** (aun adoptando el mismo porcentaje que el de la autovía se obtiene la misma categoría de tráfico pesado $IMD_p = IMD \times 0,5 \times \%VP = 2.383 \times 0,5 \times 7,6\% = 91$ veh.pes, que resulta menos de 100).

Por consiguientes se establece una categoría de **tráfico de T32**.

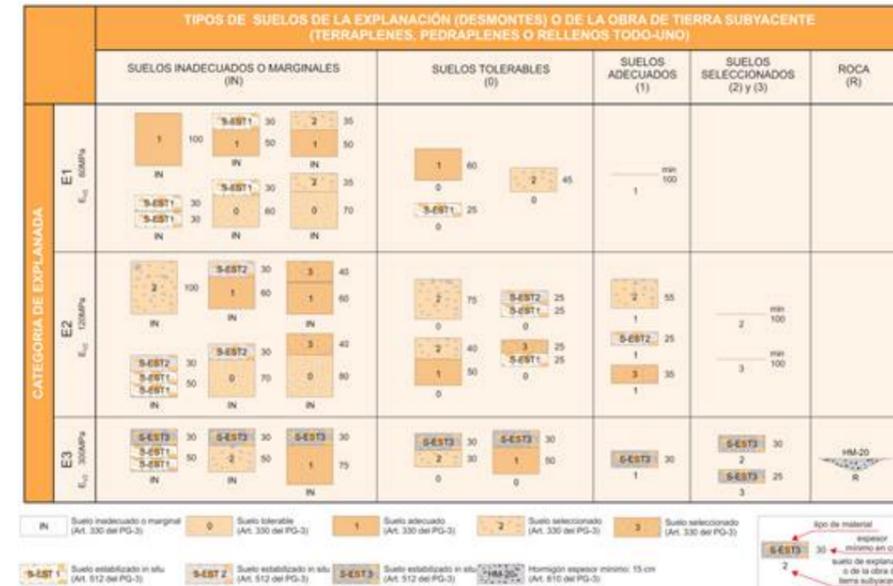
9.2.2. EXPLANADA

Según la Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, en la que se aprueba la norma 6.1 IC Secciones de Firme, de la Instrucción de Carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003), que modifica algunos aspectos de la antigua Instrucción 6.1-I.C. y 6.2-I.C. de Secciones de Firme, se establecen tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3. Estas categorías se determinarán según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido de acuerdo con la NLT-357 "Ensayo de carga con placa", cuyos valores se recogen en la siguiente tabla:

MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD EN EL SEGUNDO CICLO DE CARGA			
CATEGORIA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	60	120	300

Tabla 15. Categoría de explanadas

La formación de las explanadas de las distintas categorías se recoge en la siguiente figura, dependiendo del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente, y de las características y espesores de los materiales disponibles, según se definen en el artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).



Tipos de suelos de la explanación

Para clasificar los materiales existentes en las zonas de estudio se ha seguido el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras, PG3.

Para la definición de la explanada se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- En terraplenes, pedraplenes y todo-uno, la categoría de explanada dependerá de los materiales utilizados en coronación.
- En desmontes y terraplenes de poca altura, la sección de suelos para la formación de la explanada con la categoría de proyecto será función de las características del terreno natural en una profundidad mínima de 1,00 m, desde la explanada, o de las características y espesor del material utilizado donde se proceda a sustituir o estabilizar "in situ" aquél.
- En secciones a media ladera se adoptará para el desmonte la misma solución que para el terraplén.
- La superficie de la explanada deberá de quedar al menos 60 cm por encima del nivel más alto previsible de la capa freática donde el suelo utilizado sea seleccionado, a 80 cm donde sea adecuado y a 100 cm donde sea tolerable. A tal fin se adoptarán medidas tales como la elevación de la rasante de la explanada, la colocación de drenes subterráneos, la interposición de geotextiles o de una capa drenante, etc.

En el caso de la zona de estudio correspondiente a actuaciones de la autovía, por la categoría de tráfico se puede disponer de una explanada E1, E2 y E3.

Para la categoría de tráfico del proyecto, T32, de acuerdo con la Figura 2.2 del catálogo de secciones de firme, podríamos disponer de cualquier tipo de explanada. La explanada E-3 es la más exigente de las catalogadas, por lo que requiere mayores espesores o materiales de mejor calidad, principalmente tratados mediante estabilización, por lo que la descartaremos, al igual que ocurre con las explanadas E1, pues generan espesores mayores que las invalidan por su mayor coste de mezcla bituminosa, por la necesidad de aportación de materiales de préstamo, así como generan mayores problemas y costes de conservación y de restitución medio ambiental. Es por ello que adoptaremos para el proyecto una categoría de **explanada E2**.

En la tabla 4 que a continuación se incluye, conforme al apartado 5.2 de la Norma 6.1.-I.C. "Secciones de firme", se relacionan los materiales utilizables en la formación de explanada, para los que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá incluir las prescripciones complementarias que se indican.

Tabla 4. Materiales para explanadas.

SÍMBOLO	DEFINICIÓN DEL MATERIAL	ARTÍCULO DEL PG-3	PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS
IN	SUELO INADECUADO O MARGINAL	330	- Su empleo sólo será posible si se estabiliza con cal o con cemento para conseguir S-EST1 o S-EST2.
0	SUELO TOLERABLE	330	- CBR ≥ 3 (*). - En capas para formación de explanada: - Contenido en materia orgánica $< 1\%$. - Contenido en sulfatos solubles (SO_3) $< 1\%$. - Hinchamiento libre $< 1\%$.
1	SUELO ADECUADO	330	- CBR ≥ 5 (*).
2	SUELO SELECCIONADO	330	- CBR ≥ 10 (*).
3	SUELO SELECCIONADO	330	- CBR ≥ 20 .
S-EST1 S-EST2 S-EST3	SUELO ESTABILIZADO IN SITU CON CEMENTO O CON CAL	512	- Espesor mínimo: 25 cm. - Espesor máximo: 30 cm.
HM-20	HORMIGÓN DE RELLENO	610	- Espesor mínimo: 15 cm.

(*) El CBR se determinará de acuerdo con las condiciones especificadas de puesta en obra, y su valor se empleará exclusivamente para la aceptación o rechazo de los materiales a utilizar en las diferentes capas que conforman las explanaciones y obras de tierra, de acuerdo con la figura 1. Para la capa de coronación de explanadas, el suelo adecuado definido como tipo 1 deberá tener el CBR ≥ 6 y el suelo seleccionado definido como tipo 2 dispondrá de un CBR ≥ 12 .

Los materiales que se encuentran en los fondos de desmonte se consideran tolerables en su mayor parte. Los rellenos del núcleo de los terraplenes se ejecutarán con materiales procedentes de la excavación y procedentes de cantera, de tal manera que la obra de tierra subyacente tendrá las características de **suelo tolerable**.

9.2.2.1. Formación de explanada E2 con suelo tolerable

Las cuatro posibles soluciones son las que a continuación se indican:

Solución 1:

Suelo Seleccionado (Tipo 2)	75 cm
Fondo de desmonte, con suelo tolerable	

Solución 2:

S-EST2	25 cm
S-EST1	25 cm
Fondo de desmonte, con suelo tolerable	

Solución 3:

Suelo seleccionado (Tipo 2)	40 cm
Suelo Adecuado (Tipo 1)	50 cm
Fondo de desmonte, con suelo tolerable	

Solución 4:

Suelo Seleccionado (Tipo 3)	25 cm
S-EST1	25 cm
Fondo de desmonte, con suelo tolerable	

De estas cuatro alternativas, se ha realizado un análisis comparativo económico en primer lugar, con los precios de los materiales establecidos en el "Cuadro de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras", que son los que a continuación se indican.

Tabla 1.-Comparación Económica Firmes. Precios para la formación de explanada

UD	CONCEPTO	PRECIOS (Euros)
m3	Suelo Seleccionado (tipo 2) procedente de préstamo	6,67
m3	Suelo Seleccionado (tipo 3)	8,00
m3	Suelo Adecuado (tipo 1) procedente de préstamo	5,87
m3	Suelo Tolerable (tipo 0)	4,41
m3	Suelo estabilizado S-EST1 i/cal	7,25
m3	Suelo estabilizado S-EST2 i/cal o cemento	8,02
m3	Suelo estabilizado S-EST3 i/cemento	8,26
m3	Sobreexcavación en fondo de desmonte	3,35

Aplicando dichos precios a las necesidades de cada tipo de explanada, se comprueba en el cuadro siguiente que resulta más económica la construcción de explanadas con suelos estabilizados.

PRECIO		OPCIÓN 1			OPCIÓN 2			OPCIÓN 3			OPCIÓN 4		
		EXPLANADA E2 - TOLERABLE (0)			EXPLANADA E2 - TOLERABLE (0)			EXPLANADA E2 - TOLERABLE (0)			EXPLANADA E2 - TOLERABLE (0)		
		ESPEJOR	MEDICIÓN	COSTE									
S-EST 3	8,26												
S-EST 2	8,02				25 cm	0,25	2,01						
S- EST 1	7,25				25 cm	0,25	1,81				25 cm	0,25	1,81
SUELO ADECUADO (1)	5,87							50 cm	0,50	2,94			
SUELO SELECC. (2)	6,67	75 cm	0,75	5,00				40 cm	0,40	2,67			
SUELO SELECC. (3)	8,00										25 cm	0,25	2,00
TOTAL EXPLANADA				5,00			3,82			5,60			3,81

Se han de analizar, además del aspecto económico, los criterios técnicos relacionados con los aspectos constructivos, la geotecnia del terreno o las características del suelo.

Debido a que se trata de la opción más económica y a que la Norma 6.1-IC recomienda con carácter general para la capa superior utilizada en la formación de explanadas por durabilidad y consideración preferente de los suelos estabilizados in situ, con cal o cemento, frente a la aportación directa de suelos sin tratar se selecciona la Solución 2:

S-EST2	25 cm
S-EST1	25 cm
Fondo de desmonte, con suelo tolerable	

9.3. METODOLOGÍA PARA COMPARACIÓN DE SECCIONES ESTRUCTURALES DE FIRME

Para la determinación de las distintas secciones de firme se realiza la comparación de las secciones propuestas en la Norma 6.1-IC en función de los siguientes factores:

- Factores técnicos
 - Periodo de proyecto.
 - Explanada.
 - Clima.
 - Características de los materiales que componen las capas del firme.
- Factores económicos

9.3.1. FACTORES TÉCNICOS

9.3.1.1. Periodo de proyecto

El periodo de proyecto es de 20 años.

Para este periodo de proyecto, y conforme a la experiencia, habitualmente se adopta un firme flexible, semiflexible o semirrígido. Para periodos superiores a 30 años se adoptan las secciones con pavimento de hormigón.

9.3.1.2. Secciones de firme

Categoría de tráfico T32.

Conforme a la Norma 6.1-IC, las posibles secciones de firme según la categoría de tráfico a estudiar y para una explanada tipo E2 van a poder apoyarse sobre:

- Ahorras:
 - Sección 3221 → Categoría de tráfico (T32) + Explanada (E2).
- Suelo Cemento:
 - Sección 3222 → Categoría de tráfico (T32) + Explanada (E2).

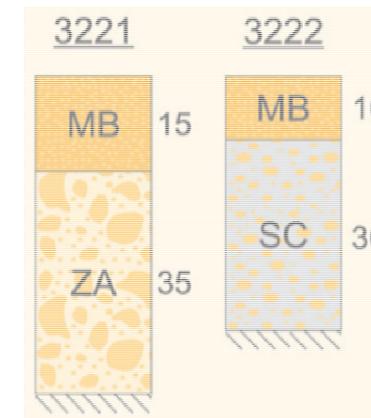


Figura 2.1 de la Norma 6.1 IC Secciones de firme

Descartaremos las secciones que contengan gravacemento, y los pavimentos de hormigón vibrado por las razones que a continuación se indican:

- 1) Debemos procurar la máxima continuidad y homogeneidad con las secciones existentes y tramos contiguos.
- 2) Es un pavimento más ruidoso que el de mezcla bituminosa, lo cual lo penaliza gravemente en el entorno urbano por donde transcorre la traza.
- 3) La disposición de un pavimento de hormigón, encarece más la solución que la mezcla bituminosa.
- 4) El mantenimiento de un pavimento de hormigón es más económico que el de la mezcla bituminosa, pero no compensa su carestía de construcción.
- 5) La experiencia en la construcción de este tipo de pavimentos es menor.

- 6) Requiere para su ejecución una maquinaria específica, la cual limita el abanico de posibles contratistas que puedan realizarlo.

Así mismo, descartamos las secciones que incluyen una capa de grava cemento por las siguientes razones:

- 1) Dificultad de ejecución, ya que la mezcla ha de ser realizada en central, evitando en el transporte a obra la segregación y pérdida de humedad. Una vez puesto el material en obra se debe compactar en una única tongada, aplicando posteriormente un riego de curado.
- 2) Este tipo de material está cayendo en desuso debido a los problemas de grietas de retracción que aparecen posteriormente a su puesta en uso.
- 3) Presenta una alta sensibilidad durante la ejecución a las altas temperaturas, debido a la pérdida excesiva de humedad que se produce (Lepe se ubica dentro de la zona pluviométrica poco lluviosa según la Norma 6.1-IC).

También descartaremos las mezclas drenantes en capas de rodadura puesto que el tramo a proyectar se encuentra en una zona pluviométrica poco lluviosa.

El resto de secciones incluidas en el catálogo de la Norma 6.1-IC "Secciones de firmes", están constituidas por capas superiores de mezcla bituminosa sobre zahorra artificial (ZA) o suelo cemento (SC). Analizamos a continuación las opciones posibles.

Técnicamente los firmes con base de zahorra artificial garantizan un mejor drenaje de las calzadas, por lo que son interesantes cuando el nivel freático es alto en las zonas de desmonte, y un mayor espesor de material granular posibilita una mejora adaptación a los asientos del terreno.

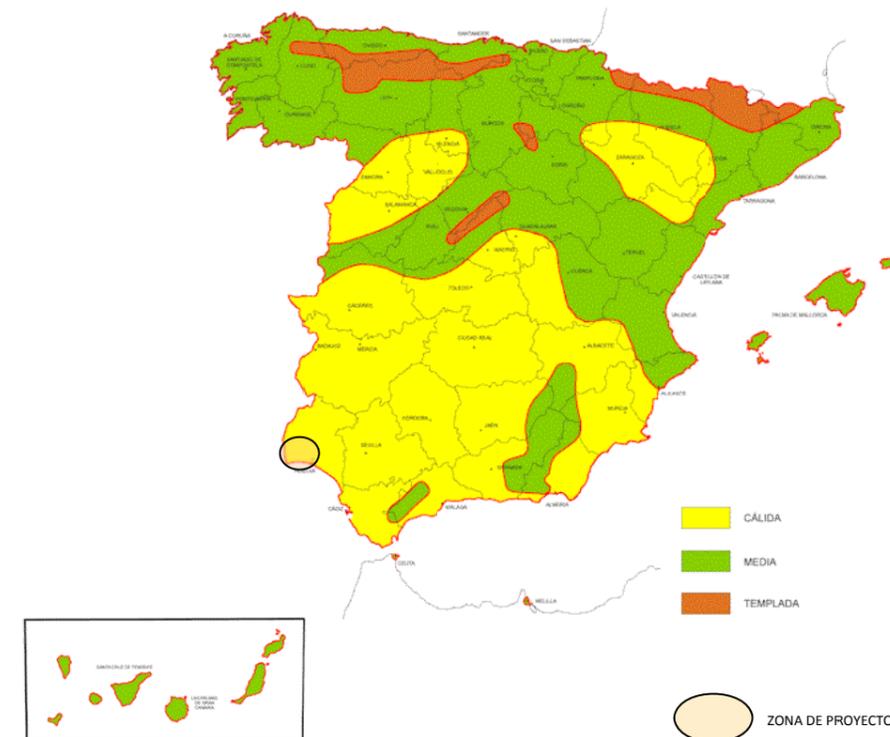
Las ventajas que presentan los firmes con suelo-cemento son una mejora estructural de la explanada, ya que se disminuye la sensibilidad a la acción del agua y se aumenta la resistencia de la sub-base al poderse compactar mejor, y permite disminuir el espesor de la mezcla bituminosa, con lo suelen ser secciones ventajosas económicamente.

Así pues, la opción a proyectar es la que a continuación se indica:

EXPLANADA E-2					
SECCIÓN	FIRME (cm)	RODADURA	INTERMEDIA	BASE	SUBBASE
3222	40		10 cm de M.B.C.		30 cm de suelo Cemento

9.3.1.3. Clima

Para la elección del tipo de ligante bituminoso, así como la relación entre su dosificación entre su dosificación en masa y la del polvo mineral, la Norma 6.1-IC señala en la Figura 3 "Zonas térmicas estivales", el mapa de las zonas climáticas de España.



El área de estudio pertenece a la **zona térmica estival cálida**, por lo que conforme a la "Orden FOM/2523/2014, modificación de determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Artículos: 542 - Mezclas bituminosas en caliente tipo Hormigón Bituminoso y 543 - Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas" y la norma 6.1 IC "Secciones de firme", se obtiene:

- a) La mezcla bituminosa en caliente tipo hormigón bituminoso a emplear en función del tipo de capa y espesor de la capa del firme será conforme a la tabla 542.9 del PG-3.

TABLA 542.9 - TIPO DE MEZCLA EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
	DENOMINACIÓN. NORMA UNE-EN 13108-1(*)	
RODADURA	AC16 surf D AC16 surf S	4 – 5
	AC22 surf D AC22 surf S	> 5
INTERMEDIA	AC22 bin D AC22 bin S AC32 bin S AC 22 bin S MAM (**)	5-10
BASE	AC32 base S AC22 base G AC32 base G AC 22 base S MAM (***)	7-15
ARCENES(****)	AC16 surf D	4-6

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

(**) Espesor mínimo seis centímetros (6 cm).

(***) Espesor máximo trece centímetros (13 cm).

(****)En el caso de que no se emplee el mismo tipo de mezcla que en la capa de rodadura de la calzada.

- b) El tipo de mezcla bituminosa en caliente discontinua o drenante a emplear en capa de rodadura en función de la categoría del tráfico y espesor de la capa de firme será conforme a la norma 6.1 IC "Secciones de firme".

Tipo de capa	Tipo de Mezcla	Categoría de tráfico pesado		
		T00 a T1	T2 y T31	T32, T41 y T42
Rodadura	PA	4 cms		
	M	3 cms	2 – 3 cm	
	F	---		
	D y S		6-5	5

- c) Dotación mínima de ligante hidrocarbonado para mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso (% en masa sobre el total del árido seco, incluido el polvo mineral).

TABLA 542.10 - DOTACIÓN MÍNIMA (*) DE LIGANTE HIDROCARBONADO

(% en masa sobre el total de la mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral)

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
RODADURA	densa y semidensa	4,50
INTERMEDIA	densa y semidensa	4,00
	alto módulo	4,50
BASE	semidensa y gruesa	4,00
	alto módulo	4,75

(*) Incluidas las tolerancias especificadas en el epígrafe 542.9.3.1. Si son necesarias, se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos.

- d) Dotación mínima de ligante hidrocarbonato para mezclas bituminosas en caliente discontinuas para capas de rodadura y drenantes(% en masa sobre el total del árido seco, incluido el polvo mineral).

TABLA 543.9 - TIPO, COMPOSICIÓN Y DOTACIÓN DE LA MEZCLA

CARACTERÍSTICA	TIPO DE MEZCLA					
	PA 11	PA 16	BBTM8B	BBTM11B	BBTM8A	BBTM11A
DOTACIÓN MEDIA DE MEZCLA (kg/m ²)	75-90	95-110	35-50	55-70	40-55	65-80
DOTACIÓN MÍNIMA(*) DE LIGANTE (% en masa sobre el total de la mezcla)	4,30		4,75		5,20	
LIGANTE RESIDUAL EN RIEGO DE ADHERENCIA (kg/m ²)	FIRME NUEVO		> 0,30		> 0,25	
	FIRME ANTIGUO		> 0,40		> 0,35	

(*) Incluidas las tolerancias especificadas en el epígrafe 543.9.3.1. Si son necesarias, se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos.

- e) Relación recomendable de polvo mineral-ligante en mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso densas, semidensas y gruesas para categoría de tráfico T00 a T2, en zonas cálidas y medias, es la siguiente:

TABLA 542.11 - RELACIÓN PONDERAL (*) RECOMENDABLE DE POLVO MINERAL-LIGANTE EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

TIPO DE 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.

- f) La relación ponderal recomendable entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado (expresados ambos respecto de la masa total de árido seco, incluido el polvo mineral) determinada en la fórmula de trabajo, según el tipo de mezcla, deberá estar comprendida en los siguientes intervalos:

- Mezclas tipo BBTM A entre 1,2 y 1,6.
- Mezclas tipo BBTM B entre 1,0 y 1,2.
- Mezclas tipo PA entre 0,9 y 1,1.

- g) Proporción de partículas trituradas del árido grueso para mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso (% en masa):

TABLA 542.2.a - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS (% en masa)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y ARCENES	T4
RODADURA	100			≥ 90	≥ 70
INTERMEDIA	100			≥ 90	≥ 70 (*)
BASE	100	≥ 90	≥ 70		

(*) en vías de servicio

- h) Proporción de partículas trituradas del árido grueso para mezclas bituminosas en caliente discontinuas para capas de rodadura (% en masa).

TABLA 543.2.a - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS (% en masa)

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T00 a T31	T32 y ARCENES	T4
DISCONTINUA	100	≥ 90	≥ 70
DRENANTE			

- i) Proporción de polvo mineral de aportación para mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso (% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos).

TABLA 542.6 - PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN

(% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

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			

- j) Proporción de polvo mineral de aportación para mezclas bituminosas en caliente discontinuas para capa de rodadura (% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos).

TABLA 543.6 - PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN

(% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T00 a T2	T3, T4 y ARCENES
100	≥ 50

k) Tipo de ligante a emplear:

- o Para mezcla bituminosa en caliente tipo hormigón bituminoso:

TABLA 542.1.a - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y ARCENES	T4
CÁLIDA	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-65	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70	50/70 BC50/70	
MEDIA	35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 70/100 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	50/70 70/100 BC50/70 PMB 45/80-60				

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

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

TABLA 542.1.b - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE BASE, BAJO OTRAS DOS (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

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

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

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

- o Para mezcla bituminosa en caliente discontinua y drenante en capa de rodadura (tabla 543.1):

TABLA 543.1 - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR (*)

(Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

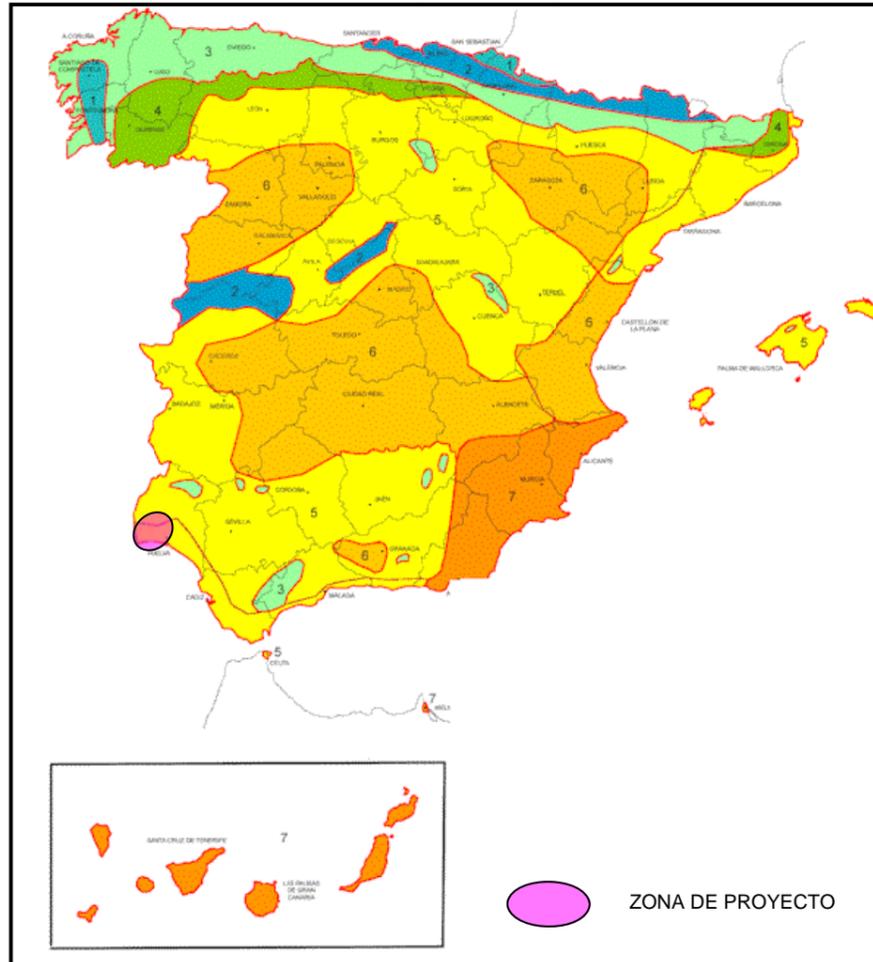
TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2 (**) y T31	T32 y ARCENES	T4
DISCONTINUA	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	
DRENANTE	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	

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

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

(**) Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías o cuando la IMD sea superior a 5 000 vehículos por día y carril.

Para la elección de la capa de rodadura deberá considerarse la Figura 4 “Zonas Pluviométricas”, definida en la Norma 6.1-IC.



ZONA PLUVIOMÉTRICA		PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)
Lluviosa	Zonas 1 a 4	≥ 600
Poco lluviosa	Zonas 5 a 7	< 600

Los valores de la tabla se han determinado por adaptación de los datos disponibles durante un período de 30 años en las estaciones principales del Instituto Nacional de Meteorología.

El área de estudio pertenece a la zona 5, zona **poco lluviosa**, con una precipitación media anual (mm) < 600. La norma indica lo siguiente, en cuanto a la capa de rodadura de mezcla bituminosa:

- No deberán proyectarse, salvo justificación en contra, pavimentos con mezcla drenante en altitudes superiores a los 1.200 m o cuando el tramo a proyectar esté comprendido en una zona poco lluviosa.

- Las mezclas drenantes sólo podrán aplicarse en carreteras sin problemas de nieve o de formación de hielo, cuyos accesos estén pavimentados, con tráfico suficiente (IMD ≥ 5.000 veh./día) y con un régimen de lluvias razonablemente constante que facilite su limpieza.

9.3.1.4. Betunes modificados con caucho

El Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso aprobado el 5 de octubre de 2001, establece que “en las obras públicas en que su utilización sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a los materiales procedentes del reciclaje de NFU”.

Según el Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Bituminosas del CEDEX, para un tráfico T1 se pueden utilizar bien Betunes Mejorados con Caucho (BC), o bien Betunes Modificados con Caucho (BMC).

Se entiende por betún mejorado con polvo de caucho al ligante hidrocarbonato resultante de la interacción físico – química de betún asfáltico, polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso y, en su caso, aditivos, que no cumplen las especificaciones de los betunes modificados de la O.C. 29/2011 sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Ligantes bituminosos y microaglomerados en frío, pero si las especificaciones establecidas en el Anejo 4 del Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Bituminosas del CEDEX. El contenido de polvo de caucho es generalmente superior al 8 % e inferior al 12 % en peso de la mezcla total.

Se entiende por betún modificado con polvo de caucho (BMC) al ligante hidrocarbonato resultante de la interacción físico – química de betún asfáltico, polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso y, en su caso, aditivos, que cumple las especificaciones de la O.C. 29/2011. El contenido de polvo de caucho suele ser superior al 12 % e inferior al 15 % en peso de la mezcla total.

Aplicación recomendada de los ligantes modificados/mejorados con caucho en capa de rodadura

Mezcla bituminosa en capa de rodadura	Tráfico	Tipo de betún recomendado
Drenante Discontinua Densa o semidensa	T00 y T0	BMC (entendiendo como tal aquel que cumple las especificaciones establecidas en el artículo 215 del PG-3), en todas las opciones expresadas en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3
	T1 y T2	BMC (entendiendo como tal aquel que cumple las especificaciones establecidas en el artículo 215 del PG-3), en todas las opciones expresadas en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3 BC (entendiendo como tal aquel que no cumple las especificaciones definidas en el Anejo 4 de este Manual), en las mismas condiciones que los betunes de penetración indicados en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3
	T3 y T4	BC (entendiendo como tal aquel que no cumple las especificaciones establecidas en el artículo 215 del PG-3 pero sí cumple las especificaciones definidas en el Anejo 4 de este Manual), en las mismas condiciones que los betunes de penetración indicados en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3

Estos betunes se podrán utilizar en todas las opciones expresadas en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3.

TABLA 542.1.a - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y ARCENES	T4
CÁLIDA	35/50	35/50	35/50	35/50	50/70 BC50/70	50/70
	BC35/50	BC35/50	50/70	50/70		
	PMB 25/55-65	PMB 25/55-65	BC35/50	BC50/70		
MEDIA	35/50	35/50	50/70	50/70	50/70 70/100 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70
	BC35/50	50/70	BC35/50	BC50/70		
	PMB 45/80-60	BC35/50	BC50/70	PMB 45/80-60		
TEMPLADA	50/70	50/70	50/70	50/70	50/70 70/100 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70
	BC50/70	70/100	70/100	70/100		
	PMB 45/80-60	BC50/70	BC50/70	PMB 45/80-60		

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

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

TABLA 542.1.b - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE BASE, BAJO OTRAS DOS (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T00	T0	T1	T2 y T3
CÁLIDA	35/50 BC35/50	50/70	35/50	50/70 BC50/70
MEDIA			BC35/50	50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA	50/70		70/100	70/100

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

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

TABLA 543.1 - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR (*)

(Artículos 211 y 212 de este Pliego, 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	

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

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

(**) Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías o cuando la IMD sea superior a 5 000 vehículos por día y carril.

9.3.1.5. Características de los materiales que componen las capas del firme

En la Norma 6.1-IC “Secciones de firmes”, se presenta un catálogo de secciones de las cuales vamos a analizar las correspondientes a:

- Explanada E-2 para categoría de tráfico T32.

Descartamos los pavimentos de hormigón vibrado por las siguientes razones:

1. Debemos procurar la máxima continuidad y homogeneidad con las secciones existentes y tramos contiguos.
2. Es un pavimento más ruidoso que el de mezcla bituminosa, lo cual lo penaliza gravemente de acuerdo al entorno donde se proyecta.
3. La disposición de un pavimento de hormigón, encarece más la solución que la mezcla bituminosa.
4. El mantenimiento de un pavimento de hormigón es más económico que el de la mezcla bituminosa, pero no compensa su carestía de construcción.
5. La experiencia en la construcción de este tipo de pavimentos es menor.
6. Requiere para su ejecución una maquinaria específica, la cual limita el abanico de posibles contratistas que puedan realizarlo.

Asimismo, descartamos las secciones que incluyen una capa de grava cemento por las siguientes razones:

1. Dificultad de ejecución, ya que la mezcla ha de ser realizada en central, evitando en el transporte a obra la segregación y pérdida de humedad. Una vez puesto el material en obra se debe compactar en una única tongada, aplicando posteriormente un riego de curado.
2. Este tipo de material está cayendo en desuso debido a los problemas de grietas de retracción que posteriormente a su puesta en uso reflejan en la rodadura del firme.
3. Presenta una alta sensibilidad durante la ejecución a las altas temperaturas, debido a la pérdida excesiva de humedad que se produce (la zona donde se encuentra dicho proyecto se ubica dentro de la zona pluviométrica poco lluviosa según la Norma 6.1-IC).

El resto de secciones incluidas en el catálogo de la Norma 6.1-IC “Secciones de firmes”, está constituida por capas superiores de mezcla bituminosa sobre zahorra artificial (ZA) o suelo cemento (SC). Analizamos a continuación las opciones posibles.

a) Mezcla bituminosa

Se emplearán exclusivamente mezclas bituminosas en caliente (según justificación del apartado anterior). El betún utilizado para dichas mezclas en la capa de rodadura será el Betún Mejorado con Caucho (BC) o el Betún Modificado con Caucho (BMC), siguiendo las recomendaciones del “Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas” siguiendo las directrices del Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso.

La mezcla bituminosa en caliente tipo hormigón bituminoso a emplear en función del tipo de capa y espesor de la capa del firme será conforme a la tabla 542.10 del PG-3. La mezcla bituminosa en caliente tipo discontinua y drenante en función de la categoría del tráfico y espesor de la capa de firme será conforme a la norma 6.1 IC “Secciones de firme”.

El tipo y composición de la *mezcla* son función principalmente del espesor definitivo, la climatología y la categoría del tráfico pesado. En el caso de la capa de rodadura, la relación entre polvo mineral y ligante será de entre 1,2 y 1,6 para mezclas discontinuas tipo BMTM A, entre 1,0 y 1,2 para mezclas discontinuas tipo BMTM B, de 1,2 para mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso y entre 0,9 y 1,1 para mezclas drenantes tipo PA. En capas intermedia y base, la relación recomendada entre el polvo mineral y ligante es de 1,1 y 1,0 en las mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso respectivamente, para el tramo en estudio.

Las características del *árido* a emplear serán las indicadas en la Orden FOM/2523/2014. Modificación de determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Artículos: 542 - Mezclas bituminosas en caliente tipo Hormigón Bituminoso y 543 - Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas”.

El *ligante* será el definido en los artículos 211 y O.C. 29/2011 del PG-3, atendiendo a las consideraciones realizadas por 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), así como en la O.C. 21bis/2009 sobre betunes mejorados y betunes modificados de alta viscosidad con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU), por lo que se empleará caucho procedente de NFU en la mejora de los betunes (los cuales pasan a denominarse con la simbología BC en lugar de B) y en los betunes modificados (que pasan a denominarse BMC en lugar de BM).

b) Suelo cemento

Consiste en la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y eventualmente adiciones, que una vez puesto en obra debe de compactar y curar.

Las propiedades de este material dependen de:

- Tipo de suelo y proporciones de cemento y agua.
- Proceso de ejecución.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Existen dos formas de ejecución de este material, in situ o en central. Existe maquinaria que escarifica y recoge el suelo de la traza, lo mezcla con cemento a la humedad óptima y lo extiende posteriormente. Se debe realizar una dosificación con porcentaje de cemento suficiente para obtener una resistencia a compresión simple a los siete (7) días no inferior a 2,5 MPa.

Se considera cemento de clase resistente 32,5 N/mm². Se utilizará un suelo-cemento tipo SC-40. Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

c) Zahorra Artificial

Material granular de geometría continua procedente de cantera o grava natural (muy limitada actualmente por condicionantes medio ambientales). Al estar compuesta por partículas de todos los tamaños es posible obtener una compacidad elevada, aumentando los puntos de contacto de los elementos entre sí y disminuyendo por tanto el riego de atrición. Los áridos de machaqueo tienen un mayor número de caras de fractura, lo que da lugar a un incremento de la rigidez del esqueleto mineral. Este material deberá estar exento de cualquier materia que pueda afectar la durabilidad de la capa, principalmente contaminación orgánica y elementos plásticos.

El coeficiente de desgaste de Los Ángeles debe ser inferior a 30, con un coeficiente de limpieza que no será inferior a dos (2) y el material no plástico. Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 510 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

d) Riego de adherencia

El apartado 6.2.1.5 de la Norma 6.1-IC, establece que entre dos capas sucesivas de mezcla bituminosa se ejecute un riego de adherencia acorde con lo indicado en el artículo 531 del PG-3, con una dotación mínima de betún residual de 0,250 kg/m² cuando la capa superior sea una mezcla discontinua en caliente.

Se ha proyectado la ejecución de estos riegos mediante el empleo de una emulsión catiónica C60B3 ADH bajo la capa de rodadura de porcentaje mínimo de betún residual del 57%, se ha previsto una dotación de 0,50 kg/m² y una emulsión C60B3 ADH con una dotación residual de 0,50 kg/m² para el riego de adherencia bajo la capa intermedia o base. Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 531 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

e) Riego de imprimación

La norma 6.1-IC especifica que sobre la capa granular que vaya a recibir una capa de mezcla bituminosa o un tratamiento superficial debemos efectuar previamente la extensión de un riego de imprimación.

Se prevé el empleo de una emulsión catiónica C50BF4 IMP con una dotación de betún residual 1,00 kg/m²: Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 530 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

f) Riego de curado

La norma 6.1-IC especifica que sobre la capa tratadas con un conglomerante hidráulico se proyectará un riego de curado (para evitar la fisuración por retracción).

Se prevé el empleo de una emulsión catiónica C60B3 CUR con una dotación de betún residual 0,30 kg/m²: Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 532 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

9.3.2. FACTORES ECONÓMICOS

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

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

Por lo que el coste total de una sección será:

$$C=C1+C2 C3+C4$$

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

El período de servicio se fija en 20 años, en toda la sección estructural estudiada.

Dado que los materiales planteados en las secciones de firme no presentan especiales dificultades de consecución ni ejecución en la zona de proyecto, el estudio económico se extenderá a todos ellos.

9.3.2.1. Costes de construcción

Se obtiene en función de las distintas capas que componen las secciones de firme a los precios de Proyecto.

9.3.2.2. Costes de conservación y rehabilitación

- a) Conservación ordinaria o preventiva

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

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

Estas operaciones son entre otras:

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

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

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

$$C_{21}^k = 0,02 * C_1$$

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

$$C_{21} = 0,02 * C_1 * \sum_{n=1}^{n=20} (1 + 0,03)^{-n} = 0,2975 * C_1$$

b) Rehabilitación

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

Se efectuará el refuerzo en el año décimo dentro del período de 20 años. El coste actualizado de estos refuerzos sería:

$$C_{22} = R * (1 + 0,03)^{-10} = 0,744 * R$$

9.3.2.3. Valor residual

Para hacer racionales las comparaciones económicas debe asignarse un valor residual a la inversión previamente realizada.

El criterio generalmente aceptado es el dado por el Standford Research Institute que lo considera igual a un porcentaje sobre el valor de la última rehabilitación.

$$V_R = \left(1 - \frac{T}{V_n}\right) R^j$$

siendo:

VR: valor residual

Rj: coste de la última rehabilitación

T: tiempo desde la última rehabilitación hasta el término del período de análisis.

Vn: vida útil de la última rehabilitación

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

9.3.2.4. Otros costes

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

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

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

$$\Delta C_4 = 0$$

9.3.2.5. Coste total

En función de los datos anteriores, mediante la suma de todos los factores se obtiene el coste total para cada una de las secciones a comparar.

Si bien, para la comparación económica realizada en el proyecto únicamente se han tenido en cuenta los costes de construcción.

9.4. SECCIONES ESTRUCTURALES DE FIRME CON TRÁFICO T32

Conforme al catálogo de Secciones Estructurales de la Norma 6.1-IC para una categoría de tráfico T32 y al tipo de explanada, las secciones estructurales propuestas como posibles soluciones son las siguientes:

- EXPLANADA E2.
- ✓ SUBBASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL

EXPLANADA E-2					
SECCIÓN	FIRME (cm)	RODADURA	INTERMEDIA	BASE	SUBBASE
3221	50	15 cm de M.B.C.			35 cm
		5 cm AC16 surf BC 50/70 S	-	10 cm AC 32 base BC 50/70 G	Zahorra artificial

EXPLANADA E-2					
SECCIÓN	FIRME (cm)	RODADURA	INTERMEDIA	BASE	SUBBASE
3221	50	15 cm de M.B.C.			35 cm
		5 cm AC16 surf BC 50/70 D	-	10 cm AC 32 base BC 50/70 G	Zahorra artificial

EXPLANADA E-2					
SECCIÓN	FIRME (cm)	RODADURA	INTERMEDIA	BASE	SUBBASE
3221	50	15 cm de M.B.C.			35 cm
		3 cm BBTM 11B PMB 45/80-60	-	12 cm AC 32 base BC 50/70 G	Zahorra artificial

- ✓ SUBBASE DE SUELO CEMENTO

EXPLANADA E-2					
SECCIÓN	FIRME (cm)	RODADURA	INTERMEDIA	BASE	SUBBASE
3222	40	10 cm de M.B.C.			30 cm
		5 cm AC16 surf BC 50/70 S	5 cm AC22 bin BC 50/70 D	-	Suelo Cemento

EXPLANADA E-2					
SECCIÓN	FIRME (cm)	RODADURA	INTERMEDIA	BASE	SUBBASE
3222	40	10 cm de M.B.C.			30 cm
		5 cm AC16 surf BC 50/70 D	5 cm AC22 bin BC 50/70 D	-	Suelo Cemento

EXPLANADA E-2					
SECCIÓN	FIRME (cm)	RODADURA	INTERMEDIA	BASE	SUBBASE
3222	40	10 cm de M.B.C.			30 cm
		3 cm BBTM 11B PMB 45/80-60	7 cm AC22 bin BC 50/70 D	-	Suelo Cemento

9.4.1. VALORACIÓN COCONÓMICA DE LAS SECCIONES ESTUDIADAS

9.4.2. PRECIOS UNITARIOS

En el Apéndice nº 1 se detallan cada uno de los precios básicos de los materiales, dosificaciones, densidades y otras relaciones, para la construcción de las distintas unidades.

9.4.3. VALORACIÓN DE LAS SECCIONES DE FIRME

A continuación se incluye un resumen del cálculo de la valoración de cada sección de firme estudiada, cuya justificación se incluye en el Apéndice nº 2.

Se consideran las siguientes densidades y dotaciones de la mezcla bituminosa a emplear:

MEZCLA BITUMINOSA	DENSIDAD (T/m ³)	DOTACIÓN LIGANTE (%)
BBTM 11B	2,35	5,00
PA 16	2,00	4,50
AC16 surf D	2,35	4,50
AC16 surf S	2,35	4,50
AC22 bin S	2,45	4,00
AC22 bin D	2,45	4,00
AC32 base G	2,42	4,00

A continuación se incluye un cuadro comparativo resumen del coste de las alternativas estudiadas para la categoría de tráfico T32.

CAPA TIPO	TRAFICO T32					
	EXPLANADA E2					
	SECCIÓN 3221			SECCIÓN 3222		
	AC 16 surf S	AC 16 surf D	BBTM 11 B	AC 16 surf S	AC 16 surf D	BBTM 11 B
MEZCLA	87,34	87,37	98,38	59,55	59,57	65,23
BETUN	66,16	66,16	74,29	45,97	45,97	50,24
FILLER	7,31	7,31	7,97	5,45	5,45	5,51
SUBBASE	72,99	74,26	77,61	90,93	91,26	90,66
RIEGOS	5,38	5,72	6,17	4,80	4,80	5,46
COSTE CONSTRUCCIÓN €/m	239,19	240,83	264,43	206,70	207,05	217,09
COSTE CONSTRUCCIÓN FIRMES €/m2	23,92	24,08	26,44	20,67	20,70	21,71
Tolerable EXPLANADA €/m2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
COSTE TOTAL	28,92	29,09	31,45	25,67	25,71	26,71

Como se puede ver, el coste de utilizar subbases granulares es mayor que si se emplea suelo-cemento, por tanto, la solución que se propone es la sección **3222 con capa de rodadura tipo AC16 Surf S, que es la más económica en su categoría.**

9.5. SOLUCIÓN ADOPTADA

El esquema de las capas que componen la sección de firme y explanada, sobre desmonte o terraplén, es el siguiente:

SECCIÓN 3222		
TRONCO. CALZADA		
CAPAS	Espesor	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD
Rodadura	5 cm	- Mezcla bituminosa discontinua en caliente, AC16 surf S (antigua S-12) - Betún BC50/70 - 100% de filler de aportación - Dotación mínima de ligante 4,50 % en masa respecto al total del árido seco - Relación ponderal polvo mineral y ligante = 1,2 - Densidad de la mezcla de 2,35 t/m ³ - Árido fino y grueso: Silíceo
Riego	---	- Adherencia: Riego de adherencia con emulsión asfáltica catiónica C60B3 ADH, dotación 0,50 Kg/m ²
Intermedia	5 cm	- Mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 bin D (antigua D-20) - Betún BC50/70 - Polvo mineral de aportación 100% - Dotación mínima de ligante 4,00% en masa respecto al total del árido seco - Relación ponderal polvo mineral y ligante = 1,10 - Densidad de la mezcla: 2,45 t/m ³ - Árido fino y grueso: Calizo
Riego		- Adherencia: Emulsión C60B3 ADH, dotación 0,50 Kg/m ²
Riego		- Curado: Emulsión C60B3 CUR, dotación 0,30 Kg/m ²
Subbase	30 cm	- Suelo Cemento

FORMACIÓN DE EXPLANADA E2	
TIPO DE SUELO DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES)	TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLEN)
TOLERABLE	TOLERABLE
CAPA	ESPESOR
Suelo Estabilizado S-EST2	0,25 m
Suelo Estabilizado S-EST1	0,25 m

Entre las capas de la explanada se extenderá un riego de curado.

Como el arcén tiene anchura superior a 1,25 m, las capas que lo conforman de acuerdo con el apartado 7.2.2 de 6.1.-I.C serán la prolongación de la capa de rodadura de la calzada, y debajo zahorra artificial hasta alcanzar la explanada cumpliendo en cualquier caso las limitaciones de espesores de las tongadas contenidas en la tabla 5 de ésta.

	Calzada	Arcén ≥ 1,25 m	
5 cm	M.B.C. AC 16 surf S B50/70	M.B.C. AC 16 surf S B50/70	5 cm
	Riego adherencia C60BP4 ADH	Zahorra Artificial	35 cm
5 cm	M.B.C. AC22 bin D (antigua D-20)		
	Riego Adherencia C60B3 ADH		
	Riego Curado C60B3 CUR		
30 cm	Suelo Cemento		
	Riego Curado C60B3 CUR		

9.5.1. CAMINOS DE SERVICIO

Se han tenido en cuenta las recomendaciones contempladas en la O.M. de 16 de Diciembre de 1997 sobre "Accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicio", donde se 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" sobre 30 cm de suelo adecuado, o de 30 cm (mínimo) de zahorras artificiales sobre 30 cm (mínimo) de suelo adecuado. La sección finalmente seleccionada es:

- 30 cm de zahorras artificiales.

- 30 cm de suelo adecuado

APÉNDICE N° 1. DATOS INICIALES

Tabla 1.-Comparación Económica Firmes. Datos Iniciales

Peso específico PA 16	2,00	Tn/m ³
Peso específico BBTM 11 B (antigua M-10)	2,35	Tn/m ³
Peso específico AC 16 surf D (antigua D-12)	2,35	Tn/m ³
Peso específico AC 16 surf S (antigua S-12)	2,35	Tn/m ³
Peso específico AC 22 surf D (antigua D-20)	2,45	Tn/m ³
Peso específico AC 22 surf S (antigua S-20)	2,45	Tn/m ³
Peso específico AC 22 bin D (antigua D-20)	2,45	Tn/m ³
Peso específico AC 22 bin S (antigua S-20)	2,45	Tn/m ³
Peso específico AC 32 base G (antigua G-25)	2,42	Tn/m ³
Peso específico AC 22 base G (antigua G-20)	2,33	Tn/m ³
Peso específico S-EST1	2,00	Tn/m ³
Peso específico S-EST1	2,00	Tn/m ³
Peso específico Suelocemento	2,30	Tn/m ³
% en peso de betún modificado BMC-3b en PA 16 PMB 45/80 – 60	4,50	%
% en peso de betún modificado BMC-3b en BBTM 11 B (antigua M-10)	5,00	%
% en peso de betún AC16 surf D (antigua D-12)	4,50	%
% en peso de betún AC 16 surf S (antigua S-12)	4,50	%
% en peso de betún AC 22 surf D (antigua D-20)	4,50	%
% en peso de betún AC 22 surf S (antigua S-20)	4,50	%
% en peso de betún AC 22 bin D (antigua D-20)	4,00	%
% en peso de betún AC 22 bin S (antigua S-20)	4,00	%
% en peso de betún AC 32 base G (antigua G-25)	4,00	%
% en peso de betún AC 22 base G (antigua G-20)	4,00	%
% en peso de cemento en S-EST1	2,00	%
% en peso de cemento en S-EST2	3,00	%
% en peso de cemento en suelocemento	3,00	%
Relación filler/betún en rodadura BBTM B y S-D	1,20	
Relación filler/betún en rodadura PA	1,10	
Relación filler/betún en intermedia	1,10	
Relación filler/betún en base	1,00	
Cemento en suelo cemento	100,00	Kg/m ³
Cemento en grava cemento	100,00	Kg/m ³
Dotación de emulsión en R. Adherencia C60BP3 ADH	0,50	Kg/m ²
Dotación de emulsión en R. Adherencia C60B3 ADH	0,50	Kg/m ²
Dotación de emulsión en R. Curado C60B3 CUR	0,30	Kg/m ²
Dotación de emulsión en R. Imprimación C50BF4 IMP	1,00	Kg/m ²

Tabla 2.-Comparación Económica Firmes. Precios para la sección de firmes

UD	CONCEPTO	PRECIOS (Euros)
m3	Zahorra Artificial bajo el firme	18,19
m3	Zahorra Artificial drenante	24,30
t	Mezcla bituminosa drenante PA 16 (rodadura 4cms)	31,00
t	Mezcla bituminosa disontinua en caliente BBTM 11B (rodadura 3cms)	27,38
t	Mezcla bituminosa en caliente AC 16 surf S (S-12 rodadura)	26,50
t	Mezcla bituminosa en caliente AC 16 surf D (D-12 rodadura)	26,52
t	Mezcla bituminosa en caliente AC 22 surf S (S-20 rodadura)	26,13
t	Mezcla bituminosa en caliente AC 22 surf D (D-20 rodadura)	26,51
t	Mezcla bituminosa en caliente AC22 bin S (S-20 intermedia)	26,44
t	Mezcla bituminosa en caliente AC22 bin D (D-20 intermedia)	26,51
t	Mezcla bituminosa en caliente AC32 base G (G-25 base)	26,47
t	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO PROCEDENTE DE POLVO DE NFS, TIPO BC50/70 (Betún asfáltico BC(35/50))	480,00
t	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO PROCEDENTE DE POLVO DE NFS, TIPO BC50/70 (Betún asfáltico BC(50/70))	480,00
t	BETÚN MODIFICADO CON POLÍMEROS (CON O SIN CAUCHO) TIPO PMB 45/80-60 (Betún modificado BMC-3b)	530,00
t	BETÚN MODIFICADO CON POLÍMEROS (CON O SIN CAUCHO) TIPO PMB 45/80-65 (Betún modificado BMC-3c)	540,00
t	Betún asfáltico B(50/70)	440,00
t	Filler (Polvo mineral de aportación)	49,27
m3	Suelo estabilizado S-EST1	3,70
m3	Suelo estabilizado S-EST2	3,70
m3	Suelo-cemento SC-40	21,81
t	Cemento	71,18
m2	EMULSIÓN C50BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN. Dotación 1 kg/m2 (Riego de imprimación (ECI con dotación residual 1 kg/m2))	0,36
m2	EMULSIÓN C60B3 CUR EN RIEGOS DE CURADO (Riego de curado (ECR-1 con dotación residual 0,30 kg/m2))	0,11
m2	EMULSIÓN C60BP3 ADH, MOD CON POLÍMEROS, EN RIEGOS DE ADHERENCIA (Riego de adherencia (ECR-1m con dotación residual 0,5 kg/m2))	0,22
m2	EMULSIÓN C60B3 ADH EN RIEGOS DE ADHERENCIA (Riego de adherencia (ECR-1 con dotación residual 0,5 kg/m2))	0,18

APÉNDICE N° 2. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS SECCIONES DE FIRME

SECCIÓN TIPO: 3221

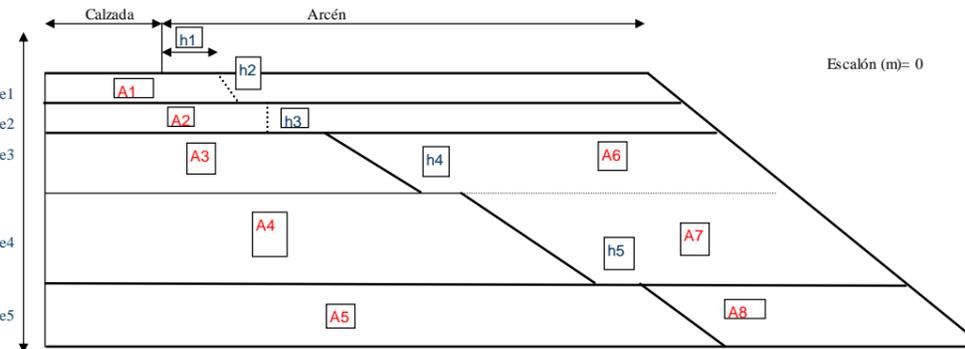
PRECIO Euros/ml	
	239,19
PRECIO Euros/m2	
	23,92

MBC

CATEGORÍA DE TRÁFICO T32

CATEGORÍA DE EXPLANADA E2

TIPO DE VIARIO : TRONCO
 CALZADA : 7,00
 ARCEN DERECHO: 1,50
 ARCEN IZQUIERDO: 1,50



CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	dens.	% Betún	F/B	MEZCLA			BETUN			FILLER		
						Lm x e (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Mezcla * Betún (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Betún * F/B (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml
Rodadura: AC 16 surf S (S-12) Betún tipo: BC 50/70	10,05	0,05	2,35	4,50	1,20	1,180875	26,50	31,29	0,053139375	480,00	25,51	0,06376725	49,27	3,14
Base: AC32 base G (G-25) Betún tipo: BC 50/70	8,75	0,10	2,42	4,00	1,00	2,1175	26,47	56,05	0,0847	480,00	40,66	0,0847	49,27	4,17
							SUMA	87,34		SUMA	66,16		SUMA	7,31

SUBBASE

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	Lm x e (m³/ml)	Euros/m³	Euros/ml
Subbase: Zahorra Artificial En Calzada y Arcén Interior	9,40	0,35	3,29	18,19	59,85
En Arcén Exterior	1,55	0,20	0,31	18,19	5,64
	1,65	0,25	0,4125	18,19	7,50
			SUMA		72,99

RIEGOS

RIEGOS	L(m)	Euros/m2xm	Euros/ml
ADHERENCIA Sobre base	8,65	0,18	1,60
IMPRIMACIÓN Sobre subbase	9,05	0,36	3,23
Sobre subbase arcén	1,55	0,36	0,55
		SUMA	5,38

PG3 Dotación Riego adherencia 250g/m2
 Dotación Riego curado 300g/m3

Talud Derrames H-V		1
Longitud capas	Espesor	
MBC Rodadura (e1)	0,05	
Intermedia (e2)	0,00	
Base (e3 + e4)	0,10	
Subbase Tongada 1 (e3 + e4)	0,35	0,20
Tongada 2 (e5)		0,25

Borde de Calzada					Borde de Arcén				
L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf	L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf
8,50	0,00	0,05	8,50	8,55	10,00	0,00	0,05	10,00	10,10
8,50	0,00	0,00	8,55	8,55					
8,50	0,05	0,10	8,65	8,85					
8,50	0,10	0,35	9,05	9,75	10,00	0,10	0,20	10,20	10,60
8,50		0,00			10,00	0,10	0,25	10,70	11,20

Sobrancho: h1, h2, h3, h4 y h5

RESUMEN

CAPA TIPO	e (m)
Rodadura: AC 16 surf S (S-12) Betún tipo: BC 50/70	0,05
Base: AC32 base G (G-25) Betún tipo: BC 50/70	0,10
Subbase: Zahorra Artificial En Calzada y Arcén Interior	0,35
En Arcén Exterior	0,20
	0,25

SECCIÓN TIPO: 3221

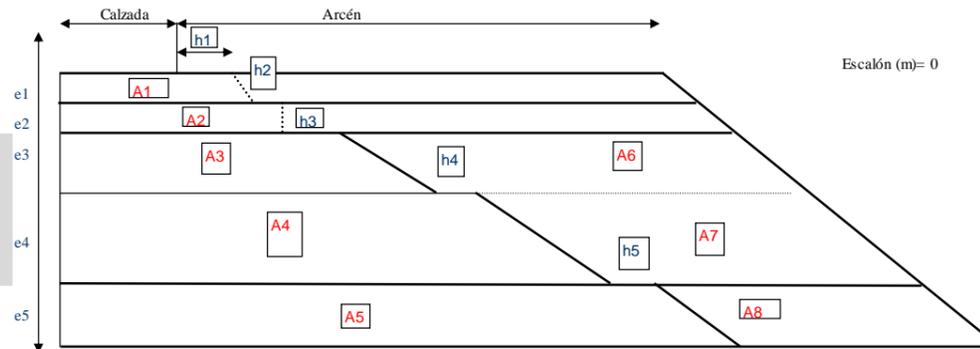
PRECIO Euros/ml	
	240,83
PRECIO Euros/m2	
	24,08

MBC

CATEGORÍA DE TRÁFICO T32

CATEGORÍA DE EXPLANADA E2

TIPO DE VIARIO : TRONCO
 CALZADA : 7,00
 ARCEN DERECHO: 1,50
 ARCEN IZQUIERDO: 1,50



CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	dens.	% Betún	F/B	MEZCLA			BETUN			FILLER		
						Lm x e (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Mezcla * Betún (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Betún * F/B (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml
Rodadura: AC 16 surf D (D-12) Betún tipo: BC 50/70	10,05	0,05	2,35	4,50	1,20	1,180875	26,52	31,32	0,053139375	480,00	25,51	0,06376725	49,27	3,14
Base : AC32 base G (G-25) Betún tipo: BC 50/70	8,75	0,10	2,42	4,00	1,00	2,1175	26,47	56,05	0,0847	480,00	40,66	0,0847	49,27	4,17
							SUMA	87,37		SUMA	66,16		SUMA	7,31

SUBBASE

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	Lm x e (m³/ml)	Euros/m³	Euros/ml
Subbase: Zahorra Artificial En Calzada y Arcén Interior	9,40	0,35	3,29	18,19	59,85
En Arcén Exterior	1,65	0,20	0,33	18,19	6,00
	1,85	0,25	0,4625	18,19	8,41
			SUMA		74,26

RIEGOS

RIEGOS	L(m)	Euros/m2xm	Euros/ml
ADHERENCIA Sobre base	10,30	0,18	1,90
IMPRIMACIÓN Sobre subbase	9,05	0,36	3,23
Sobre subbase arcén	1,65	0,36	0,59
	SUMA		5,72

PG3 Dotación Riego adherencia 250g/m2
 Dotación Riego curado 300g/m3

Talud Derrames H-V 1

Longitud capas	Espesor
MBC Rodadura (e1)	0,05
Intermedia (e2)	0,00
Base (e3 + e4)	0,10
Subbase Tongada 1 (e3 + e4)	0,35
Tongada 2 (e5)	0,00
	0,25

Borde de Calzada					Borde de Arcén				
L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf	L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf
8,50	0,00	0,05	8,50	8,55	10,00	0,00	0,05	10,00	10,10
8,50	0,00	0,00	8,55	8,55					
8,50	0,05	0,10	8,65	8,85					
8,50	0,10	0,35	9,05	9,75	10,00	0,10	0,20	10,30	10,70
8,50		0,00			10,00	0,10	0,25	10,90	11,40

Sobrancho: h1, h2, h3, h4 y h5

RESUMEN

CAPA TIPO	e (m)
Rodadura: AC 16 surf D (D-12) Betún tipo: BC 50/70	0,05
Base : AC32 base G (G-25) Betún tipo: BC 50/70	0,10
Subbase: Zahorra Artificial En Calzada y Arcén Interior	0,35
En Arcén Exterior	0,20
	0,25

SECCIÓN TIPO: 3221

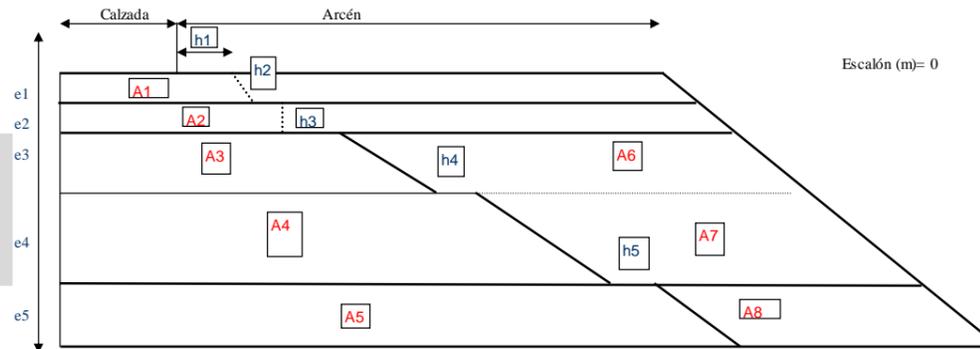
PRECIO Euros/ml	
	264,43
PRECIO Euros/m2	
	26,44

MBC

CATEGORÍA DE TRÁFICO T32

CATEGORÍA DE EXPLANADA E2

TIPO DE VIARIO : RAMAL
 CALZADA : 7,00
 ARCEN DERECHO: 1,50
 ARCEN IZQUIERDO: 1,50



CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	dens.	% Betún	F/B	MEZCLA			BETUN			FILLER		
						Lm x e (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Mezcla * Betún (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Betún * F/B (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml
Rodadura: BBTM 11 B(M-10) Betún tipo: BC 50/70 Base: AC32 base G(G-25) Betún tipo: BC 50/70	10,03	0,03	2,35	5,00	1,20	0,707115	27,38	19,36	0,03535575	480,00	16,97	0,0424269	49,27	2,09
	10,28	0,12	2,42	4,00	1,00	2,985312	26,47	79,02	0,11941248	480,00	57,32	0,11941248	49,27	5,88
							SUMA	98,38		SUMA	74,29		SUMA	7,97

SUBBASE

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	Lm x e (m³/ml)	Euros/m³	Euros/ml
Subbase: Zahorra Artificial En Calzada y Arcén Interior	9,25	0,35	3,2375	18,19	58,89
En Arcén Exterior	2,02	0,22	0,4444	18,19	8,08
	2,34	0,25	0,585	18,19	10,64
			SUMA		77,61

RIEGOS

RIEGOS	L(m)	Euros/m2xm	Euros/ml
ADHERENCIA Sobre base	10,16	0,22	2,27
IMPRIMACIÓN Sobre subbase	8,90	0,36	3,18
Sobre subbase arcén	2,02	0,36	0,72
		SUMA	6,17

Talud Derrames H-V		1	
Longitud capas		Espesor	
MBC	Rodadura (e1)	0,03	
	Intermedia (e2)	0,00	
	Base (e3 + e4)	0,12	
Subbase	Tongada 1 (e3 + e4)	0,35	0,22
	Tongada 2 (e5)		0,25

Borde de Calzada					Borde de Arcén				
L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf	L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf
8,50	0,00	0,03	8,50	8,53	10,00	0,00	0,03	10,00	10,06
8,50	0,00	0,00	8,53	8,53	10,00	0,00	0,00	10,06	10,06
8,50	0,05	0,12	8,58	8,70	10,00	0,05	0,12	10,16	10,40
8,50	0,10	0,35	8,90	9,60	10,00	0,10	0,22	10,60	11,04
8,50		0,00			10,00	0,10	0,25	11,24	11,74

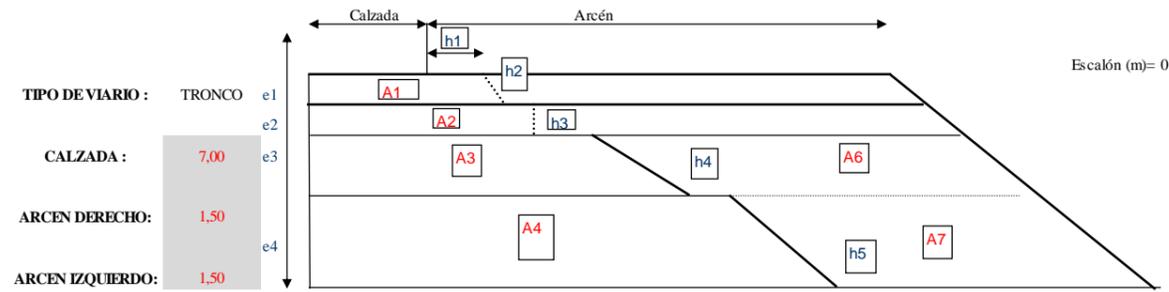
Sobrancho: h1, h2, h3, h4 y h5

RESUMEN

CAPA TIPO	e (m)
Rodadura: BBTM 11 B(M-10) Betún tipo: BC 50/70 Base: AC32 base G(G-25) Betún tipo: BC 50/70	0,12
Subbase: Zahorra Artificial En Calzada y Arcén Interior	0,35
En Arcén Exterior	0,22
	0,25

SECCIÓN TIPO: 3222

PRECIO Euros/ml	
	206,70
PRECIO Euros/m2	
	20,67



MBC	
CATEGORÍA DE TRÁFICO	T32
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E2

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	dens.	% Betún	F/B	MEZCLA			BETUN			FILLER		
						Lm x e x dens (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Mezcla * Betún (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Betún * F/B (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml
Rodadura: AC 16 surf S (S-12) Betún tipo: BC 50/70	10,05	0,05	2,35	4,50	1,20	1,180875	26,50	31,29	0,053139375	480,00	25,51	0,06376725	49,27	3,14
Intermedia: AC22 bin D (D-20) Betún tipo: BC 50/70	8,70	0,05	2,45	4,00	1,10	1,06575	26,51	28,25	0,04263	480,00	20,46	0,046893	49,27	2,31
						SUMA		59,55		SUMA	45,97		SUMA	5,45

SUBBASE

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	SUELO INC. CEMENTO		
			Lm x e (m3/ml)	Euros/m3	Euros/ml
Subbase: SC					
En Calzada y Arcén Interior	9,25	0,30	2,775	28,93	80,28
En Arcén Exterior (ZA)	1,55	0,17	0,2635	18,19	4,79
	1,79	0,18	0,3222	18,19	5,86
			SUMA		90,93

RIEGOS

RIEGOS	L(m)	Euros/m2xm	Euros/ml
ADHERENCIA			
Sobre intermedia	8,65	0,18	1,60
Sobre subbase	8,95	0,18	1,65
CURADO			
Sobre subbase	8,95	0,11	0,99
IMPRIMACIÓN			
Sobre subbase arcén	1,55	0,36	0,55
		SUMA	4,80

PG3 Dotación Riego adherencia 250g/m2
Dotación Riego curado 300g/m3

Talud Derrames H:V 1

Longitud capas	Espesor
Rodadura (e1)	0,05
MBC Intermedia (e2)	0,05
Base (e3)	
Subbase Tongada 1	0,30
Tongada 2	0,00
	0,17
	0,18

Borde de Calzada					Borde de Arcén				
L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf	L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf
8,50	0,00	0,05	8,50	8,55	10,00	0,00	0,05	10,00	10,10
8,50	0,05	0,05	8,65	8,75					
8,50	0,00	0,00	8,75	8,75					
8,50	0,10	0,30	8,95	9,55	10,00	0,10	0,17	10,30	10,64
8,50		0,00			10,00	0,10	0,18	10,74	10,92

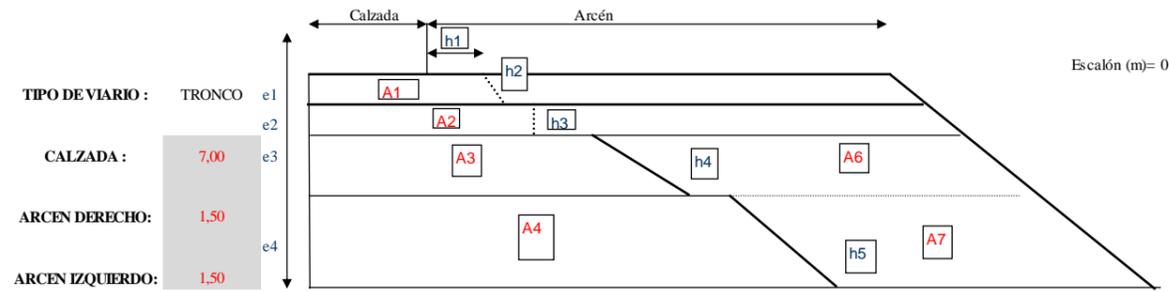
Sobrancho: h1, h2, h3, h4 y h5

RESUMEN

CAPA TIPO	e (m)
Rodadura: AC 16 surf S (S-12) Betún tipo: BC 50/70	0,05
Intermedia: AC22 bin D (D-20) Betún tipo: BC 50/70	0,05
Subbase: SC	
En Calzada y Arcén Interior	0,30
En Arcén Exterior (ZA)	0,17
	0,18

SECCIÓN TIPO: 3222

PRECIO Euros/ml	207,05
PRECIO Euros/m2	20,70



MBC	
CATEGORÍA DE TRÁFICO	T32
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E2

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	dens.	% Betún	F/B	MEZCLA			BETUN			FILLER		
						Lm x e x dens (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Mezcla * Betún (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Betún * F/B (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml
Rodadura: AC 16 surf D Betún tipo: BC 50/70	10,05	0,05	2,35	4,50	1,20	1,180875	26,52	31,32	0,053139375	480,00	25,51	0,06376725	49,27	3,14
Intermedia: AC22 bin D (D-20) Betún tipo: BC 50/70	8,70	0,05	2,45	4,00	1,10	1,06575	26,51	28,25	0,04263	480,00	20,46	0,046893	49,27	2,31
						SUMA		59,57		SUMA	45,97		SUMA	5,45

SUBBASE

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	SUELO INC. CEMENTO		
			Lm x e (m3/ml)	Euros/m3	Euros/ml
Subbase: SC En Calzada y Arcén Interior	9,25	0,30	2,775	28,93	80,28
En Arcén Exterior (ZA)	1,55	0,17	0,2635	18,19	4,79
	1,89	0,18	0,3402	18,19	6,19
			SUMA		91,26

RIEGOS

RIEGOS	L(m)	Euros/m2xm	Euros/ml
ADHERENCIA			
Sobre intermedia	8,65	0,18	1,60
Sobre subbase	8,95	0,18	1,65
CURADO			
Sobre subbase	8,95	0,11	0,99
IMPRIMACIÓN			
Sobre subbase arcén	1,55	0,36	0,55
		SUMA	4,80

PG3 Dotación Riego adherencia 250g/m2
Dotación Riego curado 300g/m3

Talud Derrames H:V 1

Longitud capas	Espesor
MBC Rodadura (e1)	0,05
MBC Intermedia (e2)	0,05
MBC Base (e3)	
Subbase Tongada 1	0,30
Tongada 2	0,00

Borde de Calzada					Borde de Arcén				
L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf	L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf
8,50	0,00	0,05	8,50	8,55	10,00	0,00	0,05	10,00	10,10
8,50	0,05	0,05	8,65	8,75					
8,50	0,00	0,00	8,75	8,75					
8,50	0,10	0,30	8,95	9,55	10,00	0,10	0,17	10,30	10,64
8,50		0,00			10,00	0,10	0,18	10,84	11,20

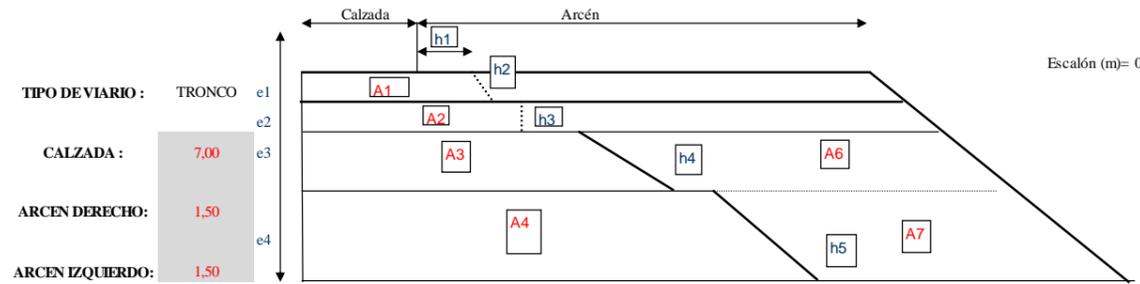
Sobrancho: h1, h2, h3, h4 y h5

RESUMEN

CAPA TIPO	e (m)
Rodadura: AC 16 surf D Betún tipo: BC 50/70	0,05
Intermedia: AC22 bin D (D-20) Betún tipo: BC 50/70	0,05
Subbase: SC En Calzada y Arcén Interior	0,30
En Arcén Exterior (ZA)	0,17
	0,18

SECCIÓN TIPO: 3222

PRECIO Euros/ml	
	217,09
PRECIO Euros/m2	
	21,71



MBC

CATEGORÍA DE TRÁFICO	T32
----------------------	-----

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E2
------------------------	----

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	dens.	% Betún	F/B	MEZCLA			BETUN			FILLER		
						Lm x e x dens (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Mezcla * Betún (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Betún * F/B (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml
Rodadura: BBTM 11 B(M-10)	10,03	0,03	2,35	5,00	1,20	0,707115	27,38	19,36	0,03535575	480,00	16,97	0,0424269	49,27	2,09
Betún tipo: BC 50/70														
Base: AC32 base G (G-25)	10,23	0,07	2,42	4,00	1,00	1,732962	26,47	45,87	0,06931848	480,00	33,27	0,06931848	49,27	3,42
Betún tipo: BC 50/70														
							SUMA	65,23		SUMA	50,24		SUMA	5,51

SUBBASE

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	SUELO INC. CEMENTO		
			Lm x e (m3/ml)	Euros/m3	Euros/ml
Subbase: SC					
En Calzada y Arcén Interior	9,15	0,30	2,745	28,93	79,41
En Arcén Exterior (ZA)	1,58	0,17	0,2686	18,19	4,89
	1,75	0,20	0,35	18,19	6,37
				SUMA	90,66

RIEGOS

RIEGOS	L(m)	Euros/m2xm	Euros/ml
ADHERENCIA			
Sobre base	10,16	0,22	2,27
ADHERENCIA			
Sobre subbase	8,85	0,18	1,64
CURADO			
Sobre subbase	8,85	0,11	0,98
IMPRIMACIÓN			
Sobre subbase arcén	1,58	0,36	0,56
		SUMA	5,46

PG3 Dotación Riego adherencia 250g/m2
Dotación Riego curado 300g/m3

Talud Derrames H:V 1

Longitud capas	Espesor	
MBC Rodadura (e1)	0,03	
MBC Intermedia (e2)	0,00	
MBC Base (e3)	0,07	
Subbase Tongada 1	0,30	0,17
Tongada 2	0,00	0,20

Borde de Calzada					Borde de Arcén				
L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf	L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf
8,50	0,00	0,03	8,50	8,53	10,00	0,00	0,03	10,00	10,06
8,50	0,00	0,00	8,53	8,53	10,00	0,00	0,00	10,06	10,06
8,50	0,05	0,07	8,58	8,65	10,00	0,05	0,07	10,16	10,30
8,50	0,10	0,30	8,85	9,45	10,00	0,10	0,17	10,16	10,50
8,50		0,00			10,00	0,10	0,20	10,60	11,00

Sobrancho: h1, h2, h3, h4 y h5

RESUMEN

CAPA TIPO	e (m)
Rodadura: BBTM 11 B(M-10)	0,03
Betún tipo: BC 50/70	
Base: AC32 base G (G-25)	0,07
Betún tipo: BC 50/70	
Subbase: SC	
En Calzada y Arcén Interior	0,30
En Arcén Exterior (ZA)	0,17
	0,20