

ANEJO 10: FIRMES Y PAVIMENTOS

INDICE

1.-	INTRODUCCIÓN Y OBJETO.....	3
2.-	ENCUADRE GEOTÉCNICO.....	3
2.1.-	INTRODUCCIÓN.....	3
2.2.-	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS DEPOSITOS DE MARISMA.....	4
2.3.-	MARCO HIDROGEOLOGICO.....	4
3.-	TRÁFICO.....	4
4.-	FORMACIÓN DE LA EXPLANADA.....	6
4.1.-	CATEGORÍA DE EXPLANADA.....	6
4.2.-	EXPLANADAS PROPUESTAS.....	6
4.2.1.-	Conclusión.....	7
4.2.2.-	Croquis aclaratorios.....	8
5.-	ESTUDIO DE SECCIONES DE FIRME.....	9
5.1.-	CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....	9
5.1.1.-	Consideraciones acerca del empleo de secciones con pavimento de hormigón.....	9
5.1.2.-	Consideraciones acerca del empleo de secciones con capas de suelo-cemento y grava-cemento.....	9
5.1.3.-	Consideraciones acerca del empleo de secciones de firme flexible sobre base granular.....	9
5.1.4.-	Consideraciones acerca del empleo de Mezclas Semidensas.....	9
5.1.5.-	Consideraciones acerca del empleo de betunes.....	10
5.1.6.-	Consideraciones acerca del empleo de betunes y mezclas con caucho procedente de NFU.....	11
5.1.7.-	Consideraciones acerca del empleo de mezclas "Fonoabsorbentes".....	12
5.2.-	COMPARATIVA ECONÓMICA.....	12
5.3.-	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO Y SECCIÓN ADOPTADA.....	17
6.-	COMPOSICIÓN DE LAS SECCIONES DE FIRME ADOPTADAS.....	18
6.1.-	SECCIÓN DE FIRME 031.....	18
6.2.-	SECCIÓN DE FIRME 131.....	19
6.3.-	SECCIÓN DE FIRME 231.....	19
6.4.-	SECCIÓN DE FIRME 4131.....	20
6.5.-	SECCIÓN TIPO DE ESTRUCTURAS.....	20
6.6.-	SECCIÓN TIPO DE CAMINOS.....	21
6.7.-	SECCIÓN TIPO DE LA VÍA VERDE.....	21
7.-	CALZADAS EXISTENTES Y FIRMES EN ENSANCHES DE PLATAFORMAS.....	21
7.1.-	INVENTARIO DE FIRMES DEL MINISTERIO DE FOMENTO.....	21
7.2.-	TESTIGOS DE FIRME EJECUTADOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO.....	22

7.3.-	CONCLUSIONES OBTENIDAS.....	22
7.4.-	ACTUACIONES EN AMPLIACIONES DE CALZADAS EXISTENTES.....	23
7.4.1.-	Fisuración del firme.....	23
7.4.2.-	Drenaje de las capas de firme.....	23
7.5.-	TRATAMIENTO MÍNIMO SOBRE LAS CALZADAS EXISTENTES.....	24
8.-	DESVÍOS PROVISIONALES NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	25
8.1.-	TRÁFICO.....	26
8.2.-	TIPO DE EXPLANADA.....	26
8.3.-	SECCIÓN DE FIRME.....	26
9.-	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	27
APÉNDICE 1. INFORME JUSTIFICATIVO DE LA PROPUESTA DE FORMACIÓN DE EXPLANADA.....		
1.-	INFORME JUSTIFICATIVO DE LA PROPUESTA DE FORMACIÓN DE EXPLANADA.....	31
1.1.-	ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DE OTRAS ACTUACIONES EN EL ENTORNO.....	31
1.1.1.-	Proyecto Modificado Nº1 de la duplicación de calzada la CN-340 y variante de Chiclana p.k.0 al 9+470. (A-48 actual).....	31
1.1.2.-	Duplicación de calzada Vte. de Puerto Real. CN-IV p.k. 660,2 al 664,88.....	33
1.1.3.-	Duplicación de la CN-IV. pk. 664,8 al 671,8. Tramo: Final de la Variante de Puerto Real – Tres Caminos.....	35
1.1.4.-	Proyectos del tranvía. Tramos Chiclana-Caño Zurraque y caño Zurraque-San Fernando.....	37
1.2.-	PROPUESTA DE FORMACIÓN DE EXPLANADA.....	38
1.2.1.-	Tráfico.....	38
1.2.2.-	Categoría de explanada.....	39
1.2.3.-	Formación de explanada.....	39
1.2.4.-	Conclusión.....	40
1.2.5.-	Esquemas aclaratorios.....	41
ANEXO Nº1 CÁLCULOS ANALÍTICOS.....		
APÉNDICE Nº 2: DATOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE FIRMES (SGP). INVENTARIO DE PAQUETES DE FIRME.....		
APÉNDICE Nº 3. REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE TESTIGOS DEL FIRME REALIZADOS.....		
APÉNDICE Nº 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE GEOSINTÉTICOS A DISPONER EN ENSANCHES DE CALZADA.....		

ANEJO 10: FIRMES Y PAVIMENTOS

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En este anejo se va a realizar la propuesta de explanada y firme para los diferentes viales que conforman la actuación del acondicionamiento del Enlace de Tres Caminos.

El enlace se localiza en la intersección de las carreteras A-48, CA-33 y la nueva A-4 duplicada, en el interior del triángulo que tienen por vértices las localidades de San Fernando, Chiclana de la Frontera y Puerto Real, en la provincia de Cádiz. Como se verá más adelante, se trata de terrenos de marismas, encuadrados en el Parque de la Bahía de Cádiz, geotécnicamente adversos e inestables, que obliga a un minucioso estudio de explanadas.

En la actualidad, y después de la duplicación de la carretera A-4 (Barrio de Jarana), el enlace de Tres Caminos ha quedado obsoleto y escaso de capacidad, con lo que se convierte en un cuello de botella para el importante tráfico existente en la zona. Especialmente problemáticos, sobre todo fines de semana y en época estival, son los movimientos San Fernando-Chiclana y Chiclana-Sevilla.

Hay que tener en cuenta que las carreteras comunicadas con el enlace son todas autovías, la A-4, CA-33 y la A-48, de calzadas separadas y dos carriles por sentido, y que los ramales existentes presentan únicamente un carril por sentido. La presencia de estas autovías existentes rigidiza la solución en cuanto a planta general adoptada, pues se obliga a conectar los ramales con dichas carreteras A-4, CA-33 y A-48.

Igualmente, la plataforma de la A-48 presenta una densidad de tráfico muy considerable, con dos calzadas de dos carriles por sentido, igualmente presenta dificultades en cuanto a niveles de servicio y densidad de circulación.

Por tanto, con las obras de duplicación de la A-4 el enlace de Tres Caminos ha quedado sobrecargado, con posibilidad de fuertes retenciones y bruscas reducciones de velocidad en la entrada de la A-4 al actual enlace, que actúa como embudo viario al disponer los ramales más sobrecargados únicamente de un carril de circulación y de condición de parada en los accesos a las carreteras A-48 y CA-33, que constituyen el itinerario proyectado. Estos antecedentes justifican de manera sobrada la necesidad de realizar la actuación que nos ocupa.

Las actuaciones por consiguiente que se llevarán a cabo son, por un lado, la ejecución de nuevos viales y ramales en el enlace de Tres Caminos, y por otro la ampliación de plataformas existentes, especialmente la plataforma de la A-48, que se amplía de dos a tres carriles, con la necesidad de mantener el tráfico durante las obras.

En los siguientes apartados se van a analizar y valorar los diferentes condicionantes que se tienen para la formación de explanada en ambos casos, las prescripciones que impone la Normativa Vigente de Firmes y las dificultades técnicas para su total aplicación, debido a las particularidades geológico-geotécnicas de la zona de obras.

Se hace por tanto necesario un análisis particularizado de la sección tipo a adoptar de los diferentes ejes, análisis que englobará todos los conceptos que van a influir en la decisión de la idoneidad del encaje de la sección tipo planteada. Así, se analizarán variables de geología y geotecnia, tráfico, hidrología, otras actuaciones, etc... para determinar qué sección tipo será más funcional y permitirá una mayor durabilidad de la obra. Se respetarán las prescripciones indicadas en la Normativa 6.1 I-C de secciones de firme, si bien en algunos casos no se podrán implantar escrupulosamente las formaciones de explanada indicadas en ella, por los condicionantes particulares, como se verá más adelante.

Como se verá más adelante, el objetivo principal es el de realizar secciones de explanada y firme que por un lado sean flexibles debido a las malas características del terreno natural subyacente, eliminando cualquier tipo de rigidez que pudiera dar lugar a roturas importantes, y por otro, que no sea vulnerables a la presencia del agua superficial y las carreras mareales.

2.- ENCUADRE GEOTÉCNICO

2.1.- INTRODUCCIÓN

El principal condicionante geotécnico que debe enfrentar la explanada proyectada es su apoyo sobre suelos blandos, en adelante nombrados como depósitos de marisma, de características resistentes muy pobres y en los que son esperables, aún para alturas de relleno o cargas externas muy pequeñas, importantes asientos tanto totales como diferenciales. Aunque se prevén medidas de mejora para limitar el grado de deformación esperable, el diseño de terraplenes, explanadas y firmes debe contar con la incidencia de este fenómeno.

A este problema de asientos debemos añadir la presencia de agua muy superficial en amplias zonas afectadas por el proyecto, lo que condiciona el tipo de material que se debe colocar en las capas más próximas al terreno natural. Este material debe ser lo más inerte posible a la acción del agua, lo que nos remite al uso de suelos granulares gruesos, todo-unos, escolleras, etc... El problema del agua se ve agravado, en base a los requerimientos del proyecto, por la forma de encaje del trazado en diversos tramos, donde prácticamente se ubica a rasante del terreno natural o incluso algo por debajo de éste.

A continuación, se detallan las características geotécnicas que reúnen los suelos de marisma y que van a determinar su comportamiento como franja de apoyo de la explanada. Así mismo, se describe de forma más exhaustiva el marco hidrogeológico de la zona de implantación del proyecto.

2.2.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS DEPOSITOS DE MARISMA

El terreno de apoyo de la explanada del firme en numerosos puntos del trazado estará conformado por unos depósitos de marisma. Se trata de suelos que oscilan entre limos de alta plasticidad (MH) y arcillas de media a alta plasticidad (CL y CH), a veces con importantes contenidos en materia orgánica, de consistencia muy blanda o blanda.

En superficie los materiales sufren una desecación que proporciona una sobreconsolidación, aumentando algo la resistencia y un cambio de colocación a tonos marrones. El espesor desecado generalmente no supera los 50-75 cm en el área de estudio. Este espesor, por las condiciones de encaje de la traza, es eliminado en distintos puntos del trazado, dejando el apoyo de la explanada sobre los materiales infrayacentes de peores condiciones.

El nivel aparece desde superficie en todo el trazado, descontando los recubrimientos de rellenos estructurales asociados a las vías actuales. La base se puede fijar de forma media en toda el área de afección del proyecto en los 15 metros de profundidad, salvo en la zona más próxima a Chiclana, en la ubicación del enlace oeste de esta localidad, donde la potencia se mueve entre 5 y 8 metros.

En base a los ensayos realizados, concluimos que el valor medio de paso por el tamiz 0,08UNE es del 85%. El límite líquido medio es del 55% con una magnitud máxima del 99% y el índice de plasticidad promedio se establece en el 29%. Es decir, nos encontramos ante suelos finos de plasticidad muy alta. Los valores de densidad seca son muy bajos, con un valor medio de 1,14 Tn/m³ y datos extremos de 0,7 y 1,35 Tn/m³. Los valores de humedad se encuentran casi siempre rodando el límite líquido de la muestra ensayada.

Desde un punto de vista resistente, nos encontramos ante materiales de consistencia blanda a muy blanda, donde los datos de rotura a compresión simple no han superado los 0,6 Kg/cm², moviéndose en la gran mayoría de las muestras ensayadas entre 0,1 y 0,2 Kg/cm².

En función de los ensayos disponibles, estos suelos se clasifican según las premisas del PG-3 como suelos marginales e incluso inadecuados. Teniendo en cuenta las características de compactación vistas en laboratorio y el grado de saturación del terreno, a efectos de caracterización del terreno natural subyacente, se puede adoptar un valor de 1 como referencia para el CBR, (al 95% del PN).

2.3.- MARCO HIDROGEOLÓGICO

Desde el punto de vista hidrológico, la zona de estudio forma parte del sistema acuífero E.C. Puerto Real-Conil, que a su vez se enmarca dentro del grupo de Sistemas Costeros de Cádiz, perteneciente a la cuenca del Guadalquivir.

En el área del proyecto, la única formación que forma parte de este sistema acuífero es el nivel de arenas y limos que aparecen en las proximidades del enlace de Chiclana, aunque fuera de la zona de actuación. En cambio, la totalidad de la obra se sitúa sobre los depósitos de marismas descritos anteriormente. Esta unidad presenta escasa importancia como acuífero, si bien, en ocasiones, pueden estar siendo utilizadas en pequeñas explotaciones particulares.

Esta última facie se considera impermeable en el comportamiento general del acuífero de los materiales Plio-pleistoceno y podría afirmarse que funcionan como material de sellado sobre los mismos, donde el acuífero quedaría "en carga". Por otro lado, al presentar condiciones de drenaje desfavorables, propicia que sobre ellos existía una capa freática superficial y otras más profundas ligadas a acuíferos cautivos.

Geomorfológicamente nos situamos en una zona de topografía esencialmente plana, prácticamente a cota 0, o incluso puntualmente bajo el nivel del mar. Predominan en todo el sector las zonas de marismas, salinas y caños de drenaje deficiente, influenciados por la posición del nivel del mar.

De forma concreta para la obra, es preciso decir, tal y como ya se ha apuntado en la introducción, que en diversos sectores, los rellenos de nueva planta y en algunos casos la propia explanada se deben ejecutar sobre acumulaciones de agua superficial asociadas a las condiciones de marisma que caracterizan todo el área del proyecto.

3.- TRÁFICO

En el Anejo n^o 6 "Planeamiento y Tráfico", se determina, de acuerdo con la asignación de tráfico efectuada y la norma 6.1-I.C. "Secciones de firme" de la Instrucción de Carreteras, la categoría del tráfico pesado para los distintos ramales que forman el Enlace de Tres Caminos. Como conclusión de dicho anejo se deducen las siguientes categorías de tráfico.

En los movimientos principales del proyecto se tienen dos categorías de tráfico que van a generar unas diferentes necesidades de explanada.

Como resumen preliminar, se puede decir que el nudo y la actuación en general presentan un tráfico T0 para los ejes y calzadas principales (nuevos ramales principales de conexión entre autovías, y los tráficos circulantes por las carreteras A-4, CA-33 y A-48). Por tanto, se puede afirmar que en la mayor parte de la actuación será preciso proyectar firmes de acuerdo a la categoría de tráfico pesado T0 indicada.

El resto de ramales secundarios presentan un tráfico T1 y algunos ejes aislados tráficos inferiores, de acuerdo al estudio de tráfico del Anejo de Planeamiento y tráfico. El resto de movimientos del enlace de Tres Caminos, presentan un tráfico T1, como consecuencia de la diversificación de movimientos mediante bifurcaciones hacia los vértices San Fernando-Puerto Real-Chiclana.

En el siguiente croquis y tabla se muestran todos los puntos de control y cálculo de tráfico, con las previsiones para el año de puesta en servicio, en el que se ofrecen los datos pormenorizados a los que se ha hecho referencia.

Para la hipótesis de tráfico empleada, estacional y de crecimientos indicados en la Orden FOM de mejora de la eficiencia, se obtiene los siguientes valores de IMD e IMD_p:

Tramo	Origen-Destino	IMD 2007	2023		EQUIVALENCIA		
			IMD _p	Categoría	EJE	Pk in	pk fin
1	A-4 Sevilla - Tres Caminos	27.058	2.319	T0	1	2+250	3+440
2	A4 Sevilla - CA-33 San Fernando/Cádiz	7.993	685	T2	1	3+440	4+395
3	A-4 Sevilla - A-48 Chiclana	19.065	1.634	T1	19	5+134	5+916
4	CA-33 San Fernando/Cádiz - Tres Caminos	28.242	2.421	T0	1	4+520	5+422
5	CA-33 San Fernando/Cádiz - A-4 Sevilla	7.993	685	T2	20	2+200	2+943
6	CA-33 San Fernando/Cádiz - A-48 Chiclana	20.249	1.736	T1	7	5+886	6+559
7	Tres Caminos - A-4 Sevilla	27.058	2.319	T0	1	2+250	3+540
8	Tres Caminos - CA-33 San Fernando/Cádiz	28.242	2.421	T0	1	4+395	5+422
9	A-48 Chiclana - Tres Caminos	39.314	2.865	T0	4	2+940	4+350
10	A-48 Chiclana - A-4 Sevilla	19.065	1.634	T1	5	4+369	4+733
11	A-48 Chiclana - CA-33 San Fernando/Cádiz	20.249	1.736	T1	4	4+454	5+059
12	Tres Caminos - A-48 Chiclana	39.314	2.865	T0	19	5+916	7+240
13	Ramal de incorporación Cambio de Sentido - A-48 Tres caminos	451	44	T41	23	0+840	1+025
14	Ramal Enlace Chiclana Norte - Cambio de Sentido	451	44	T41	29	0+154	1+093
15	Ramal de salida A-48 Tres caminos - Cambio de Sentido	451	44	T41	23	0+419	0+650
16	Ramal Cambio de Sentido - Enlace Chiclana Norte	451	44	T41	30	0+000	1+175
17	Paso Superior - A-48 Tres Caminos	451	44	T41	23	0+650	0+840
18	Paso Superior - Enlace Chiclana Norte	451	44	T41	23	0+650	0+840
19	A-390 Chiclana / A48 Vejer - A-48 Tres caminos	35.942	2.619	T0	4	1+967	2+940
20	A-48 Tres Caminos - A-390 Chiclana / A-48 Vejer	35.942	2.619	T0	19	7+240	8+640
21	A-48 Tres Caminos - A-390 Chiclana	16.652	1.427	T1	24	3+058	3+400
22	A-390 Chiclana - A-48 Tres caminos	16.652	1.427	T1	9	1+536	1+923
23	Vejer A-48 - A-390 Chiclana	2.716	233	T2	25	4+000	4+460
24	A-390 Chiclana - A-48 Vejer	2.716	233	T2	-	-	-
25	A-48 Vejer	22.007	1.886	T1	19	-	-
26	Vejer - A-48	22.007	1.886	T1	-	-	-
27	A-390 Chiclana - A-48 Vejer / A-48 Tres Caminos	19.368	1.660	T1	9	1+000	1+277
28	A-48 Vejer / A-48 Tres Caminos - A-390 Chiclana	19.368	1.660	T1	24	3+400	3+631
29	Chiclana - A-390	19.368	1.660	T1	-	-	-
30	A-390 - Chiclana	19.368	1.660	T1	-	-	-

Tabla 1. Categorías de tráfico pesado. Nota: En esta tabla se representa la equivalencia de los tramos de tráfico con los ejes de trazado. La tramificación completa de los paquetes de firme adoptados se muestra en la Tabla 7. Paquetes de firmes adoptados

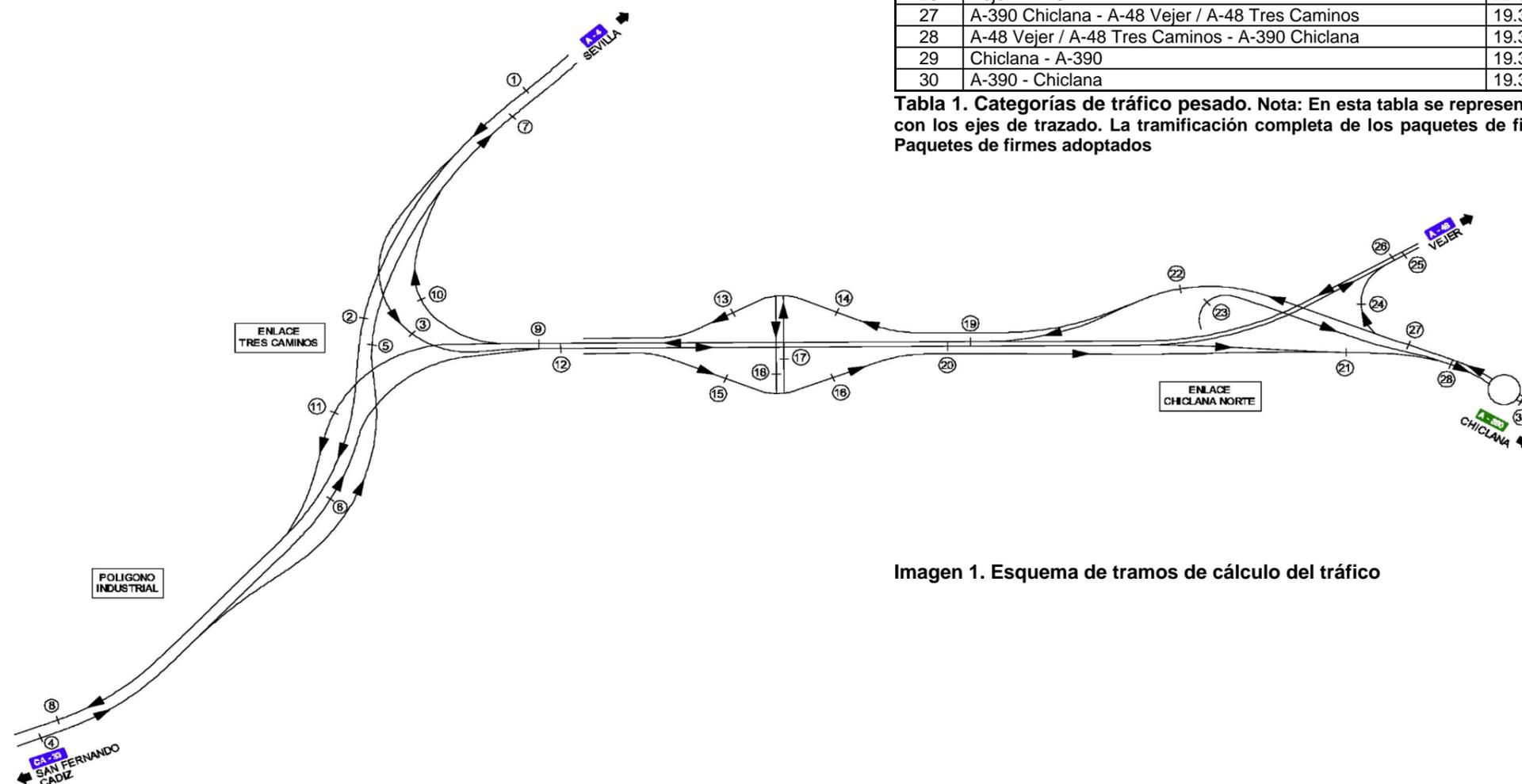


Imagen 1. Esquema de tramos de cálculo del tráfico

4.- FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

4.1.- CATEGORÍA DE EXPLANADA

De acuerdo con las categorías de tráfico indicadas en el apartado anterior, serán necesarias unas determinadas condiciones de explanada, según lo indicado por la normativa 6.1-IC de Secciones de firme.

La Norma 6.1.-IC de 28 de Noviembre de 2.003 considera tres categorías de explanada, que quedan determinadas por su módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (Ev2), obtenido según la Norma NLT-357 "Ensayo de carga con placa".

TABLA 2. MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD EN EL SEGUNDO CICLO DE CARGA

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
Ev ₂ (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Así, para tráfico T1, la Normativa explicita que se debe utilizar como mínimo una explanada tipo E-2 para la sección del firme.

Para tráfico T0 la Norma 6.1-IC prescribe la formación de una explanada E-3, con un módulo de compresibilidad en segundo ciclo de carga $E_{v2} \geq 300$ Mpa.

Ya se ha comentado que la mayor parte con diferencia del volumen de obra está asociado a ejes que se le asignan categorías de tráfico T0, y por lo tanto, necesitarán una categoría de explanada E-3 como asiento de los paquetes de firme.

Además, hay que tener en cuenta que dadas las características de la obra, con numerosos ensanches de plataformas, confluencias y bifurcaciones y carriles de entrada y salida, resultan muchas plataformas únicas que son compartidas por varios ejes, con lo que para facilitar la ejecución de los rellenos y las formaciones de explanada, se ha decidido adoptar para todos los ejes una categoría de explanada E-3, homogeneizando y simplificando de este modo los procesos constructivos de los rellenos y capas de asiento.

Así pues, se adopta una categoría de explanada E-3 para todos ejes del proyecto, exceptuando los caminos.

4.2.- EXPLANADAS PROPUESTAS

Como se ha comentado, la nueva infraestructura se proyecta sobre una explanada tipo E3, con un valor de Ev₂ > 300 MPa, Ev₂ se corresponde con el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga obtenido del Ensayo de carga con placa NLT-357.

Para conseguir la anterior explanada, siguiendo las indicaciones de la norma 6.1-IC "Secciones de Firme", se establece que será necesario disponer 50 cm. de Suelo Seleccionado sobre un material marginal y una capa de suelo estabilizado S-EST3 de 30 cm de espesor.

		TIPOLOGÍA DE LOS SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMontES) Y/O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES Y/O RELLENOS TODO-UNO) (*).				
		SUELOS INADECUADOS O MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1					
	E2					
	E3					

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3) 0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3) 1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3) 2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3) 3 Suelo seleccionado con CBR ≥20 (Art. 330 del PG-3)
 S-EST 1 Suelo estabilizado con cal o cemento (Art. 510 y 511 del PG-3) S-EST 2 Suelo estabilizado con cal o cemento (Art. 510 y 511 del PG-3) S-EST 3 Suelo estabilizado con cemento (Art. 511 del PG-3) H-100 R Hormigón (espesor mínimo: 15 cm) (Art. 610 del PG-3)

(*) A efectos de la definición de la categoría de explanada, los pedraplenes (artículo 331 del PG-3) y rellenos todo-uno (artículo 333 del PG-3) podrán considerarse como suelos seleccionados (3), si no van a ser construidos con materiales marginales (IN).

Nota: A efectos de aplicación de esta tabla el espesor mínimo de los suelos de la explanación o de la obra de tierra subyacente será de 80 cm

Es decir, necesitaríamos 80 cm de espesor para la formación de la explanada E-3 si consideramos como terreno natural subyacente un suelo inadecuado. Si consideramos un espesor medio del paquete de firme de 50 cm, para alturas de terraplén desde cota de rasante menores de 1,30 metros sería preciso sobreexcavar para lograr esos espesores. A medida que la altura disponible disminuye, será preciso sobreexcavar más, aspecto que como se ha comentado resulta indeseable por no conviene retirar todas las capas que constituyen una costra desecada, que aporta una resistencia al terreno de marisma algo superior, independientemente del saneo mínimo a realizar en los cimientos de los terraplenes para la retirada del suelo vegetal y más alterado en superficie. Por el contrario, a medida que las alturas geométricas de terraplenes aumentan, como el propio material del relleno del terraplén será suelo seleccionado, mínimo tipo 2, según PG-3, bastará con coronar con 30 cm de suelo

estabilizado S-EST3 para lograr la explanada E-3. Sobre dicho S-EST3 se aplicará un riego de curado C60B3 CUR previo a la extensión del firme.

Por tanto, para el caso donde tengamos alturas de terraplenes pequeñas, se ha optado por intentar reducir al máximo el espesor de explanada necesario. Como en estos casos además no se han proyectado tratamientos geotécnicos adicionales a base de mechas drenantes, se ha optado por la colocación de un geocompuesto con el doble objetivo de reducir los espesores de explanada y reforzar las bases.

Se ha consultado con casas especializadas para desarrollar y justificar las soluciones propuestas. Así, una solución para conseguir la anterior reducción de explanada, puede consistir en la disposición de una geomalla biaxial fabricada con Polivinil Alcohol (PVA) y sobre esta, la disposición de un determinado espesor de relleno con el que se alcanzará en coronación la capacidad portante requerida. Con ese sistema, geomalla biaxial de PVA + relleno, se alcanzará la capacidad portante de la explanada requerida reduciendo el espesor de la capa de suelo seleccionado.

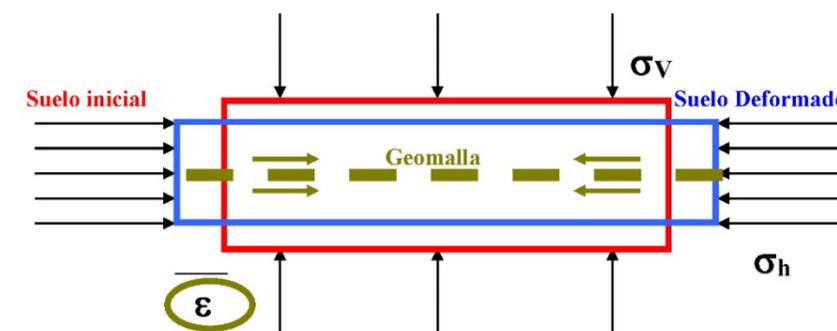
El uso de esta materia prima, PVA, viene justificado por su baja fluencia en comparación con otras materias primas, sus elevados módulos elásticos con deformación en rotura inferior al 6% y también por sus elevadas resistencias químicas.

Estos aspectos son de suma importancia en el refuerzo de bases, ya que cuando se ejecuta el refuerzo para que actúe durante toda la vida útil de la infraestructura, la fluencia debe de ser baja para evitar que se produzcan excesivas deformaciones en superficie.

En lo que respecta a la pequeña deformación en rotura del PVA, el refuerzo de bases requiere que las geomallas entren en carga lo antes posible, poca deformación - gran tensión, para evitar la aparición de fisuras en superficie por un exceso en la deformación de la geomalla.

El geosintético se opondrá a la deformación del suelo bajo la carga vertical, aumentando de esta forma su resistencia hasta la capacidad portante última del suelo.

En el gráfico adjunto se pretende explicar el funcionamiento del refuerzo. Así el suelo intentará deformarse horizontalmente, por efecto de la presión vertical, y la geomalla de refuerzo no se lo va a permitir, reteniendo el suelo en su posición y aumentando de esta forma la capacidad portante del mismo.



En el apéndice nº 1, se incluye el informe justificativo de la selección de explanada, así como la justificación de la reducción del espesor de la capa de suelo seleccionado en la formación de explanada, de modo que se logre la equivalencia a la explanada E-3 prescrita en la Norma, en lo referente al alcance de los 300 Mpa en el segundo ciclo de carga.

El proceso seguido se basa en mantener los 30cm de Suelo Estabilizado S-EST3 y estimar el espesor equivalente a 50 cm de suelo Seleccionado con la inclusión de una geomalla de refuerzo, además de un geotextil no tejido de separación y filtro conformando lo que se conoce como geocompuesto.

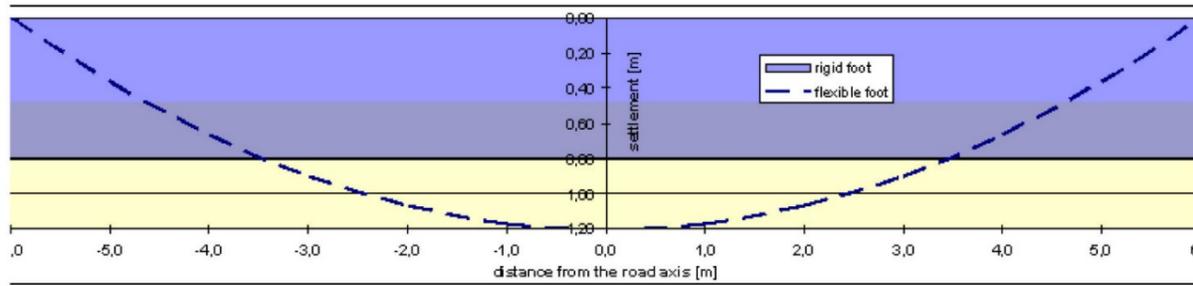
De acuerdo a los cálculos realizados por el fabricante consultado, se obtiene que, para alcanzar un valor equivalente a 50 cm de suelo Seleccionado sin geomalla sobre el suelo considerado, se precisa una geomalla biaxial de las características especificadas por el fabricante sobre la que será necesario disponer un espesor de Suelo Seleccionado de 30 cm, lo que supone una reducción de un 40% de los espesores de acuerdo a la Norma 6.1-IC de Firmes.

4.2.1.- Conclusión

El empleo de un geocompuesto con las características especificadas sobre el que se dispongan 30cm. de suelo Seleccionado tendría una equivalencia mecánica a 50cm de suelo seleccionado sobre el suelo inadecuado considerado como terreno de apoyo

La disposición del geocompuesto requerirá la realización de un desbroce superficial, no siendo necesario ejecutar grandes saneos en profundidad.

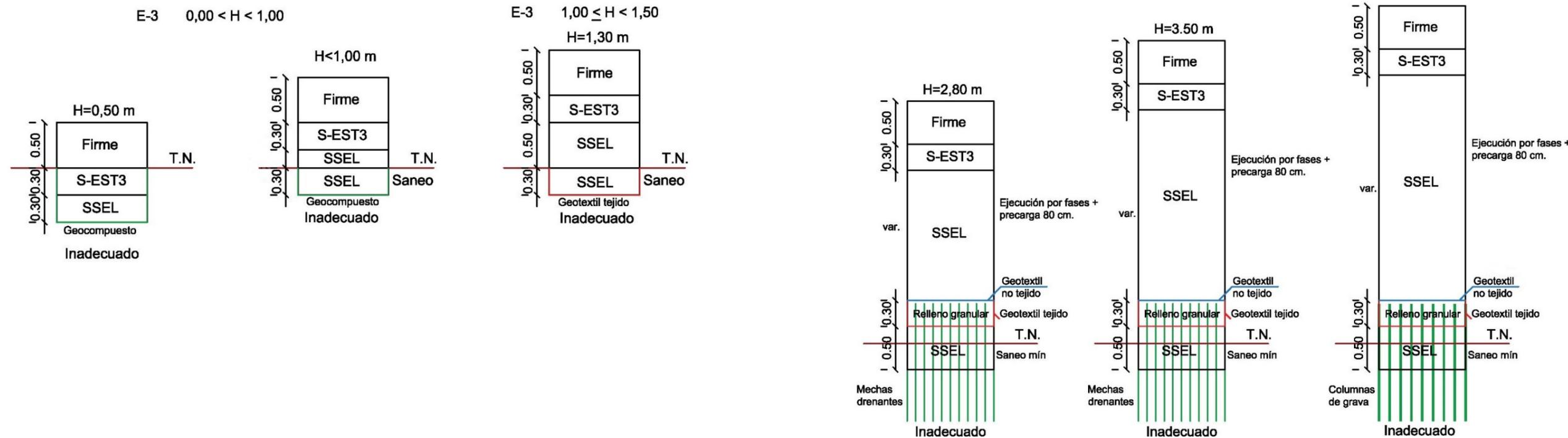
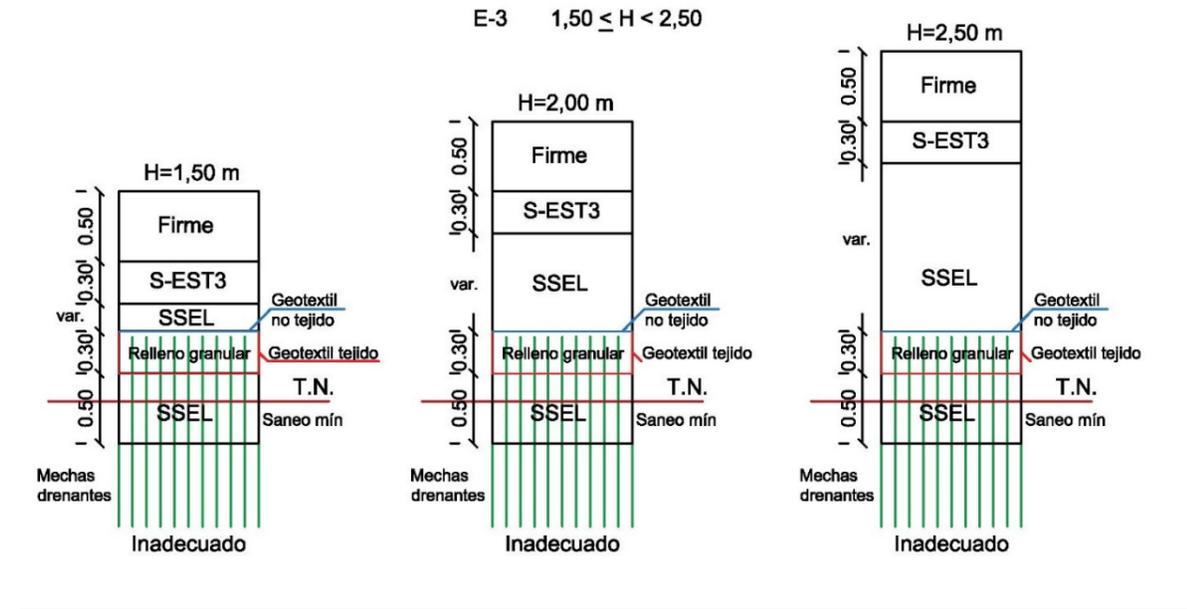
Finalmente, es importante destacar que el geocompuesto de refuerzo colocado en la base de la nueva capa realizará un importante beneficio estructural al homogeneizar y reducir los asientos producidos, tal y como se recoge en la gráfica adjunta. El comportamiento del suelo sin reforzar seguiría la forma de la línea discontinua, asiento diferencial con asiento máximo A y el suelo reforzado se comportaría según la franja azul, asiento homogéneo y de valor 2/3 A. Con lo que se reduciría el valor del asiento producido en 1/3 y además sería homogéneo.



Este fenómeno viene producido por el efecto de rigidización, efecto “placa”, que la geomalla provoca en el suelo, disminuyendo de esta forma los asientos diferenciales y/o totales.

4.2.2.- Croquis aclaratorios

En las siguientes figuras se muestran unos esquemas aclaratorios en los que se define la formación de explanadas comentadas en función de varias alturas de terraplén, y su coherencia con el resto de aspectos como puede ser la formación de rellenos y los tratamientos geotécnicos adoptados:



5.- **ESTUDIO DE SECCIONES DE FIRME**

De acuerdo con la Instrucción 6.1- I.C. "Secciones de Firme", para las distintas categorías de tráfico pesado presentes en el enlace estudio de este proyecto y atendiendo a las explanadas proyectadas, las secciones de firme correspondientes que figuran en el catálogo de secciones de firme de la referida Instrucción se pueden agrupar del siguiente modo:

- Tráfico pesado T0, T1 y T2 y T41; y explanada proyectada E-3:
 - Secciones con mezcla bituminosa sobre capa granular: 031,131, 231 y 4131.
 - Secciones con mezcla bituminosa sobre suelo-cemento: 032, 132, 232 y 4132.
 - Secciones con mezcla bituminosa sobre grava-cemento y suelo-cemento: 033.
 - Secciones con pavimento de hormigón: 034, 134, 234 y 4134.

A continuación, se exponen los criterios técnicos y económicos que han llevado a la elección de la sección de firme en los distintos ejes del enlace.

5.1.- **CONSIDERACIONES TÉCNICAS**

5.1.1.- **Consideraciones acerca del empleo de secciones con pavimento de hormigón**

Las secciones 034, 134, 234 y 4134 (con pavimento de hormigón vibrado en masa) son las que teóricamente ofrecen mejor comportamiento estructural, siempre que se dispongan arcones exteriores de hormigón vibrado unidos a las calzadas por barras de atado. Se trata además de secciones para un periodo de proyecto de 30 años, mientras que en las restantes el periodo de proyecto es tan solo de 20 años. Por otra parte, cabe destacar que no es recomendable la utilización de secciones rígidas, debido a su mal comportamiento en terrenos con suelos blandos y posibles asentamientos diferidos.

Otra desventaja es que si bien estas secciones requieren menor conservación, las labores de mantenimiento, conservación o de reparación son mucho más complejas y costosas.

5.1.2.- **Consideraciones acerca del empleo de secciones con capas de suelo-cemento y grava-cemento**

Las posibles secciones 032, 033, 132, 232 y 4132 son más sensibles al paso de tráfico de obra antes de que esté completa: cuando ese tráfico de obra no se controla suficientemente, las capas tratadas con cemento se agotan estructuralmente aún antes de extender las capas de mezclas bituminosas, por lo que estas acaban apoyándose realmente sobre capas granulares, siendo la resistencia estructural conseguida muy inferior a la teóricamente esperada.

Por otra parte, hay que tener en cuenta la inevitable influencia de la propagación de grietas de retracción producidas en las capas tratadas con conglomerantes hidráulicos: producido el agrietamiento por retracción, se acaba reflejando en superficie y se forman losas que al contraerse por la bajada de temperaturas hacen que la transmisión de cargas sea insuficiente.

Por tanto, son de alta calidad, pero de control de ejecución y acabado más compleja, recomendables cuando se encarece o dificulta la obtención de otras soluciones con las ahorras como base del paquete de firme.

5.1.3.- **Consideraciones acerca del empleo de secciones de firme flexible sobre base granular**

La única diferencia entre las secciones 031, 131, 231, y 4131 son los espesores de la capa de MBC y la capa de ZA. Esto da pie a una homogeneidad entre el firme de los distintos ejes que forman el enlace de proyecto que dispongan secciones de firmes según el tráfico. Además, permite la posibilidad de dimensionar el firme para el año de puesta en servicio y según evolucione el tráfico y aumentará la categoría, bastaría con extender una capa de MBC.

Además, la disposición de una capa granular de zahorra artificial, como transición entre la explanada y las mezclas bituminosas, se considera también muy conveniente para armonizar los resultados de los comportamientos diferenciados de dichos materiales de forma que a las capas superiores de pavimento no se transmitan posibles alteraciones o defectos que se pueden derivar de un contacto directo.

A todo ello, podemos sumar la argumentación sobre la disposición de ahorras en las canteras próximas al entorno de las obras, que se han empleado con éxito en importantes obras en dicha zona, lo que recomienda su uso.

Por todo ello, parece aconsejable para el presente Proyecto, desde el punto de vista técnico, las secciones 031, 131, 231, y 4131.

5.1.4.- **Consideraciones acerca del empleo de Mezclas Semidensas**

Respecto a la posibilidad de selección de mezclas Densas o Semidensas cabe indicar que las mezclas densas suelen ser de aplicación cuando se quiere impedir infiltración de agua a través del firme. Este es el caso de zonas donde son frecuentes heladas donde la infiltración de aguas en los huecos del firme y su posterior congelación rompen la estructura de la mezcla bituminosa. En la zona objeto de proyecto no se dan dichas circunstancias por lo que se opta por una mezcla en general

semidensa (A excepción de en la capa de base que se propone una G) que disponen de menor dotación y por tanto, menos coste.

5.1.5.- Consideraciones acerca del empleo de betunes

Respecto a los betunes convencionales, y teniendo en cuenta la Orden FOM/510/2018, de 8 de mayo, por la que se modifica la Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos., en que se incluye la siguiente tabla

TABLA 211.2 - REQUISITOS DE LOS BETUNES ASFÁLTICOS

CARACTERÍSTICA	UNE-EN	UNIDAD	15/25	35/50	50/70	70/100	160/220	
PENETRACIÓN A 25°C	1426	0,1 mm	15-25	35-50	50-70	70-100	160-220	
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	1427	°C	60-76	50-58	46-54	43-51	35-43	
RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO UNE-EN 12607-1	CAMBIO DE MASA	12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 1,0
	PENETRACIÓN RETENIDA	1426	%	≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 37
	INCREMENTO DEL PUNTO REBLANDECIMIENTO	1427	°C	≤ 10	≤ 11	≤ 11	≤ 11	≤ 12
ÍNDICE DE PENETRACIÓN	12591 13924 Anexo A		De -1,5 a +0,7					
PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS	12593	°C	TBR	≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -15	
PUNTO DE INFLAMACIÓN EN VASO ABIERTO	ISO 2592	°C	≥ 245	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 220	
SOLUBILIDAD	12592	%	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	

TBR (To Be Reported): Valor informativo a proporcionar

Tabla 2. Requisitos betunes asfálticos

Se considera que por las características climáticas de la zona de proyecto y debido a las altas temperaturas estivales para las capas de rodadura e intermedia, de mayor contacto con el calor ambiental, deberían utilizarse betunes del tipo 35/50 con menor penetración a temperatura de 25º y un punto de reblandecimiento a una temperatura más alta.

Para capas de base, más profundas y sin contacto con el exterior se podrán emplear betunes del tipo 50/70.

Se podría considerar que por operatividad constructiva sería mejor homogeneizar el betún de todas las mezclas, pero no es tal la ventaja si las mezclas vienen fabricadas de central y las condiciones climáticas recomiendan su heterogeneidad en favor de una mayor durabilidad.

Respecto a los Betunes modificados con polímeros, y teniendo en cuenta la ya citada Orden FOM/2523/2014, en que se incluye la siguiente tabla

TABLA 212.2 - REQUISITOS DE LOS BETUNES MODIFICADOS CON POLÍMEROS

DENOMINACIÓN UNE-EN 14023			PMB 10/40-70	PMB 25/55-65	PMB 45/80-60	PMB 45/80-65	PMB 45/80-75	PMB 75/130-60
CARACTERÍSTICAS	UNE-EN	UNIDAD	Ensayos sobre el betún original					
PENETRACIÓN A 25°C	1426	0,1 mm	10-40	25-55	45-80	45-80	45-80	75-130
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	1427	°C	≥ 70	≥ 65	≥ 60	≥ 65	≥ 75	≥ 60
COHESIÓN. FUERZA-DUCTILIDAD	13589 13703	J/cm ²	≥ 2 a 15°C	≥ 2 a 10°C	≥ 2 a 5°C	≥ 3 a 5°C	≥ 3 a 5°C	≥ 1 a 5°C
PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS	12593	°C	≤ -5	≤ -7	≤ -12	≤ -15	≤ -15	≤ -15
RECUPERACIÓN ELÁSTICA A 25°C	13398	%	TBR	≥ 50	≥ 50	≥ 70	≥ 80	≥ 60
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO (*)	DIFERENCIA DE PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	13399 1427	°C	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
	DIFERENCIA DE PENETRACIÓN	13399 1426	0,1mm	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 13
PUNTO DE INFLAMACIÓN	ISO 2592	°C	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 220
Durabilidad – Resistencia al envejecimiento UNE-EN 12607-1								
CAMBIO DE MASA	12607-1	%	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
PENETRACIÓN RETENIDA	1426	%	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60
INCREMENTO DEL PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	1427	°C	≤ 8	≤ 8	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
DISMINUCIÓN DEL PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	1427	°C	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5

TBR (To Be Reported): Valor informativo a proporcionar.

(*) Únicamente exigible a ligantes que no se fabriquen "in situ"

Cuando el polímero utilizado mayoritariamente sea polvo de caucho, al final de la denominación se añadirá una letra C mayúscula.

Tabla 3. Requisitos betunes asfálticos modificados con polímeros

Se considera que por las características de estos betunes y como se observa por la temperatura del punto de reblandecimiento la elección del betún desde este punto de vista no es un factor tan determinante como en los betunes asfálticos convencionales.

Además, teniendo en cuenta los artículos 542 y 543, de la Orden FOM/2523/2014, en cuanto al tipo de ligante hidrocarbonado a emplear en función las capas de firme, y el tráfico pesado, se han tenido en consideración las siguientes tablas:

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	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	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 BC50/70 PMB 45/80-60	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				

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

Tabla 4. Tipos de ligante a emplear en mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso

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	

Tabla 5. Tipo de ligante a emplear en mezclas bituminosas para capas de rodadura discontinuas.

Teniendo en cuenta lo comentado con anterioridad, los betunes a emplear serán:

CAPAS	TIPO DE MEZCLA	DENSIDAD	% BETÚN	FILLER/BETÚN	TIPO DE BETÚN
Base	AC 32 base G	2,45 T/m³	4,0	1,0	B 35/50 Tráfico T0 B 50/70 Tráficos T1 y T2
Intermedias	AC 22 bin S	2,48 T/m³	4,5	1,1	B 35/50 Tráficos T0, T1 y T2 B 50/70 Tráfico T41
Rodadura	BBTM 11B	2,25 T/m³	5,0	1,2	PMB 45/80-65 Tráfico T0 PMB 45/80-60 Tráficos T1 y T2 B 50/70 Tráfico T41

Tabla 6. Betunes a emplear en paquetes de firme proyectados.

5.1.6.- Consideraciones acerca del empleo de betunes y mezclas con caucho procedente de NFU.

En el apartado anterior se han visto los tipos de betunes a emplear en la ejecución de las obras de firmes.

Dado que en la zona del proyecto no se tiene experiencia en el uso de betunes con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (aspecto ratificado por el Sector Integral de Conservación), y estimándose que se trata de un aspecto muy particular de cada casa comercial, muy ligado a los departamentos de calidad e I+D+i, unido al incremento presupuestario que conllevaría el uso de betunes con caucho procedentes de NFU, se recomienda como solución más adecuada el empleo de betunes convencionales, de los tipos propuestos en el Proyecto .

5.1.7.- Consideraciones acerca del empleo de mezclas "Fonoabsorbentes".

Tal y como indica la Declaración de Impacto Ambiental, se debe disponer de un pavimento fonoabsorbente de gran calidad para permitir la reducción del ruido en el entorno.

Sobre la aplicación de pavimentos fonoabsorbentes no existe normativa específica a nivel estatal. En cuanto a estudios y experiencias existen multitud de diversos orígenes, con incluso mezclas diferentes a las incluidas en la normativa vigente. Estas últimas se descartan precisamente por no estar incluidas en la normativa vigente aplicable para el Ministerio de Fomento.

De las incluidas en la normativa vigente se deducen dos tipos de mezcla que pueden considerarse con estas características de fonoabsorbente: Las mezclas porosas y las discontinuas.

Respecto a las mezclas porosas o drenantes, denominadas en la Norma 6.1. IC como "PA" están indicadas exclusivamente en zona pluviométrica lluviosa. Por tanto, en la zona de proyecto, al no estar considerada como tal, no debería ser de aplicación. El uso de mezclas tipo PA fuera de zonas lluviosas está desaconsejado pues con el tiempo, al no existir un lavado de las misma por la lluvia, terminan colmatándose de suciedad y polvo, no cumpliendo su función ni drenante ni fonoabsorbente y disponiendo de una menor resistencia al deslizamiento. Además de esto, experiencias recientes en proyectos de la demarcación no han dado muy buenos resultados, pues a su vez están surgiendo problemas como que se disgregan por falta de cohesión con el envejecimiento del ligante y/o falta de adhesividad de los áridos con el ligante. Por todo ello, consideramos descartarla para el presente proyecto.

Por otro lado, las Mezclas discontinuas (M o F) si tienen una funcionalidad contrastada en este tipo de viales para la zona de proyecto. Solo faltaría avalar su aptitud como mezcla fonoabsorbente. En cuanto a esto, existe estudios al respecto que concluyen que este tipo de mezclas consiguen incrementos significativos de la absorción (de 3 dB). Por ejemplo, el Ayuntamiento de Valencia ha publicado una normativa que incluye capas fonoabsorbentes tipificadas que se corresponderían con mezclas equivalentes a las discontinuas. Por ello la solución como capa de rodadura será una mezcla discontinua convencional incluida en la normativa vigente que se considerará con propiedades fonoabsorbentes.

5.2.- COMPARATIVA ECONÓMICA

Metodología

Basándonos en la experiencia de otros proyectos, y en precios medios de proyectos realizados para el Ministerio de Fomento se realiza a continuación un estudio económico comparativo de los costes de ejecución, conservación y rehabilitación, y reconstrucción final de las distintas secciones de firme.

La comparación se ha realizado solamente entre las secciones 031, 032, 033 y 034. No se realiza la comparación entre el resto de secciones nombradas con anterioridad debido a que la conclusión de estas comparaciones sería análoga a la obtenida en la comparación que se realiza.

Los precios aplicados se corresponden con los del proyecto. Las dotaciones también se corresponden con las de proyecto.

De la valoración económica efectuada se deducen las siguientes consideraciones:

La sección rígida 034 tiene un precio más elevado de construcción inicial y conservación que las otras tres secciones estudiadas (031, 032 y 033), por tanto esta sección es descartada tanto técnicamente como económicamente.

Las secciones semirrígidas 032 y 033 son más económicas que la sección 031, descartándose dichas secciones por las consideraciones técnicas comentadas con anterioridad.

La reconstrucción final una vez agotada la capacidad estructural de la sección es más económica en la sección rígida que en la sección semiflexible y en las secciones semirrígidas.

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos:

	SECCION 031	SECCION 032	SECCION 033	SECCION 034
EJECUCIÓN INICIAL (€/m ²)	42,91	28,94	33,77	43,65
REHABILITACIÓN SUPERFICIAL O ESTRUCTURAL (€/m ²)	20,83	17,02	17,12	38,01
RECONSTRUCCIÓN FINAL (€/m ²)	50,34	50,34	50,34	10,30

Comparación de costes para cada sección

A continuación, se expone en tablas los costes de ejecución, conservación y rehabilitación, y reconstrucción final por metro cuadrado de cada una de las secciones propuestas para poder realizar una comparación entre ellas.

La comparación de costes debe realizarse a largo plazo considerando la vida útil del firme a lo largo del periodo de proyecto y su coste de reposición.

La comparación a largo plazo incluye el cálculo de los siguientes costes:

❖ Costes de ejecución Inicial

Los precios unitarios empleados se han obtenido en función de los precios de mercado de la zona y teniendo en cuenta la proximidad de las canteras y préstamos a la zona del proyecto.

❖ Coste de conservación y de reparación hasta el año horizonte.

En este apartado se tienen en cuenta los costes de las operaciones ordinarias de conservación de los firmes y de las rehabilitaciones a lo largo de la vida útil.

El análisis se realiza a lo largo de la vida útil del proyecto, es decir, a lo largo de 20 o 30 años según la sección a estudiar y, por tanto, se han actualizado los costes al año de construcción con una tasa de actualización del 2 % anual.

❖ Coste de reconstrucción al final de la vida de servicio.

Este coste también requiere que se actualicen los precios de las unidades de obra que componen la reposición del nuevo firme a los precios del año horizonte, siendo la tasa de actualización también del 2 %.

COSTES DE EJECUCIÓN INICIAL

SECCION 031 (COSTE DE m2)						
	ESPESOR (m)	DENSIDAD (T/m ³)	DOTACION (T/m ²)	MEDICIÓN	PRECIO (€)	TOTAL COSTE (€)
CAPA DE RODADURA						
T MBC tipo BBTM 11B	0,03	2,18	-	0,0654	33,32	2,18
T Betún BM-3c	0,03	2,18	0,055	0,0036	469,27	1,69
T cemento como Filler	-	0,0036	1,2	0,0043	79,69	0,34
T de ECR-1m en Riego de Adherencia	-	-	0,0005	0,0005	325,52	0,16
CAPA INTERMEDIA 2						
T MBC tipo AC 22 bin S	0,05	2,45	-	0,1225	27,25	3,34
T Betún BC 35/50	0,05	2,45	0,045	0,0055	476,69	2,63
T cemento como Filler	-	0,0055	1,1	0,0061	79,69	0,48
T de ECR-1 en Riego de Adherencia	-	-	0,0005	0,0005	272,52	0,14
CAPA INTERMEDIA 1						
T MBC tipo AC 22 bin S	0,07	2,45	-	0,1715	27,25	4,67
T Betún BC 35/50	0,07	2,45	0,045	0,0077	476,69	3,68
T cemento como Filler	-	0,0077	1,1	0,0085	79,69	0,68
T de ECR-1 en Riego de Adherencia	-	-	0,0005	0,0005	272,52	0,14
CAPA BASE						
T MBC tipo AC 32 base G	0,15	2,40	-	0,3600	19,56	7,04
T Betún BC 50/70	0,15	2,40	0,04	0,0144	473,30	6,82
T cemento como Filler	-	0,0144	1,0	0,0144	79,69	1,15
T de ECI en Riego de Imprimación	-	-	0,0015	0,0015	304,08	0,46
CAPA SUB-BASE						
m ³ Zahorra Artificial	0,25	-	-	0,2500	29,29	7,3225
TOTAL						42,91

SECCION 032 (COSTE DE m2)						
	ESPESOR (m)	DENSIDAD (T/m ³)	DOTACION (T/m ²)	MEDICIÓN	PRECIO (€)	TOTAL COSTE (€)
CAPA DE RODADURA						
T MBC tipo BBTM 11B	0,03	2,18	-	0,0654	33,32	2,18
T Betún BM-3c	0,03	2,18	0,055	0,0036	469,27	1,69
T cemento como Filler	-	0,0036	1,2	0,0043	79,69	0,34
T de ECR-1m en Riego de Adherencia	-	-	0,0008	0,0008	325,52	0,26
CAPA INTERMEDIA 1						
T MBC tipo AC 22 bin S	0,07	2,45	-	0,1715	27,25	4,67
T Betún BC 35/50	0,07	2,45	0,045	0,0077	476,69	3,68
T cemento como Filler	-	0,0077	1,1	0,0085	79,69	0,68
T de ECR-1 en Riego de Adherencia	-	-	0,0008	0,0008	272,52	0,22
CAPA BASE						
T MBC tipo AC 32 base G	0,10	2,40	-	0,2400	19,56	4,69
T Betún BC 50/70	0,10	2,40	0,04	0,0096	473,30	4,54
T cemento como Filler	-	0,0096	1,0	0,0096	79,69	0,77
T de ECR-1 en Riego de Adherencia	-	-	0,0008	0,0008	272,52	0,22
T de ECR-1 en Riego de Curado	-	-	0,001	0,001	272,67	0,27
CAPA SUB-BASE						
m ³ Suelo-Cemento	0,25	-	-	0,2500	18,92	4,73
T de Cemento	0,25	1,9	0,035	0,0166	106,66	1,77
TOTAL						28,94

SECCION 033 (COSTE DE m2)						
	ESPESOR (m)	DENSIDAD (T/m ³)	DOTACION (T/m ²)	MEDICIÓN	PRECIO (€)	TOTAL COSTE (€)
CAPA DE RODADURA						
T MBC tipo BBTM 11B	0,03	2,18	-	0,0654	33,32	2,18
T Betún BM-3c	0,03	2,18	0,055	0,0036	469,27	1,69
T cemento como Filler	-	0,0036	1,2	0,0043	79,69	0,34
T de ECR-1m en Riego de Adherencia	-	-	0,0008	0,0008	325,52	0,26
CAPA INTERMEDIA 1						
T MBC tipo AC 22 bin S	0,05	2,45	-	0,1225	27,25	3,34
T Betún BC 35/50	0,05	2,45	0,045	0,0055	476,69	2,63
T cemento como Filler	-	0,0055	1,1	0,0061	79,69	0,48
T de ECR-1 en Riego de Adherencia	-	-	0,0008	0,0008	272,52	0,22
CAPA BASE						
T MBC tipo AC 32 base G	0,10	2,40	-	0,2400	19,56	4,69
T Betún BC 50/70	0,10	2,40	0,04	0,0096	473,30	4,54
T cemento como Filler	-	0,0096	1,0	0,0096	79,69	0,77
T de ECR-1 en Riego de Adherencia	-	-	0,0008	0,0008	272,52	0,22
T de ECR-1 en Riego de Curado	-	-	0,001	0,001	272,67	0,27
CAPA SUB-BASE 2						
m ³ Grava-Cemento	0,22	-	-	0,2200	28,67	6,31
T de Cemento	0,22	1,9	0,035	0,0146	106,66	1,56
T de ECR-1 en Riego de Adherencia	-	-	0,0008	0,0008	272,52	0,22
T de ECR-1 en Riego de Curado	-	-	0,001	0,001	272,67	0,27
CAPA SUB-BASE 1						
m ³ Suelo-Cemento	0,20	-	-	0,2000	18,92	3,78
T de Cemento	0,20	1,9	0,035	0,0133	106,66	1,42
TOTAL						33,77

SECCIÓN 034 (COSTE DE m ²)						
	ESPESOR (m)	DENSIDAD (T/m ³)	DOTACION (T/m ²)	MEDICIÓN	PRECIO (€)	TOTAL COSTE (€)
CAPA DE PAVIMENTO						
m ³ Hormigón vibrado HP	0,24	-	-	0,2400	118,45	28,43
T de ECR-1 en Riego de Adherencia	-	-	0,0008	0,0008	272,52	0,22
CAPA BASE						
m ³ Hormigón magro vibrado HM	0,15	-	-	0,1500	100,01	15,00
TOTAL						43,65

COSTES DE CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN**REHABILITACIÓN SUPERFICIAL O ESTRUCTURAL SECCIÓN 031 (COSTE m²)**

COSTE DE EJECUCION INICIAL (€)	42,91
---------------------------------------	--------------

ANO	Rehabilitación (% del coste inicial)	Coste de Rehabilitación
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	1%	0,46
5	1%	0,47
6	1%	0,48
7	1%	0,49
8	1%	0,50
9	Lechada + 1%	0,95
10	1%	0,52
11	1%	0,53
12	1%	0,54
13	5 cm MBC	8,25
14	-	-
15	-	-
16	-	-
17	1%	0,60
18	1%	0,61
19	Lechada	0,63
20	1%	0,64
21	-	-
22	-	-
23	-	-
24	1%	0,69
25	1%	0,70
26	1%	0,72
27	1%	0,73
28	1%	0,75
29	Lechada + 1%	0,76
30	1%	0,78

COSTE DE REHABILITACION TOTAL (€)	20,83
------------------------------------------	--------------

REHABILITACIÓN SUPERFICIAL O ESTRUCTURAL SECCIÓN 032 (COSTE m²)

COSTE DE EJECUCION INICIAL (€)	28,94
---------------------------------------	--------------

ANO	Rehabilitación (% del coste inicial)	Coste de Rehabilitación
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-
6	1%	0,33
7	1%	0,33
8	1%	0,34
9	Lechada + 1%	0,79
10	1%	0,35
11	1%	0,36
12	1%	0,37
13	5 cm MBC	8,25
14	-	-
15	-	-
16	-	-
17	1%	0,41
18	1%	0,41
19	Lechada	0,54
20	1%	0,43
21	-	-
22	-	-
23	-	-
24	-	0,47
25	-	0,47
26	1%	0,48
27	1%	0,49
28	1%	0,50
29	Lechada + 1%	1,17
30	1%	0,52

COSTE DE REHABILITACION TOTAL (€)	17,02
------------------------------------------	--------------

REHABILITACIÓN SUPERFICIAL O ESTRUCTURAL SECCIÓN 033 (COSTE m²)

COSTE DE EJECUCIÓN INICIAL (€)		33,77
ANO	Rehabilitación (% del coste inicial)	Coste de Rehabilitación
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-
6	1%	0,38
7	1%	0,39
8	1%	0,40
9	Lechada + 1%	0,85
10	1%	0,41
11	1%	0,42
12	1%	0,43
13	5 cm MBC	8,25
14	-	-
15	-	-
16	-	-
17	1%	0,47
18	1%	0,48
19	Lechada	0,54
20	1%	0,50
21	-	-
22	-	-
23	-	-
24	-	-
25	-	-
26	1%	0,57
27	1%	0,58
28	1%	0,59
29	Lechada + 1%	1,26
30	1%	0,61
COSTE DE REHABILITACION TOTAL (€)		17,12

REHABILITACIÓN SUPERFICIAL O ESTRUCTURAL SECCIÓN 034 (COSTE m²)

COSTE DE EJECUCION INICIAL (€)		43,65
ANO	Rehabilitación (% del coste inicial)	Coste de Rehabilitación
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-
6	-	-
7	Sellado de juntas (20%)	0,34
8	Sellado de juntas (20%)	0,35
9	Sellado de juntas (20%) + 0,5 %	0,62
10	Sellado de juntas (20%) + 0,5 %	0,63
11	Sellado de juntas (20%) + 0,5 %	0,64
12	Sellado de juntas (20%)	0,38
13	Sellado de juntas (20%) + 0,5 %	0,67
14	Sellado de juntas (20%)	0,40
15	Sellado de juntas (20%) + 0,5 %	0,70
16	Sellado de juntas (20%)	0,41
17	Sellado de juntas (20%) + 0,5 %	0,73
18	Sellado de juntas (20%)	0,43
19	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,07
20	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,09
21	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,12
22	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,14
23	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,16
24	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,18
25	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,21
26	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,23
27	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,26
28	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,28
29	Sellado de juntas (20%) + 1 %	1,31
30	10 cm MBC	18,66
COSTE DE REHABILITACION TOTAL (€)		38,01

COSTES DE RECONSTRUCCIÓN

RECONSTRUCCIÓN FINAL SECCIÓN 031, 032 Y 033 (COSTE m²)

ANO	Actuación	Coste de Rehabilitación
21	Fresado y Reposición (15 cm + 5 cm MBC)	50,34

COSTE DE RECONSTRUCCION FINAL (€)	50,34
------------------------------------------	--------------

RECONSTRUCCIÓN FINAL SECCIÓN 034 (COSTE m²)

ANO	Actuación	Coste de Rehabilitación
31	10 cm MBC	10,30

COSTE DE RECONSTRUCCION FINAL (€)	10,30
------------------------------------------	--------------

5.3.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO Y SECCIÓN ADOPTADA

Con todas las consideraciones realizadas se escogen como solución para el presente proyecto las secciones 031, 131, 231, y 4131, tomando cada una de estas secciones para los distintos ejes de proyecto atendiendo al tráfico disponible y al tipo de explanada proyectada.

Estas secciones se aplican a los ejes correspondientes tanto para plataformas nuevas, como para las calzadas ampliadas, que presentarán los espesores indicados en el apartado siguiente.

En caso que las previsiones de tráfico realizadas se vean, por incrementos coyunturales, superadas en un futuro alcanzándose una categoría de tráfico superior, bastará ejecutar un refuerzo de, al menos, 5 cm de mezcla bituminosa para alcanzar las secciones necesarias para dicha categoría de tráfico alcanzada.

Este refuerzo, debido a la configuración de capas dispuestas, podría consistir en la extensión de dos capas de 3 y 2 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B como la proyectada en rodadura, o, si se advierte el crecimiento de forma progresiva, se podría optar por diferir la extensión de estas dos capas entre ellas como si se considerara una labor de conservación continua del firme.

La transición entre las distintas secciones dentro de cada eje se realizará variando progresivamente el espesor de las capas hasta alcanzar los valores proyectados, la variación de los espesores se realizará en las capas más inferiores del paquete de mezclas bituminosas, motivo por el cual se han proyectado los espesores de las distintas capas que componen las secciones adoptadas.

La distribución de las distintas secciones adoptadas sobre los distintos ejes que forman el enlace objeto de este proyecto, como las tramificación de las secciones en dichos ejes, se puede observar en la siguiente tabla:

EJES	TIPO DE EXP.	TRAMIFICACIÓN		SECCION TIPO	TIPO DE P. FIR.	FIRME EN ARCÉN
		Pki	PKf			
Eje 1	EXP E3	2+250	3+440	S.T. CA-33 Y A-4	P. FIR. 031	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		3+440	3+575	S.T. CA-33 Y A-4	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		3+575	4+082	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 2	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
		4+082	4+395	S.T. CA-33 Y A-4	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		4+395	5+422	S.T. CA-33 Y A-4	P. FIR. 031	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 2	EXP E3	8+125	8+817	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 4	EXP E3	1+967	4+350	S.T. A-48	P. FIR. 031	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		4+350	4+454	S.T. ESTRUCTURA EXISTENTE PUENTE DUQUE DE LA VICTORIA EJE 4 Y 5	P. FIR. "Estructuras Existente"	Prolongación Calzada
	EXP E3	4+454	5+059	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 5		4+275	4+369	S.T. ESTRUCTURA EXISTENTE PUENTE DUQUE DE LA VICTORIA EJE 4 Y 5	P. FIR. "Estructuras Existente"	Prolongación Calzada
	EXP E3	4+369	4+733	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 7	EXP E3	5+886	6+220	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		6+220	6+500	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 1	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
		6+500	6+559	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 9		1+000	1+277	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
		1+277	1+536	S.T. ESTRUCTURA EXISTENTE ENLACE CHICLANA EJE 9	P. FIR. "Estructuras Existente"	Prolongación Calzada
	EXP E3	1+536	1+923	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 12	EXP E3	0+187	0+412	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 13	EXP E3	0+000	0+151	S.T. GLORIETA TRES CAMINOS	P. FIR. 231	Prolongación Calzada
Eje 15	EXP E3	0+000	0+796	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 16	EXP E3	7+991	8+081	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 18	EXP E3	0+285	0+350	S.T. SALIDA DEL POLIGONO	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 19	EXP E3	5+134	5+460	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		5+460	5+860	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 1	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
		5+860	5+916	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		5+916	8+640	S.T. A-48	P. FIR. 031	Dcho > 1,25m: Ver detalle

EJES	TIPO DE EXP.	TRAMIFICACIÓN		SECCION TIPO	TIPO DE P. FIR.	FIRME EN ARCÉN
		Pki	PKf			
Eje 20	EXP E3	2+200	2+580	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		2+580	2+943	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 2	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
Eje 22	EXP E3	3+229	3+400	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		3+400	3+580	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
	EXP E3	3+580	3+709	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 23	EXP E3	0+419	0+454	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 4131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		0+454	0+990	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
	EXP E3	0+990	1+025	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 4131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 24	EXP E3	3+058	3+631	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 25	EXP E3	4+000	4+140	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		4+140	4+405	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 3	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
		4+405	4+460	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 27	EXP E3	0+000	0+415	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 29	EXP E3	0+154	0+927	S.T. A-48 CON VIAS COLECTORAS	P. FIR. 4131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		0+927	1+093	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
Eje 30	EXP E3	0+000	0+173	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
		0+173	1+175	S.T. A-48 CON VIAS COLECTORAS	P. FIR. 4131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 33	EXP E3	0+000	1+657	S.T. VIAS DE SERVICIO	P. FIR. 4131	Prolongación Calzada
Eje 34	EXP E3	0+086	0+670	S.T. VIAS DE SERVICIO	P. FIR. 4131	Prolongación Calzada
Eje 44	EXP E3	0+000	0+030	S.T. VIAS DE SERVICIO	P. FIR. 4131	Prolongación Calzada
Eje 45	EXP E3	0+000	0+055	S.T. VIAS DE SERVICIO	P. FIR. 4131	Prolongación Calzada
Eje 47	EXP E2	0+000	0+534	S.T. CAMINO	P. FIR. "Camino"	No hay
Eje 50	-	1+760	2+228	S.T. VIA VERDE	P. FIR. "Vía Verde"	No hay

Tabla 7. Paquetes de firmes adoptados

6.- COMPOSICIÓN DE LAS SECCIONES DE FIRME ADOPTADAS

6.1.- SECCIÓN DE FIRME 031

La sección de firme 031 para la calzada se compondrá de las siguientes capas nombradas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa intermedia 2 de 5 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa intermedia 1 de 7 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa base de 15 cm de MBC tipo AC 32 base G.
- Capa sub-base de 25 cm de Zahorra Artificial.

En arcenes con anchura mayor a 1,25 m se dispondrán las siguientes capas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa intermedia 2 de 5 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa intermedia 1 de 7 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa sub-base de 15 cm de Zahorra Artificial Drenante.
- Capa sub-base de 25 cm de Zahorra Artificial.

En los arcenes con anchura menor a 1,25 m se dispondrán las capas igual y en prolongación que en la calzada.

Se dispondrán riegos de imprimación y de adherencia con las siguientes características:

- Riego de Imprimación sobre la capa granular de zahorra artificial: Emulsión tipo C60BF4IMP y dotación de 1,5 Kg/m².
- Riego de Adherencia bajo la capa de rodadura: Emulsión tipo C60BP3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².
- Riego de Adherencia entre las restantes capas de mezcla: Emulsión tipo C60B3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².

Las principales características de las distintas mezclas bituminosas serán:

CAPAS	TIPO DE MEZCLA	DENSIDAD	% BETÚN	FILLER/BETÚN	TIPO DE BETÚN
Base	AC 32 base G	2,45 T/m ³	4,0	1,0	B 35/50
Intermedias	AC 22 bin S	2,48 T/m ³	4,5	1,1	B 35/50
Rodadura	BBTM 11B	2,25 T/m ³	5,0	1,2	PMB 45/80-65

Tabla 8. Mezclas, betunes y dotaciones secciones 031

La sección con sus detalles está reflejada en los planos de secciones tipo del Documento n° 2:

Planos.

6.2.- SECCIÓN DE FIRME 131

La sección de firme 131 para la calzada se compondrá de las siguientes capas nombradas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa intermedia 2 de 5 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa intermedia 1 de 7 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa base de 10 cm de MBC tipo AC 32 base G.
- Capa sub-base de 25 cm de Zahorra Artificial.

En arcenes con anchura mayor a 1,25 m se dispondrán las siguientes capas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa intermedia 2 de 5 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa intermedia 1 de 7 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa sub-base de 15 cm de Zahorra Artificial Drenante.
- Capa sub-base de 20 cm de Zahorra Artificial.

En los arcenes con anchura menor a 1,25 m se dispondrán las capas igual y en prolongación que en la calzada.

Se dispondrán riegos de imprimación y de adherencia con las siguientes características:

- Riego de Imprimación sobre la capa granular de zahorra artificial: Emulsión tipo C60BF4IMP y dotación de 1,5 Kg/m².
- Riego de Adherencia bajo la capa de rodadura: Emulsión tipo C60BP3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².
- Riego de Adherencia entre las restantes capas de mezcla: Emulsión tipo C60B3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².

Las principales características de las distintas mezclas bituminosas serán:

CAPAS	TIPO DE MEZCLA	DENSIDAD	% BETÚN	FILLER/BETÚN	TIPO DE BETÚN
Base	AC 32 base G	2,45 T/m ³	4,0	1,0	B 50/70
Intermedias	AC 22 bin S	2,48 T/m ³	4,5	1,1	B 35/50
Rodadura	BBTM 11B	2,25 T/m ³	5,0	1,2	PMB 45/80-60

Tabla 9. Mezclas, betunes y dotaciones secciones 131

La sección con sus detalles está reflejada los planos de secciones tipo del Documento n^o 2: Planos

6.3.- SECCIÓN DE FIRME 231

La sección de firme 231 para la calzada se compondrá de las siguientes capas nombradas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa intermedia de 5 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa base de 12 cm de MBC tipo AC 32 base G.
- Capa sub-base de 25 cm de Zahorra Artificial.

En arcenes con anchura mayor a 1,25 m se dispondrán las siguientes capas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa intermedia de 5 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa sub-base de 17 cm de Zahorra Artificial.
- Capa sub-base de 20 cm de Zahorra Artificial.

En los arcenes con anchura menor a 1,25 m se dispondrán las capas igual y en prolongación que en la calzada.

Se dispondrán riegos de imprimación y de adherencia con las siguientes características:

- Riego de Imprimación sobre la capa granular de zahorra artificial: Emulsión tipo C60BF4IMP y dotación de 1,5 Kg/m².
- Riego de Adherencia bajo la capa de rodadura: Emulsión tipo C60BP3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².
- Riego de Adherencia entre las restantes capas de mezcla: Emulsión tipo C60B3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².

Las principales características de las distintas mezclas bituminosas serán:

CAPAS	TIPO DE MEZCLA	DENSIDAD	% BETÚN	FILLER/BETÚN	TIPO DE BETÚN
Base	AC 32 base G	2,45 T/m ³	4,0	1,0	B 50/70
Intermedias	AC 22 bin S	2,48 T/m ³	4,5	1,1	B 35/50
Rodadura	BBTM 11B	2,25 T/m ³	5,0	1,2	PMB 45/80-60

Tabla 10. Mezclas, betunes y dotaciones secciones 231

La sección con sus detalles está reflejada los planos de secciones tipo del Documento n^o 2: Planos

6.4.- SECCIÓN DE FIRME 4131

La sección de firme 4131 para la calzada se compondrá de las siguientes capas nombradas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa base de 7 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa sub-base de 20 cm de Zahorra Artificial.

En arcenes se dispondrán las mismas capas y en prolongación que las dispuestas en la calzada.

Se dispondrán riegos de imprimación y de adherencia con las siguientes características:

- Riego de Imprimación sobre la capa granular de zahorra artificial: Emulsión tipo C60BF4IMP y dotación de 1,5 Kg/m².
- Riego de Adherencia bajo la capa de rodadura: Emulsión tipo C60B3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².

Las principales características de las distintas mezclas bituminosas serán:

CAPAS	TIPO DE MEZCLA	DENSIDAD	% BETÚN	FILLER/BETÚN	TIPO DE BETÚN
Intermedia	AC 22 bin S	2,48 T/m ³	4,5	1,1	B 50/70
Rodadura	BBTM 11B	2,25 T/m ³	5,0	1,2	B 50/70

Tabla 11. Mezclas, betunes y dotaciones secciones 4131

La sección con sus detalles está reflejada los planos de secciones tipo del Documento n^o 2:
Planos

6.5.- SECCIÓN TIPO DE ESTRUCTURAS

Sobre las estructuras se ha dispuesto la siguiente sección de firme:

- Estructuras existentes

De acuerdo a lo indicado en el apartado 7.2 de la Norma 6.3-I.C., para evitar sobrecargas innecesarias sobre estructuras se deberá elegir, la solución eliminación parcial y reposición del firme. Se debe realizar, por tanto, un fresado y reposición en el espesor considerado, y no un refuerzo sobre el firme existente.

Tras un fresado de 8 cm del firme actual se extenderán las siguientes capas nombradas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa intermedia de 5 cm de MBC tipo AC 22 bin S.

Se dispondrán riegos de adherencia con las siguientes características:

- Riego de Adherencia bajo intermedia (C60B3 ADH, 0,5 kg/m²)
- Riego de Adherencia bajo rodadura: Emulsión tipo C60BP3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².

Las principales características de las distintas mezclas bituminosas serán las análogas a las correspondientes de las secciones contiguas al tramo de estructura, en función del tráfico, en resumen sería:

CAPAS	TIPO DE MEZCLA	DENSIDAD	% BETÚN	FILLER/BETÚN	TIPO DE BETÚN
Intermedias	AC 22 bin S	2,48 T/m ³	4,5	1,1	B 35/50 Tráficos T0, T1 y T2
					B 50/70 Tráfico T41
Rodadura	BBTM 11B	2,25 T/m ³	5,0	1,2	PMB 45/80-65 Tráfico T0
					PMB 45/80-60 Tráficos T1 y T2
					B 50/70 Tráfico T41

Tabla 12. Mezclas, betunes y dotaciones secciones estructuras existentes

La sección con sus detalles está reflejada los planos de secciones tipo del Documento n^o 2:
Planos

- Nuevas estructuras

Se extenderán las siguientes capas nombradas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa intermedia 2 de 5 cm de MBC tipo AC 22 bin S.

Se dispondrán riegos de adherencia con las siguientes características:

- Riego de Adherencia bajo intermedia (C60B3 ADH, 0,5 kg/m²)
- Riego de Adherencia bajo la capa de rodadura: Emulsión tipo C60BP3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².

Las principales características de las distintas mezclas bituminosas serán:

CAPAS	TIPO DE MEZCLA	DENSIDAD	% BETÚN	FILLER/BETÚN	TIPO DE BETÚN
Intermedias	AC 22 bin S	2,48 T/m ³	4,5	1,1	B 35/50 Tráficos T0, T1 y T2
					B 50/70 Tráfico T41
Rodadura	BBTM 11B	2,25 T/m ³	5,0	1,2	PMB 45/80-65 Tráfico T0
					PMB 45/80-60 Tráficos T1 y T2
					B 50/70 Tráfico T41

Tabla 13. Mezclas, betunes y dotaciones secciones estructuras nuevas

6.6.- SECCIÓN TIPO DE CAMINOS

Sobre los distintos caminos acondicionados se extenderá la siguiente capa:

- Capa de 30 cm de Zahorra Artificial.

Se dispondrá un tratamiento superficial con riego con gravilla bicapa, formado por dos aplicaciones sucesivas de ligante y árido. Como ligante se utilizará emulsión C65B4 TRG y dotación 1,10 kg/m² y 0,80 kg/m² con áridos 6/3 y 12/6.

La sección con sus detalles está reflejada en los planos de secciones tipo del Documento n^o 2: Planos.

6.7.- SECCIÓN TIPO DE LA VÍA VERDE

En los tramos de aprovechamiento de la carretera en desuso se realizará un escarificado completo del firme, dejando la plataforma existente en tierra.

En el tramo de vía verde de nuevo trazado, se extenderán las siguientes capas nombradas de arriba hacia abajo:

- Capa de 15 cm de Zahorra Artificial.
- Capa de 25 cm de Suelo Seleccionado.

Se dispondrá un tratamiento superficial con riego con gravilla bicapa, formado por dos aplicaciones sucesivas de ligante y árido. Como ligante se utilizará emulsión C65B4 TRG y dotación 1,10 kg/m² y 0,80 kg/m² con áridos 6/3 y 12/6.

La sección con sus detalles está reflejada tanto en los planos de secciones tipo del Documento n^o 2: Planos

7.- CALZADAS EXISTENTES Y FIRMES EN ENSANCHES DE PLATAFORMAS

En el presente apartado se desarrollarán las actuaciones relacionadas con las calzadas existentes, el tratamiento mínimo a realizar sobre ellas, y consideraciones acerca de los procedimientos constructivos a tener en cuenta para los nuevos paquetes de firmes a disponer en los ensanches laterales de calzadas existente que constituyen.

Las obras proyectadas consisten, en muchos casos, en el ensanche lateral de las calzadas de los viales actuales:

- Carretera A-4 en ambas márgenes, pppk 667,0 al 669,0
- Carretera CA-33 en ambas márgenes, pppk 11,7 a 13,3
- Carreteras A-48 en ambas márgenes, pppk 0,0 al 3,0.
- Además, será necesario ensanchar algunos ramales de enlace actuales entre carreteras que presentan un único carril por sentido.

Por tanto, es importante conocer el firme con el cual están construidas estas vías con el fin de diseñar secciones de ampliación técnicamente compatibles con las soluciones existentes.

7.1.- INVENTARIO DE FIRMES DEL MINISTERIO DE FOMENTO

Se han obtenido los datos del sistema de gestión de firmes (SGF) del tramo objeto del estudio con el inventario de los firmes de dicha base de datos, tratándose de una estimación de los firmes presentes en las calzadas anteriormente citadas.

Así, según información del Inventario de Firmes del Ministerio de Fomento (ver Apéndice n^o 2.- Inventario del Firme Actual), la estructura, espesores y tipología del firme en los tramos actuales, son las siguientes, de acuerdo con los criterios de clasificación fijados por la Norma 6.3-IC.

Carretera A-4

- Pk 667,0-669,0. Ambas calzadas. FIRME SEMIFLEXIBLE
 - Explanada: E-2 con suelo seleccionado
 - 25 cm de subbase granular
 - 30 cm de MBC

Carretera CA-33

- Pk 11,7-13,3. Ambas calzadas. FIRME SEMIFLEXIBLE
 - Explanada: E-3
 - Sin datos de obra de tierra subyacente.
 - 50 cm de subbase granular
 - 24 cm de MBC

Carretera A-48

- Pk 0,0-3,0. Ambas calzadas. FIRME SEMIFLEXIBLE
 - Explanada: E-2 con suelo seleccionado
 - 15 - 25 cm de subbase granular
 - 25 - 30 cm de MBC

De acuerdo por tanto al inventario de firmes del Sistema de Gestión de Firmes, las calzadas existentes están formadas por paquetes semiflexibles con subbases granulares y apoyados por lo general en capas de asiento formados por suelo seleccionado.

7.2.- TESTIGOS DE FIRME EJECUTADOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO.

El martes 18 de febrero de 2020 se realizó, con la colaboración del sector CA-01 de conservación, una campaña de toma de testigos de firme efectuada para corroborar los datos del inventario y para determinar los espesores reales de las MBC existentes en el tramo objeto del estudio. En el apéndice nº 3 se muestra el reportaje fotográfico de los testigos extraídos. Dichos testigos se tomaron en las siguientes ubicaciones:

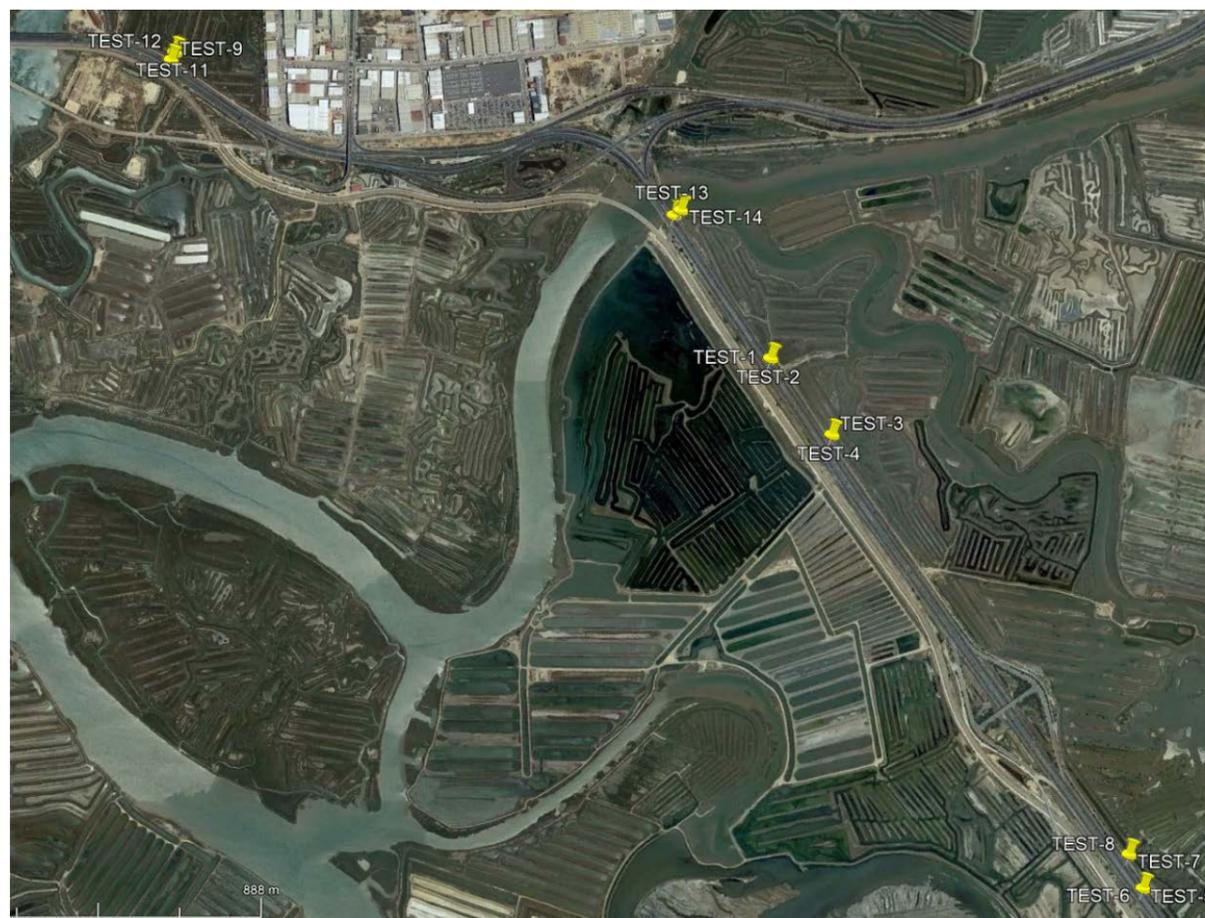


Imagen 2. Ubicación de los testigos realizados.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de los trabajos de campo realizados.

TESTIGOS PAQUETE DE FIRMES TRES CAMINOS

TESTIGO	CARRTERA	CALZADA	P.K.	ARCÉN/CARRIL	MB (cm)	HORM (cm)	RODADURA	PAQUETE TOTAL MEZCLAS
1	A-48	DER	0+700	CARRIL DERECHO	24,0		6	30,0
2	A-48	DER	0+700	CARRIL CENTRAL	21,0		4	25,0
3	A-48	IZQ	0,970	CARRIL DERECHO	21,5		4,5	26,0
4	A-48	IZQ	0,970	CARRIL CENTRAL	17,0		4	21,0
5	A-48	DER	2+470	CARRIL DERECHO	24,5		5,5	30,0
6	A-48	DER	2+470	CARRIL CENTRAL	19,5		3,5	23,0
7	A-48	IZQ	2+370	ARCEN DERECHO	29,0		5	34,0
8	A-48	IZQ	2+370	CARRIL DERECHO	21,5		3,5	25,0
9	CA-33	DER	11+920	ARCEN DERECHO	11,0	27,0	4,0	15,0
10	CA-33	DER	11+920	CARRIL DERECHO	10,0		4,0	14,0
11	CA-33	IZQ	11+920	ARCEN DERECHO	23,5		2,5	26,0
12	CA-33	IZQ	11+920	CARRIL DERECHO	39,5		3	42,5
13	A-48	DER	0+234	CARRIL DERECHO	44,0		4	48,0

Tabla 14. Resultados de los testigos de firme realizados en campo.

7.3.- CONCLUSIONES OBTENIDAS

Del análisis de los datos del inventario del SGF y los testigos realizados podemos extraer las siguientes conclusiones.

- Existe una homogeneidad en las secciones existentes en cuanto a que las estructuras del firme son semiflexibles, con subbases de apoyo granulares y capas de asiento a base de suelos seleccionados.
- Esta homogeneidad de los materiales no lo es para los espesores obtenidos de mezclas asfálticas, distribuyéndose dichos espesores con mucha heterogeneidad con rangos entre los 14 cm y los 48 cm.
- Esta diferencia de espesores probablemente sea debida a la ejecución de numerosos refuerzos con el paso de los años, recrecimientos en zona de accesos a estribos de estructuras (Puente Duque de la Victoria) o actuaciones en cuñas de elevación en bordes para actuar sobre los peraltes.
- Se desconocen con exactitud los espesores de las subbases de material granular bajo las mezclas asfálticas, aunque de acuerdo a los datos del sistema de gestión de firmes y de la experiencia aportada por los técnicos de conservación, estos espesores se estiman muy variables, con variaciones entre tramos incluso decamétricas.

7.4.- ACTUACIONES EN AMPLIACIONES DE CALZADAS EXISTENTES

Como se ha venido indicando a lo largo del presente anejo, un importante aspecto del presente proyecto es la necesidad de ejecución de numerosos ensanches laterales en las calzadas existentes, con lo que se deben extremar las medidas durante el proceso constructivo para evitar la futura aparición de deterioros en el firme.

A continuación, se indican las medidas complementarias a adoptar en las actuaciones de ampliaciones de calzadas y plataformas existentes.

7.4.1.- Fisuración del firme.

Con el fin de evitar el reflejo a la capa de rodadura de las juntas verticales constructivas derivadas del extendido de las distintas capas de mezcla bituminosa en los tramos de ensanche lateral de la plataforma, durante la construcción se realizará un escalonado entre las capas de base e intermedia. La anchura de dichos escalones se ha fijado por lo general en 50 cm para permitir un perfecto engarce entre las capas de firme nuevas y el firme existente en las ampliaciones laterales de la A-4, la A-48 y la CA-33. Para las ampliaciones de los actuales ramales unidireccionales, debido a su menor anchura de plataforma, y para reducir la afección durante las obras, el escalonado se ha definido con una anchura mínima de 25 cm.

Además, la capa de rodadura se extenderá a sección completa sin juntas.

Adicionalmente, bajo las capas intermedia y de rodadura se dispondrá una geomalla de refuerzo de asfalto de alta resistencia unida a un no-tejido ultraligero y todo el conjunto con recubrimiento bituminoso ($\geq 60\%$ de betún). El peso unitario mínimo será de 240 g/m².

En el apéndice nº 4 se indican las especificaciones técnicas mínimas que debe cumplir la geomalla de refuerzo a disponer.

En el documento planos, en las secciones tipo, se puede consultar dicha disposición, del cual extraemos la figura siguiente.

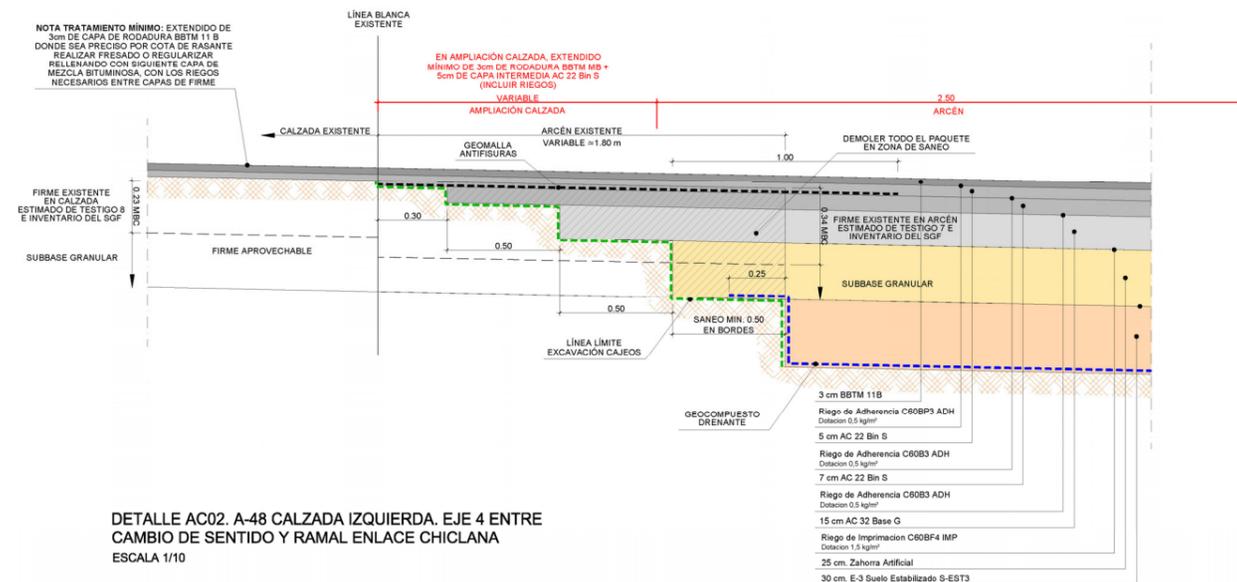


Imagen 3. Detalle de ampliación de calzada extraído del documento nº 2. Planos

7.4.2.- Drenaje de las capas de firme

Para diseñar el drenaje subterráneo de las capas de firme se ha seguido la OC 17/2003.

Como se ha propuesto en los apartados anteriores, para los ejes del proyecto, incluyéndose los ensanches laterales del tronco, se proyecta la formación de una explanada E-3 cuya coronación presenta 30 cm de Suelo estabilizado 3, tratándose por tanto de una capa impermeable, de manera que nos situamos en el caso F de la Orden circular.

Por otro lado, en el caso de las ampliaciones laterales del tronco, deberá garantizarse que el agua infiltrada escurra por la subrasante del paquete de firme (capa inferior de la subbase de zahorra artificial) siempre hacia el exterior.

Como se ha indicado en el apartado anterior, las estructuras del firme existente están compuestas de mezclas bituminosas en caliente apoyadas en subbases granulares. Por tanto, en los firmes ampliados, siempre tendremos un contacto entre capas permeables (contacto de subbase granular existente con subbase de zahorra artificial proyectado), permitiendo el flujo subhorizontal del agua hacia el exterior de la plataforma.

Para ello se propone adoptar las siguientes soluciones para la evacuación lateral de las aguas, de acuerdo con la Orden Circular.

DETALLE FR01 (véase apartado 2.1.2.5)

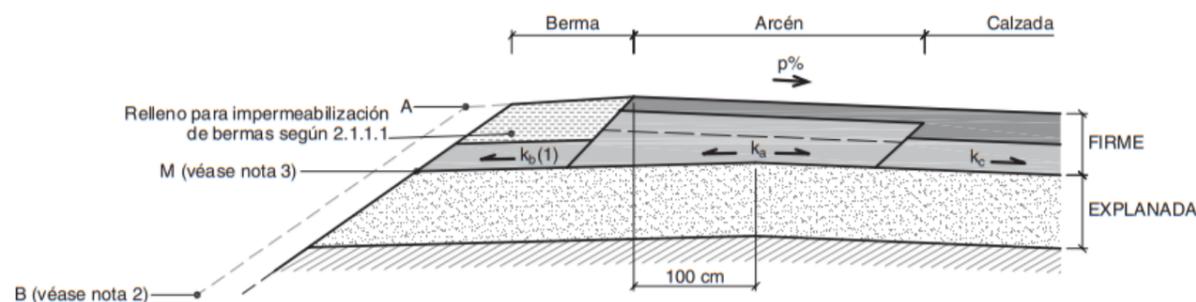


Imagen 4. Detalle FR01 de la OC17/2003

DETALLE FR11 (véase apartado 2.1.2.5)

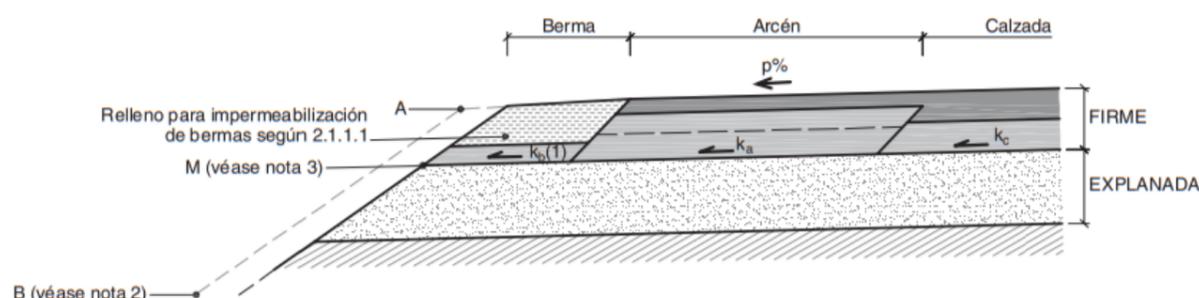


Imagen 5. Detalle FR11 de la Orden Circular 17/2003

Para el caso de secciones puntuales de escasa altura de terraplén que también existirán en la obra, en las que el punto M pueda quedar debajo del terreno, serán de aplicación soluciones similares a las FD04 y FD14 de la Orden Circular, es decir, se dispondrá de zorra artificial drenante en prolongación en la berma, con un espesor mínimo de 20 cm, para permitir el desagüe lateral del agua de infiltración.

DETALLE FD04 (véase apartado 2.1.2.5)

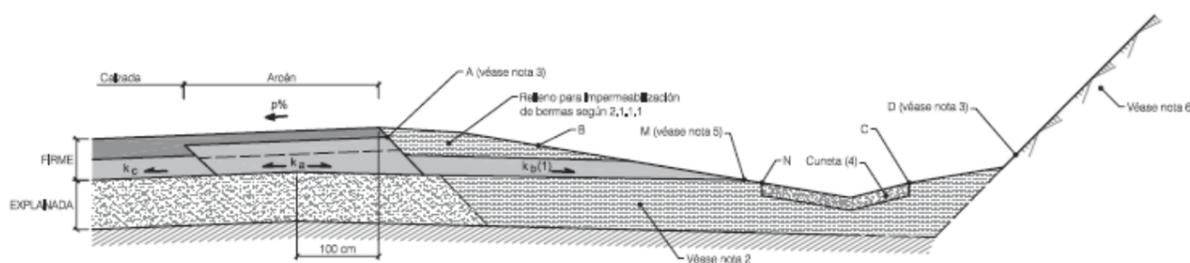


Imagen 6. Detalle FD04 de la Orden Circular 17/2003

DETALLE FD14 (véase apartado 2.1.2.5)

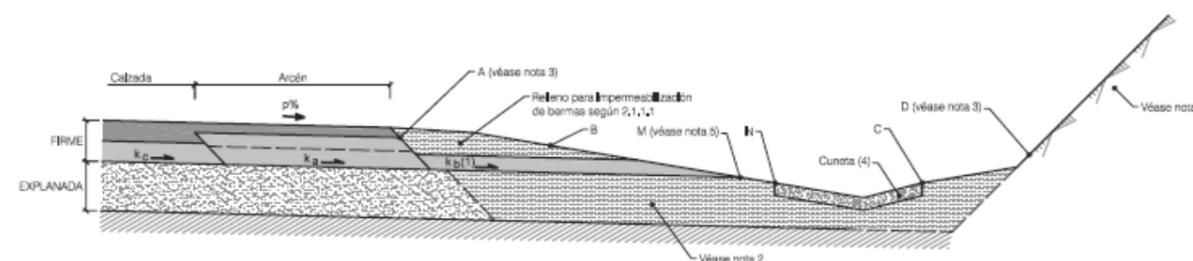


Imagen 7. Detalle FD14 de la Orden Circular 17/2003

Dicho esto, también se debe indicar que podría ocurrir para secciones puntuales que, a partir de un punto, de profundidad variable, se tenga un contacto de una capa permeable (la existente) con una capa impermeable (la proyectada de suelo estabilizado 3 para la formación de explanada). En estos contactos, por tanto, se debe facilitar el drenaje vertical y permitir un recorrido de las aguas que impida su concentración en puntos determinados, favoreciendo en todo caso la salida lateral de las aguas.

Por tanto, como medida adicional para asegurar el correcto drenaje subterráneo de infiltración, se propone disponer de un geocompuesto drenante. Este geocompuesto estará formado por una geored de polietileno junto con un geotextil no tejido de polipropileno. En el apéndice nº 4 se incluyen las especificaciones técnicas mínimas que debe cumplir el geocompuesto drenante.

7.5.- TRATAMIENTO MÍNIMO SOBRE LAS CALZADAS EXISTENTES

El firme existente se muestra en general en buen estado, como se ha podido corroborar en las visitas a campo realizadas, y durante la campaña de extracción de testigos del firme existente. El propio personal de la Conservación Integral nos indicó que no se tienen problemas de aparición de deterioros importantes del firme, y que únicamente algunas zonas presentan un desgaste superficial de la capa de rodadura.

Es por ello que no resultan necesarias actuaciones específicas de rehabilitación del firme actual en las carreteras A-4, A-48 y CA-33.

En todo el ámbito de las obras, de acuerdo al documento de planos, y como capa de acabado, regularización e igualación de las cuñas y ampliaciones construidas en los distintos tajos de las obras se ha proyectado una capa de rodadura mediante mezcla bituminosa en caliente discontinua tipo BBTM11B, de 3 cm de espesor en toda la zona de proyecto, con su correspondiente riego de adherencia.

Concretamente, en los tramos de ampliación de calzadas, en las carreteras A-4, A-48 y CA-33, el tratamiento mínimo de dichas calzadas será el extendido de 3 cm de capa de rodadura BBTM 11B.

Debido a que la rasante geométrica proyectada presenta una cota roja variable respecto a la plataforma existente, donde sea preciso por insuficiencia de cota se realizará un fresado de la rodadura existente para permitir albergar al menos esos 3 cm de tratamiento mínimo de nueva rodadura. En otros casos con mayor cota roja que esos 3 cm, puede que sea preciso regularizar rellenando con mezcla bituminosa en caliente hasta llegar a la cota del firme existente aprovechable.

8.- DESVÍOS PROVISIONALES NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

En el Anejo nº 16: soluciones propuestas al tráfico durante la ejecución de las obras, se estudia la compatibilidad de la ejecución de la obra de acondicionamiento del enlace de Tres Caminos, objeto del presente Proyecto, con la circulación del tráfico presente en las carreteras existentes afectadas por las obras.

En éste se definen una serie de desvíos provisionales que deben ser diseñados para procurar dar continuidad y que no se interrumpan los flujos de tráfico actuales en todos sus sentidos.

La relación de los desvíos necesarios en las distintas fases que se contemplan se enumera a continuación, con la descripción de su recorrido y los movimientos a los que da servicio:

- Desvío nº 1: parte y llega a la calzada actual Chiclana – San Fernando
- Desvío nº 2: sale y llega a la calzada San Fernando – Chiclana
- Desvío nº 3: nuevo lazo Sevilla – Chiclana
- Desvío nº 4: parte de la calzada Chiclana – San Fernando y llega al desvío nº 5, dando servicio durante el transcurso de las obras al tráfico Chiclana – Sevilla.
- Desvío nº 5: San Fernando – Sevilla / Sevilla – Chiclana (doble sentido)
- Desvío nº 6A: parte de la A-4 y llega a la vía de servicio proyectada en el norte del enlace, para dar servicio durante las obras al sentido Sevilla – San Fernando
- Desvío nº 6B: parte de la vía de servicio comentada y llega al ramal proyectado hacia el polígono industrial, actual calzada Sevilla – San Fernando, dando servicio a este movimiento.
- Desvío nº 8: parte del carril derecho de la calzada proyectada Sevilla – Chiclana y llega al desvío nº 2, mediante un tercer carril que se incorpora a la calzada existente San Fernando – Chiclana. Este desvío pasa a distinto nivel sobre el desvío nº 1 mediante un marco. Para la fase IV se proyecta un final de este desvío (desvío nº 8-1a) no mediante

incorporación al desvío nº 2, sino siguiendo el carril sobre el trazado del desvío nº 2 hasta enganchar con la calzada proyectada San Fernando – Chiclana por su carril derecho.

- Desvío nº 9: del ramal que va desde Sevilla hacia el polígono industrial, hasta la calzada proyectada Chiclana – San Fernando, para dar servicio durante el tiempo que duren las obras al movimiento Sevilla – San Fernando.
- Desvío nº 10: parte del ramal proyectado que va desde el enlace de Chiclana hacia el cambio de sentido hasta la vía de servicio proyectada de la A-48, para habilitar durante las obras el cambio de sentido.
- Desvío nº 11: de la calzada proyectada Chiclana – San Fernando a la Sevilla – Chiclana.
- Desvío nº 12A – 12B: desde el ramal proyectado que entra desde Algeciras para Chiclana se pasa hacia el ramal existente que entra desde la A-48 sentido Algeciras, hacia Chiclana.

Existe además una reposición de un camino, el camino 2 en la margen izquierda de la A-48, que se va a usar durante la fase II como desvío provisional para mantener el tráfico de Chiclana hacia el cambio de sentido, junto con los correspondientes “bypass” para conectar este tráfico con los viales existentes. Se ha previsto el afirmado provisional de dichos caminos con un doble tratamiento superficial con gravilla que mejore las características portantes de éste durante el tiempo que permanezca en servicio, pues este desvío no va a albergar demasiado tráfico.

Ver los planos de soluciones propuestas al tráfico en el Anejo nº 16.

Todos los desvíos existentes se van a proyectar para derivar el tráfico por nuevos desvíos que se construyen con esa finalidad fuera de la traza tanto existente como proyectada o por calzadas existentes, o proyectadas ya construidas, durante el tiempo que duren las obras; en estas últimas, el tráfico se va a encauzar con líneas amarillas y barreras TD-1. Estos desvíos disponen de una vida limitada, dependiendo ésta de las fases en que de servicio cada uno y que se pueden ver en el anejo correspondiente. Las vías van a soportar un gran volumen de tráfico, siendo necesario en los desvíos de nueva construcción (desvío nº 1, 2, 3, 4, 5, 6A, 6B, 8, 9, 10) proyectarlos con una explanada con adecuada capacidad portante y un paquete de firme que cumpla con las exigencias de la normativa 6.1-I.C. “Secciones de firme”.

Tanto para la formación de la explanada como para el proyecto del paquete de firme se ha tomado como criterio fundamental no incluir unidades nuevas en el proyecto, es decir, usar de entre las posibles capas que nos da la instrucción las que ya se han incluido en el diseño de las calzadas principales del enlace y en la ampliación de la plataforma de la A-48.

A continuación, se presentan las justificaciones del paquete de firme adoptado en los desvíos provisionales que lo requieren, a excepción del camino, que como ya hemos comentado se le aplica doble tratamiento superficial.

8.1.- TRÁFICO

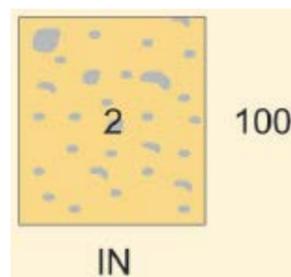
La categoría de tráfico pesado que se va a adoptar para el dimensionamiento del paquete de firme de los desvíos provisionales va a resultar de considerar la máxima obtenida para el año de puesta en servicio en los tramos estudiados en el proyecto de los movimientos principales, disminuida en dos categorías de tráfico, pues los desvíos tienen carácter transitorio durante el tiempo que duran las obras.

Así, el movimiento principal del proyecto con mayor IMD_p se corresponde con el tramo 9 y el tramo 12, que tienen como origen-destino A-48 Chiclana – Tres Caminos y Tres Caminos – A-48 Chiclana respectivamente, con una IMD_p de 2.865 vehículos, que según la Tabla 1A de la instrucción 6.1-IC se corresponde con la categoría de tráfico T0; por tanto, considerando dicha disminución, la categoría adoptada para los desvíos provisionales es la T2.

8.2.- TIPO DE EXPLANADA

La formación de la explanada depende del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente, así como de las características y espesores de los materiales disponibles.

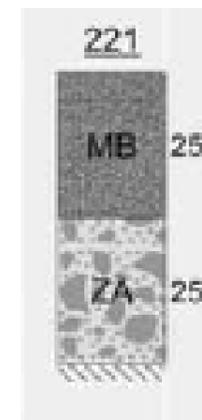
De acuerdo con la categoría de tráfico obtenida en el apartado anterior, es necesario disponer una explanada con unas determinadas condiciones, según lo indicado por la normativa 6.1-IC de Secciones de firme. El terreno de apoyo se clasifica como terrenos marginales o inadecuados con $CBR=1$. Para dar homogeneidad al proyecto se va a adoptar una explanada E-2, la cual se formará con la aportación de suelo seleccionado tipo 2, mismo tipo de material que se usa para la formación de rellenos y explanadas del resto de ejes del proyecto. Los espesores según Norma son los siguientes:



Por tanto, para la formación de explanada se aportarán 100 cm de suelo seleccionado tipo 2 de acuerdo a las especificaciones del PG-3.

8.3.- SECCIÓN DE FIRME

Según la categoría de tráfico definida y el tipo de explanada seleccionado, de entre las secciones de firme que incluye la instrucción se va a elegir la siguiente:



Esta sección está formada por 25 cm de M.B.C sobre sub-base granular de 25 cm. de Z.A. (Sección nº 221), que dan lugar a las siguientes capas de arriba abajo:

- Capa de rodadura de 3 cm de MBC discontinua tipo BBTM 11B.
- Capa intermedia 2 de 5 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa intermedia 1 de 7 cm de MBC tipo AC 22 bin S.
- Capa base de 10 cm de MBC tipo AC 32 base G.
- Capa sub-base de 25 cm de Zahorra Artificial.

Se dispondrán riegos de imprimación y de adherencia con las siguientes características:

- Riego de Imprimación sobre la capa granular de zahorra artificial: Emulsión tipo C60BF4IMP y dotación de 1,5 Kg/m².
- Riego de Adherencia bajo la capa de rodadura: Emulsión tipo C60BP3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².
- Riego de Adherencia entre las restantes capas de mezcla: Emulsión tipo C60B3 ADH y dotación 0,5 Kg/m².

Las principales características de las distintas mezclas bituminosas serán:

CAPAS	TIPO DE MEZCLA	DENSIDAD	% BETÚN	FILLER/BETÚN	TIPO DE BETÚN
Base	AC 32 base G	2,45 T/m ³	4,0	1,0	B 50/70
Intermedias	AC 22 bin S	2,48 T/m ³	4,5	1,1	B 35/50
Rodadura	BBTM 11B	2,25 T/m ³	5,0	1,2	PMB 45/80-60

Tabla 15. Mezclas, betunes y dotaciones secciones desvíos provisionales

9.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se han definido los firmes en base a dos aspectos iniciales: La explanada y la categoría de tráfico pesado.

En cuanto a la explanada, para homogeneizar y simplificar los procesos constructivos y la ejecución de rellenos, se ha optado por disponer para todos los ejes de una explanada de categoría E3 formada por 50 cm de suelo seleccionado tipo 2 y 30 cm suelo estabilizado tipo 3. En el caso de ampliaciones de plataforma con escasa altura de tierras, para reducir al máximo los espesores de excavación, se ha dispuesto un geocompuesto formato por una malla biaxial y un geotextil no tejido, con el doble objetivo de reducir el espesor de suelo seleccionado de 50 a 30 cm, y mejorar el comportamiento estructural del paquete, al homogeneizar y reducir los asentamientos producidos.

Para los desvíos provisionales, se ha dispuesto una explanada E-2, mediante el aporte de 100 cm de suelo seleccionado tipo 2.

Explanada E-3

Extensión de las siguientes capas (de abajo a arriba):

- 50* cm Suelo seleccionado tipo 2
- 30 cm de suelo estabilizado tipo 3.

(*) Para terraplenes H < 1m, 30 cm y colocación de geocompuesto.

Explanada E-2 (desvíos provisionales)

Extensión de las siguientes capas (de abajo a arriba):

- Al menos 100 cm de suelo seleccionado tipo 2.

En base a los resultados obtenidos en el Estudio de Tráfico se ha asignado a cada eje la categoría de tráfico pesado correspondiente, que se resumen en la tabla siguiente. En función de la explanada y de dicha categoría de tráfico pesado, se diseñan los paquetes de firme para cada sección. Por motivos constructivos y técnicos se adoptan firmes semiflexibles con una subbase granular de zahorra y mezclas bituminosas en caliente, siendo discontinuas en la capa de rodadura.

A continuación se resumen todos los firmes adoptados, y la distribución de las capas de firme tanto en calzadas como en arcenes > 1,25 m de anchura.

EJES	TIPO DE EXP.	TRAMIFICACIÓN		SECCION TIPO	TIPO DE P. FIR.	FIRME EN ARCÉN
		Pki	PKf			
Eje 1	EXP E3	2+250	3+440	S.T. CA-33 Y A-4	P. FIR. 031	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		3+440	3+575	S.T. CA-33 Y A-4	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		3+575	4+082	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 2	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
		4+082	4+312	S.T. CA-33 Y A-4	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		4+312	5+422	S.T. CA-33 Y A-4	P. FIR. 031	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 2	EXP E3	8+125	8+817	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 4	EXP E3	1+967	4+350	S.T. A-48	P. FIR. 031	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		4+350	4+454	S.T. ESTRUCTURA EXISTENTE PUENTE DUQUE DE LA VICTORIA EJE 4 Y 5	P. FIR. "Estructuras Existente"	Prolongación Calzada
	EXP E3	4+454	5+059	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 5		4+275	4+369	S.T. ESTRUCTURA EXISTENTE PUENTE DUQUE DE LA VICTORIA EJE 4 Y 5	P. FIR. "Estructuras Existente"	Prolongación Calzada
	EXP E3	4+369	4+733	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 7	EXP E3	5+886	6+220	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		6+220	6+500	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 1	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
		6+500	6+559	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 9		1+000	1+277	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
		1+277	1+536	S.T. ESTRUCTURA EXISTENTE ENLACE CHICLANA EJE 9	P. FIR. "Estructuras Existente"	Prolongación Calzada
	EXP E3	1+536	1+923	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 12	EXP E3	0+187	0+412	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 13	EXP E3	0+000	0+151	S.T. GLORIETA TRES CAMINOS	P. FIR. 231	Prolongación Calzada
Eje 15	EXP E3	0+000	0+796	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 16	EXP E3	7+991	8+081	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 18	EXP E3	0+285	0+350	S.T. SALIDA DEL POLIGONO	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		5+134	5+460	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		5+460	5+860	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 1	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
		5+860	5+916	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		5+916	8+640	S.T. A-48	P. FIR. 031	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 20	EXP E3	2+200	2+580	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		2+580	2+943	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 2	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
Eje 22	EXP E3	3+229	3+400	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle

EJES	TIPO DE EXP.	TRAMIFICACIÓN		SECCION TIPO	TIPO DE P. FIR.	FIRME EN ARCÉN
		Pki	PKf			
		3+400	3+600	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
	EXP E3	3+600	3+709	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 23	EXP E3	0+419	0+454	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 4131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		0+454	0+990	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
	EXP E3	0+990	1+025	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 4131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 24	EXP E3	3+058	3+631	S.T. RAMALES PRINCIPALES	P. FIR. 131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 25	EXP E3	4+000	4+140	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		4+140	4+405	S.T. NUEVA ESTRUCTURA 3	P. FIR. "Estructuras Nuevas"	Prolongación Calzada
		4+405	4+460	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 27	EXP E3	0+000	0+415	S.T. RAMALES UNIDIRECCIONALES SECUNDARIOS	P. FIR. 231	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 29	EXP E3	0+154	0+927	S.T. A-48 CON VIAS COLECTORAS	P. FIR. 4131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
		0+927	1+093	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
Eje 30		0+000	0+173	S.T. PLATAFORMA EXISTENTE	Capa de rodadura y acabado	Prolongación Calzada
	EXP E3	0+173	1+175	S.T. A-48 CON VIAS COLECTORAS	P. FIR. 4131	Dcho > 1,25m: Ver detalle
Eje 33	EXP E3	0+000	1+657	S.T. VIAS DE SERVICIO	P. FIR. 4131	Prolongación Calzada
Eje 34	EXP E3	0+086	0+670	S.T. VIAS DE SERVICIO	P. FIR. 4131	Prolongación Calzada
Eje 44	EXP E3	0+000	0+030	S.T. VIAS DE SERVICIO	P. FIR. 4131	Prolongación Calzada
Eje 45	EXP E3	0+000	0+055	S.T. VIAS DE SERVICIO	P. FIR. 4131	Prolongación Calzada
Eje 47	EXP E2	0+000	0+534	S.T. CAMINO	P. FIR. "Camino"	No hay
Eje 50	-	1+760	2+228	S.T. VIA VERDE	P. FIR. "Vía Verde"	No hay

Tabla 16. Resumen de secciones de firme adoptadas.

Sección 031 (calzada)			
Paquete	Espesor	Capa	Material
Firme (55 cm)	3 cm	Rodadura	BBTM11B PMB 45/80-65
	5 cm	Intermedia 1	AC22 bin B 35/50 S
	7 cm	Intermedia 2	AC22 bin B 35/50 S
	15 cm	Base Bituminosa	AC32 base B 35/50 G
Explanada (variable 60-80 cm)	25 cm	Subbase granular	Zahorra artificial
	30 cm	E-3	Suelo estabilizado S-EST3
	50 cm		Suelo seleccionado Mínimo Tipo 2 s/PG-3

Sección 131 (calzada)			
Paquete	Espesor	Capa	Material
Firme (50 cm)	3 cm	Rodadura	BBTM11B PMB 45/80-60
	5 cm	Intermedia 1	AC22 bin B 35/50 S
	7 cm	Intermedia 2	AC22 bin B 35/50 S
	10 cm	Base Bituminosa	AC32 base B 50/70 G
	25 cm	Subbase granular	Zahorra artificial
Explanada (variable 60-80 cm)	30 cm	E-3	Suelo estabilizado S-EST3
	50 cm		Suelo seleccionado Mínimo Tipo 2 s/PG-3
	30 cm (mín. con geocompuesto)		

Sección 231 (calzada)			
Paquete	Espesor	Capa	Material
Firme (45 cm)	3 cm	Rodadura	BBTM11B PMB 45/80-60
	5 cm	Intermedia 1	AC22 bin B 35/50 S
	12 cm	Base Bituminosa	AC32 base B 50/70 G
	25 cm	Subbase granular	Zahorra artificial
Explanada (variable 60-80 cm)	30 cm	E-3	Suelo estabilizado S-EST3
	50 cm		Suelo seleccionado Mínimo Tipo 2 s/PG-3
	30 cm (mín. con geocompuesto)		

Sección 4131 (calzada)			
Paquete	Espesor	Capa	Material
Firme (30 cm)	3 cm	Rodadura	BBTM11B PMB 45/80-60
	7 cm	Intermedia	AC22 bin B 50/70 S
	20 cm	Subbase granular	Zahorra artificial
Explanada (variable 60-80 cm)	30 cm	E-3	Suelo estabilizado S-EST3
	50 cm		Suelo seleccionado Mínimo Tipo 2 s/PG-3
	30 cm (mín. con geocompuesto)		

Sección 031 (arcén > 1,25 m)			
Paquete	Espesor	Capa	Material
Firme (55 cm)	3 cm	Rodadura	BBTM11B PMB 45/80-65
	5 cm	Intermedia 1	AC22 bin B 35/50 S
	7 cm	Intermedia 2	AC22 bin B 35/50 S
	15 cm	Subbase granular	Zahorra artificial drenante
	25 cm	Subbase granular	Zahorra artificial
Explanada (variable 60-80 cm)	30 cm	E-3	Suelo estabilizado S-EST3
	50 cm		Suelo seleccionado Mínimo Tipo 2 s/PG-3
	30 cm (mín. con geocompuesto)		

Sección 131 (arcén > 1,25 m)			
Paquete	Espesor	Capa	Material
Firme (50 cm)	3 cm	Rodadura	BBTM11B PMB 45/80-60
	5 cm	Intermedia 1	AC22 bin B 35/50 S
	7 cm	Intermedia 2	AC22 bin B 35/50 S
	15 cm	Subbase granular	Zahorra artificial drenante
	20 cm	Subbase granular	Zahorra artificial
Explanada (variable 60-80 cm)	30 cm	E-3	Suelo estabilizado S-EST3
	50 cm		Suelo seleccionado Mínimo Tipo 2 s/PG-3
	30 cm (mín. con geocompuesto)		

Sección 231 (arcén > 1,25 m)			
Paquete	Espesor	Capa	Material
Firme (45 cm)	3 cm	Rodadura	BBTM11B PMB 45/80-60
	5 cm	Intermedia 1	AC22 bin B 35/50 S
	17 cm	Subbase granular	Zahorra artificial
	20 cm	Subbase granular	Zahorra artificial
Explanada (variable 60-80 cm)	30 cm	E-3	Suelo estabilizado S-EST3
	50 cm		Suelo seleccionado Mínimo Tipo 2 s/PG-3
	30 cm (mín. con geocompuesto)		

Sección 4131 (arcén > 1,25 m)			
Paquete	Espesor	Capa	Material
Firme (30 cm)	3 cm	Rodadura	BBTM11B PMB 45/80-60
	7 cm	Intermedia	AC22 bin B 50/70 S
	20 cm	Subbase granular	Zahorra artificial
Explanada (variable 60-80 cm)	30 cm	E-3	Suelo estabilizado S-EST3
	50 cm		Suelo seleccionado Mínimo Tipo 2 s/PG-3
	30 cm (mín. con geocompuesto)		

Tabla 17. Resumen de distribución de las capas de firme adoptadas.

**APÉNDICE 1. INFORME JUSTIFICATIVO DE LA PROPUESTA DE
FORMACIÓN DE EXPLANADA**

INDICE

1.-	INFORME JUSTIFICATIVO DE LA PROPUESTA DE FORMACIÓN DE EXPLANADA	31
1.1.-	ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DE OTRAS ACTUACIONES EN EL ENTORNO...	31
1.1.1.-	<i>Proyecto Modificado Nº1 de la duplicación de calzada la CN-340 y variante de Chiclana p.k.0 al 9+470. (A-48 actual).....</i>	31
1.1.2.-	<i>Duplicación de calzada Vte. de Puerto Real. CN-IV p.k. 660,2 al 664,88</i>	33
1.1.3.-	<i>Duplicación de la CN-IV. pk. 664,8 al 671,8. Tramo: Final de la Variante de Puerto Real – Tres Caminos.</i>	35
1.1.4.-	<i>Proyectos del tranvía. Tramos Chiclana-Caño Zurraque y caño Zurraque-San Fernando.</i>	37
1.2.-	PROPUESTA DE FORMACIÓN DE EXPLANADA.....	38
1.2.1.-	<i>Tráfico</i>	38
1.2.2.-	<i>Categoría de explanada.....</i>	39
1.2.3.-	<i>Formación de explanada</i>	39
1.2.4.-	<i>Conclusión</i>	40
1.2.5.-	<i>Esquemas aclaratorios</i>	41
	ANEXO Nº1 CÁLCULOS ANALÍTICOS.....	42

En este apartado se va a justificar la explanada propuesta de asiento de las capas del firme. Los objetivos buscados en el diseño de la explanada han sido los siguientes:

- Realizar soluciones similares a las obras del entorno que se ha comprobado han tenido un resultado satisfactorio a lo largo del tiempo.
- Disposición de explanadas dentro del catálogo de la Norma de Firmes 6.1-IC.
- Obtención de explanadas de espesor mínimo, para evitar grandes saneos y sobreexcavaciones no deseables en zona de marisma, que se derive en la eliminación de todo el espesor de las costras superiores parcialmente desecadas que presentan una sobreconsolidación.

1.- INFORME JUSTIFICATIVO DE LA PROPUESTA DE FORMACIÓN DE EXPLANADA

1.1.- ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DE OTRAS ACTUACIONES EN EL ENTORNO

A continuación, se describen las actuaciones realizadas en el entorno por el Ministerio de Fomento, y en concreto se resumen las medidas proyectadas en cada uno de los proyectos en lo relativo al diseño de firmes en zonas de marismas:

1.1.1.- Proyecto Modificado Nº1 de la duplicación de calzada la CN-340 y variante de Chiclana p.k.0 al 9+470. (A-48 actual)

Fecha de redacción: Noviembre de 1.990.

Norma de aplicación: NORMA 6.1 IC "FIRMES FLEXIBLES" y 6.2 IC "FIRMES RIGIDOS", aprobadas por O.M. de 12-3-76 (BOE 4-10-76)

Zona geotécnica similar: La actuación de ampliación a un tercer carril en la A-48 en el presente proyecto año 2007, es en parte el mismo tramo que el anterior proyecto de duplicación año 1990.

Categoría de Tráfico: T1

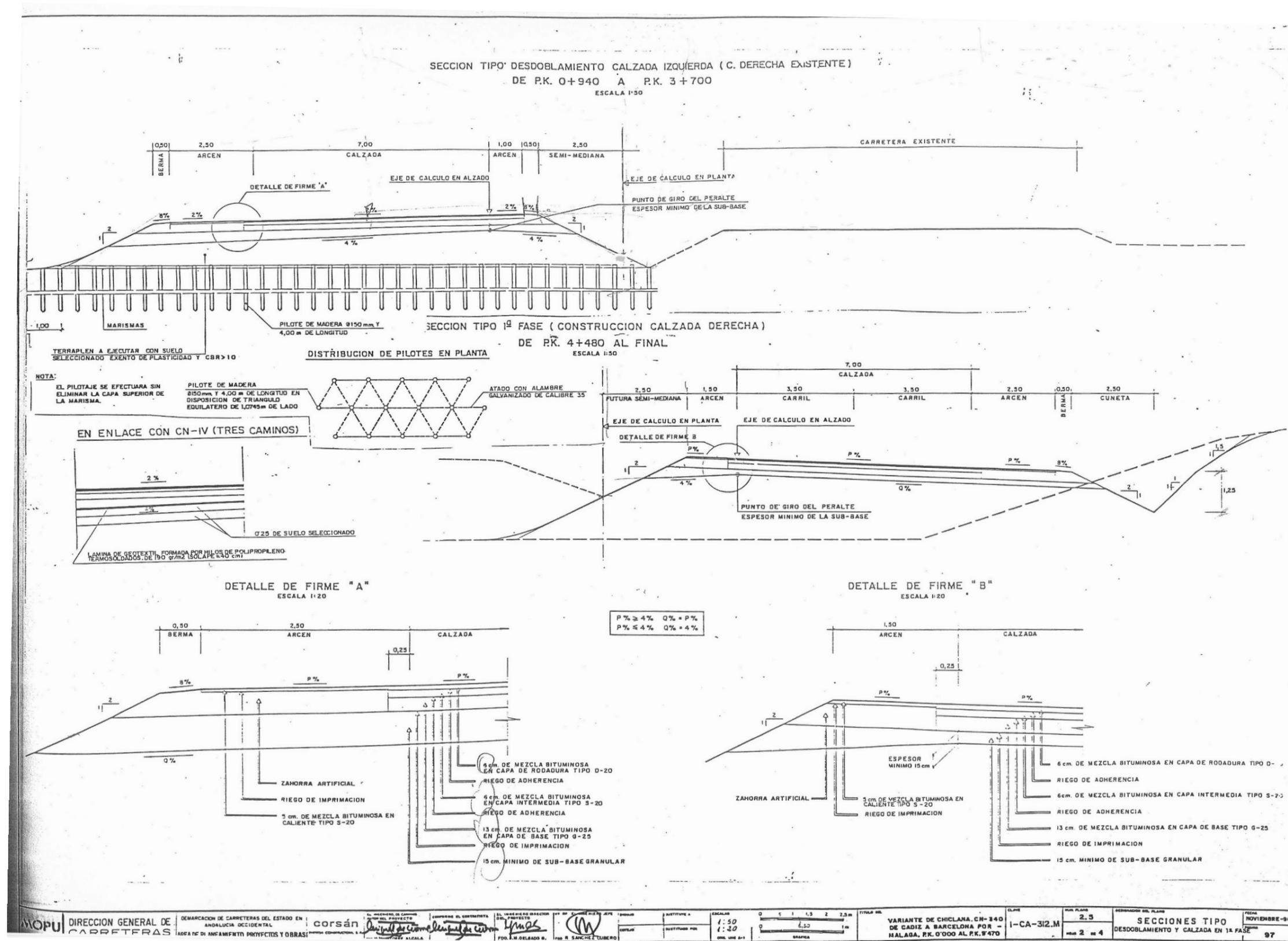
Explanada: E-2 CBR>10, formada por 50 cm de Suelo Seleccionado tipo 2, sobre núcleo de terraplén formado por suelo seleccionado CBR>10.

El tratamiento del cimientado de terraplén en zona de marismas se realiza en función de la altura del terraplén, esto es:

- Para alturas inferiores a 2,50 m, se extiende una capa de 50 cm suelo de seleccionado y sobre ésta una capa de geotextil, a partir de la cual se levanta el núcleo del terraplén.
- Para altura superiores a 2,50 m, se realiza con hincas de pilotes de madera de Ø 150 mm dispuestos en malla equilátera de la lado 1,0745m.

Firme: 25 cm de M.B.C sobre sub-base granular de 15 cm de Z.A.. Sección nº B121.

En la página siguiente se adjunta copia de las secciones proyectadas:



1.1.2.- Duplicación de calzada Vte. de Puerto Real. CN-IV p.k. 660,2 al 664,88

Fecha de redacción: Proyecto de construcción agosto de 2001 y proyecto complementario junio de 2002.

Norma de aplicación: secciones de firmes 6.1 –IC. Mayo de 1989.

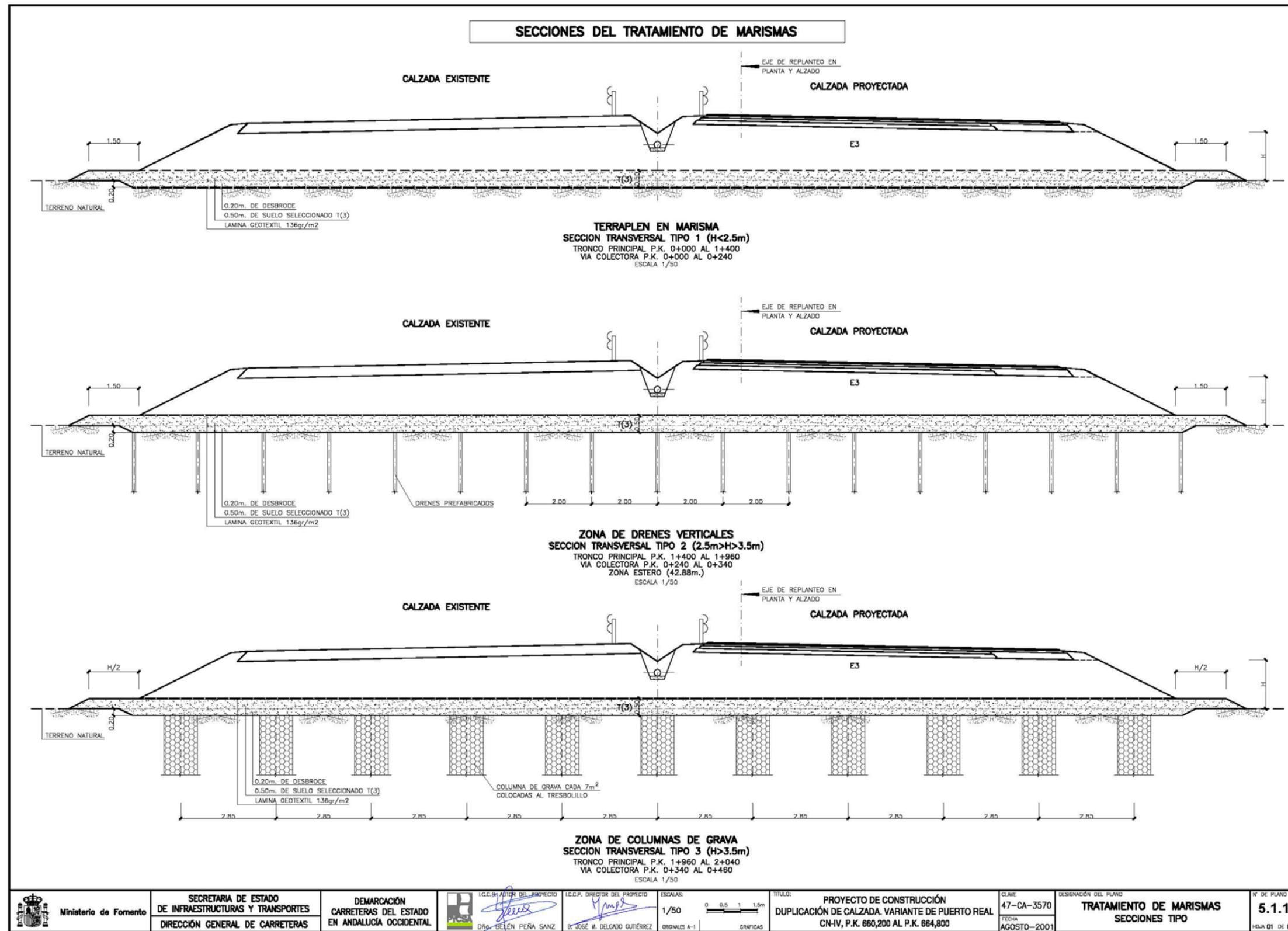
Zona geotécnica similar: Los primeros 2.000 m se asientan sobre suelos blandos y fangos en zona de marismas.

Categoría de Tráfico: T1

Explanada: E-3 CBR>20, formada por 50 cm de Suelo Seleccionado tipo 3, sobre núcleo de terraplén formado por suelo tolerable CBR>3. El tratamiento al cimiento de terraplén se compone según zonas, con 50 cm de S.S tipo 2 y geotextil, drenes verticales o columnas de grava, según la altura de rellenos prevista.

Firme: 30 cm de M.B.C. Sección nº 131.

En la página siguiente se adjunta copia de las secciones proyectadas:



1.1.3.- Duplicación de la CN-IV. pk. 664,8 al 671,8. Tramo: Final de la Variante de Puerto Real – Tres Caminos.

Fecha de redacción: Proyecto de construcción julio de 2000, proyecto complementario octubre de 2002.

Norma de aplicación: secciones de firmes 6.1 –IC. Mayo de 1989.

Zona geotécnica similar: Tramo P.K. 5+450 a 7+373 (Final enlace tres caminos). Sedimentos de marisma, espesores de suelos muy blandos y blandos hasta profundidades que oscilan desde 10 metros en el inicio del tramo hasta 18,50 m al final del mismo, en el enlace de Tres Caminos.

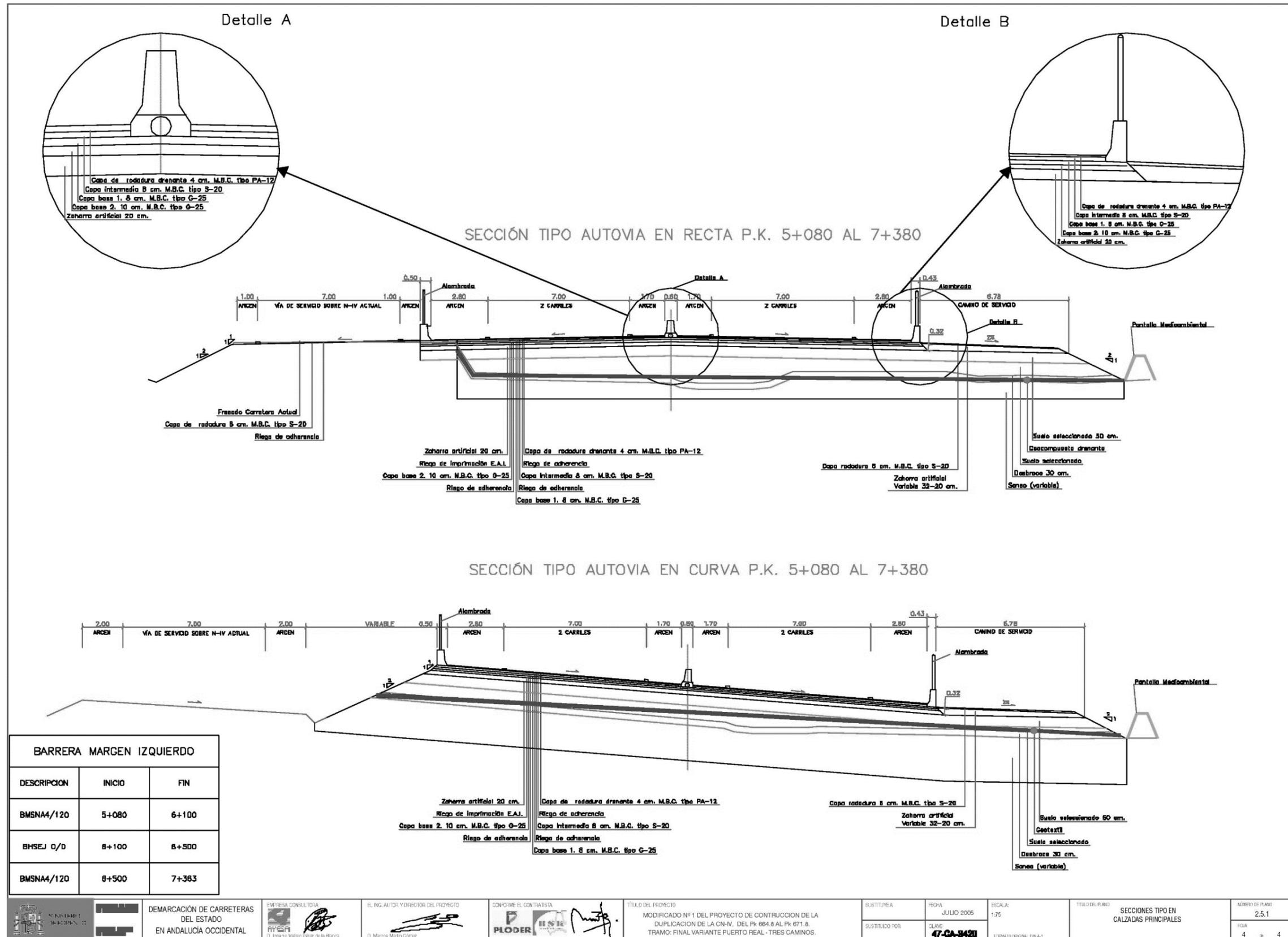
Sobre estos materiales se diseña la rasante más baja posible, pero dotando al conjunto terraplén-firme un espesor total en principio no inferior a cifras del orden de 2,0 metros.

Categoría de Tráfico: T1

Explanada: E-2 10<CBR<20, formada por 50 cm de Suelo Seleccionado tipo 2 o Albero. En zonas donde las características especialmente desfavorables del estrato subyacente por su compresibilidad a medio plazo, buzamiento y heterogeneidad, implica que obtener una explanada E2 (sg Instrucción) no sea suficiente para garantizar la estabilidad del firme. Por ello en estos tramos de suelos inadecuados se mejora el terreno de asiento disponiendo capas tipo "Sandwich", formadas por rellenos de Albero (suelo seleccionado con propiedades drenantes obtenido en las canteras de la zona "Bahía San Kristobal" y "Puerto de Hierro", muy usado y conocido en esta zona) entre láminas de geotextil, que repartan los esfuerzos y dividan las presiones transmitidas al terreno.

Firme: 30 cm de M.B.C.+20 cm de Z.A.. Sección nº 121

A continuación se adjunta copia de la sección proyectada en la zona de marismas:



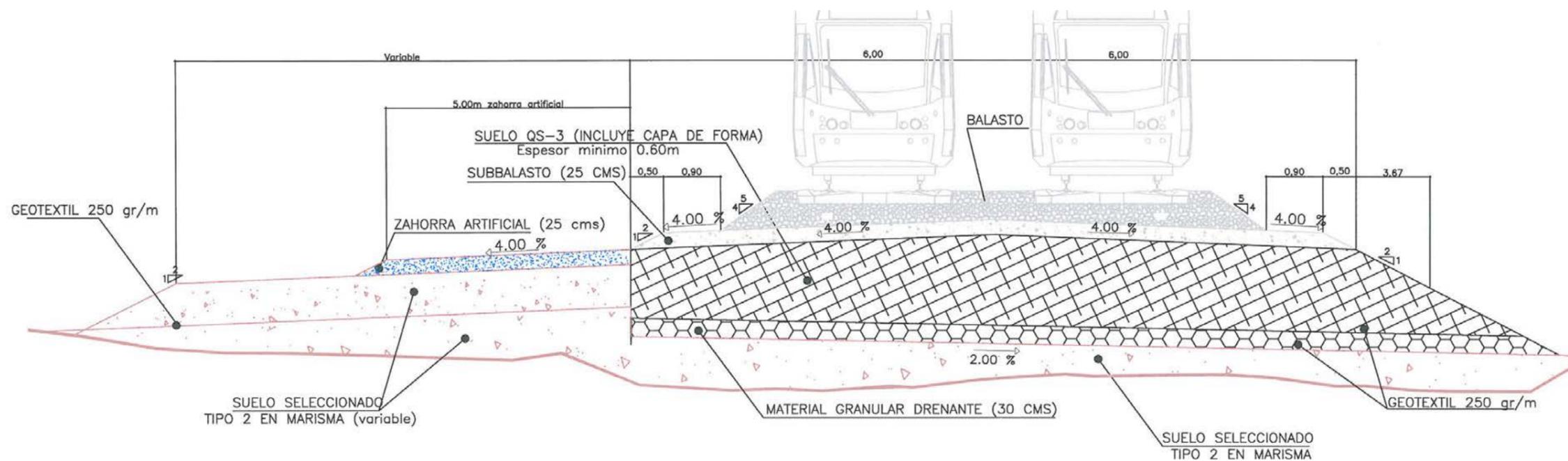
1.1.4.- Proyectos del tranvía. Tramos Chiclana-Caño Zurraque y caño Zurraque-San Fernando.

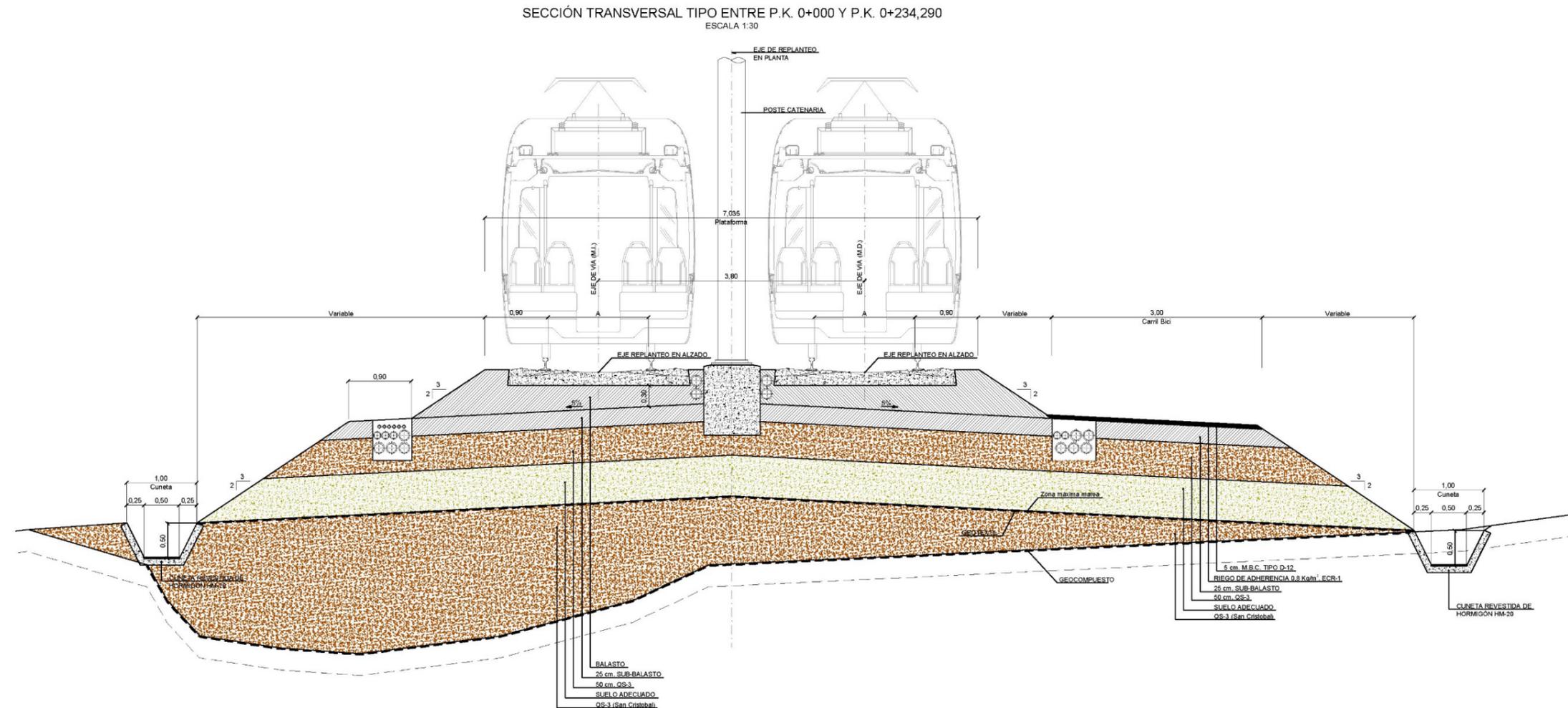
Si bien no se tratan de proyectos de carretera, se ha consultado también las soluciones adoptadas para la formación de la capa de forma de las plataformas tranviarias.

Esta capa de forma se realiza mediante la aportación de suelos de calidad QS-3, con espesores de entre 50-60 cm.

Zona geotécnica similar: Las plataformas tranviarias discurren por la margen suroeste de la actuación del proyecto, lo que implica que las condiciones geotécnicas son muy similares.

En las siguientes imágenes se muestran las soluciones adoptadas para el tranvía:





A la vista de los datos aportados según las obras realizadas en el entorno, se concluye que las secciones utilizadas en explanadas se componen de materiales granulares, esto es, suelos seleccionados tipo 2 o 3, o QS-3 en el caso de las capas de forma tranviarias, y siempre con espesores bastante reducidos que no implican la construcción de estructuras de explanada de gran espesor.

Se resalta que, dado el tiempo transcurrido, en el caso de los proyectos de carreteras, la Normativa de aplicación de firmes fue la de secciones de firmes 6.1 –IC. Mayo de 1989. También debe destacarse que los paquetes de firme para esas secciones se han calculado para tráficos de categoría T1, cuando en este proyecto los tráficos de las calzadas principales predominantes en el tramo son tráficos T0.

1.2.- PROPUESTA DE FORMACIÓN DE EXPLANADA

1.2.1.- Tráfico

Tal y como se puede comprobar en el anejo de tráfico, se puede decir que el nudo y la actuación en general presentan un tráfico T0 para los ejes y calzadas principales (nuevos ramales principales de conexión entre autovías, y los tráficos circulantes por las carreteras A-4, CA-33 y A-48). Por tanto, se puede afirmar que en la mayor parte de la actuación será preciso proyectar firmes de acuerdo a la categoría de tráfico pesado T0 indicada.

El resto de ramales secundarios presentan un tráfico T1 y algunos ejes aislados tráficos inferiores, de acuerdo al estudio de tráfico del Anejo de Planeamiento y tráfico.

1.2.2.- Categoría de explanada

De acuerdo con las categorías de tráfico indicadas en el apartado anterior, serán necesarias unas determinadas condiciones de explanada, según lo indicado por la normativa 6.1-IC de Secciones de firme.

La Norma 6.1.-IC de 28 de Noviembre de 2.003 considera tres categorías de explanada, que quedan determinadas por su módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (Ev2), obtenido según la Norma NLT-357 “Ensayo de carga con placa”.

TABLA 2. MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD EN EL SEGUNDO CICLO DE CARGA

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
Ev ₂ (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Así, para tráfico T1, la Normativa explicita que se debe utilizar como mínimo una explanada tipo E-2 para la sección del firme.

Para tráfico T0 la Norma 6.1-IC prescribe la formación de una explanada E-3, con un módulo de compresibilidad en segundo ciclo de carga $E_{v2} \geq 300$ Mpa.

Ya se ha comentado que la mayor parte con diferencia del volumen de obra está asociado a ejes que se le asignan categorías de tráfico T0, y por lo tanto, necesitarán una categoría de explanada E-3 como asiento de los paquetes de firme.

Además, hay que tener en cuenta que dadas las características de la obra, con numerosos ensanches de plataformas, confluencias y bifurcaciones y carriles de entrada y salida, resultan muchas plataformas únicas que son compartidas por varios ejes, con lo que para facilitar la ejecución de los rellenos y las formaciones de explanada, se ha decidido adoptar para todos los ejes una categoría de explanada E-3, homogeneizando y simplificando de este modo los procesos constructivos de los rellenos y capas de asiento.

Así pues, se adopta una categoría de explanada E-3 para todos ejes del proyecto, exceptuando los caminos.

1.2.3.- Formación de explanada

Como se ha comentado, la nueva infraestructura se proyecta sobre una explanada tipo E3, con un valor de $E_{v2} > 300$ MPa, E_{v2} se corresponde con el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga obtenido del Ensayo de carga con placa NLT-357.

Para conseguir la anterior explanada, siguiendo las indicaciones de la norma 6.1-IC “Secciones de Firme”, se establece que será necesario disponer 50 cm. de Suelo Seleccionado sobre un material marginal y una capa de suelo estabilizado S-EST3 se 30 cm de espesor.

CATEGORÍA DE EXPLANADA	SUELOS INADECUADOS O MARGINALES (IN)		SUELOS TOLERABLES (0)		SUELOS ADECUADOS (1)		SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)		ROCA (R)
	E1	1 IN	S-EST1 30 1 40 IN S-EST1 30 0 60 IN	2 35 1 50 IN 2 50 0 50 IN	1 60 0 S-EST1 30 0 2 45 0				
E2	2 IN	S-EST2 30 1 60 IN S-EST2 30 0 70 IN	3 40 1 60 IN 3 40 0 80 IN	2 75 0 S-EST2 30 1 25 0 3 35 1 40 0	2 55 1 S-EST2 30 1 3 35 1				
E3		S-EST3 30 2 50 IN	S-EST3 30 1 75 IN	S-EST3 30 1 40 0	S-EST3 30 1 3 35 1	S-EST3 30 2 S-EST3 25 3		H-100 R	

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3) 0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3) 1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3) 2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3) 3 Suelo seleccionado con CBR ≥20 (Art. 330 del PG-3)
 S-EST 1 Suelo estabilizado con cal o cemento (Art. 510 y 511 del PG-3) S-EST 2 Suelo estabilizado con cal o cemento (Art. 510 y 511 del PG-3) S-EST 3 Suelo estabilizado con cemento (Art. 511 del PG-3) H-100 Hormigón (espesor mínimo: 15 cm) (Art. 610 del PG-3)

(*) A efectos de la definición de la categoría de explanada, los pedraplenes (artículo 331 del PG-3) y rellenos todo-uno (artículo 333 del PG-3) podrán considerarse como suelos seleccionados (3), si no van a ser construidos con materiales marginales (IN).

Nota: A efectos de aplicación de esta tabla el espesor mínimo de los suelos de la explanación o de la obra de tierra subyacente será de 80 cm

Es decir, necesitaríamos 80 cm de espesor para la formación de la explanada E-3 si consideramos como terreno natural subyacente un suelo inadecuado. Si consideramos un espesor medio del paquete de firme de 50 cm, para alturas de terraplén desde cota de rasante menores de 1,30 metros sería preciso sobreexcavar para lograr esos espesores. A medida que la altura disponible disminuye, será preciso sobreexcavar más, aspecto que como se ha comentado resulta indeseable por no conviene retirar todas las capas que constituyen una costra desecada, que aporta una resistencia al terreno de marisma algo superior, independientemente del saneo mínimo a realizar en los cimientos de los terraplenes para la retirada del suelo vegetal y más alterado en superficie. Por el contrario, a medida que las alturas geométricas de terraplenes aumentan, como el propio material del relleno del terraplén será suelo seleccionado, mínimo tipo 2, según PG-3, bastará con coronar con 30 cm de suelo estabilizado S-EST3 para lograr la explanada E-3.

Por tanto, para el caso donde tengamos alturas de terraplenes pequeñas, se ha optado por intentar reducir al máximo el espesor de explanada necesario. Como en estos casos además no se han proyectado tratamientos geotécnicos adicionales a base de mechas drenantes, se ha optado por la

colocación de un geocompuesto con el doble objetivo de reducir los espesores de explanada y reforzar las bases.

Se ha consultado con casas especializadas para desarrollar y justificar las soluciones propuestas. Así, una solución para conseguir la anterior reducción de explanada, puede consistir en la disposición de una geomalla biaxial fabricada con Polivinil Alcohol (PVA) y sobre esta, la disposición de un determinado espesor de relleno con el que se alcanzará en coronación la capacidad portante requerida. Con ese sistema, geomalla biaxial de PVA + relleno, se alcanzará la capacidad portante de la explanada requerida reduciendo el espesor de la capa de suelo seleccionado.

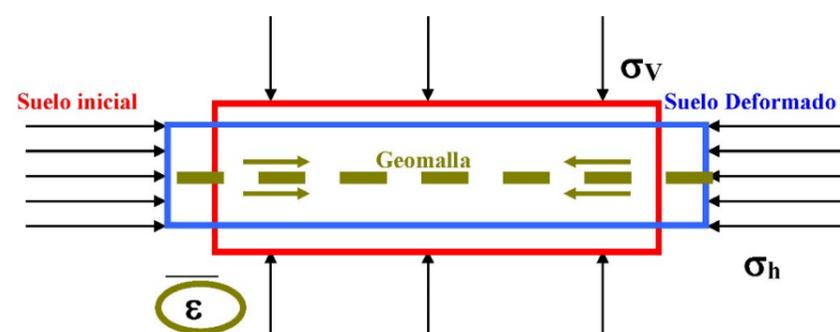
El uso de esta materia prima, PVA, viene justificado por su baja fluencia en comparación con otras materias primas, sus elevados módulos elásticos con deformación en rotura inferior al 6% y también por sus elevadas resistencias químicas.

Estos aspectos son de suma importancia en el refuerzo de bases, ya que cuando se ejecuta el refuerzo para que actúe durante toda la vida útil de la infraestructura, la fluencia debe de ser baja para evitar que se produzcan excesivas deformaciones en superficie.

En lo que respecta a la pequeña deformación en rotura del PVA, el refuerzo de bases requiere que las geomallas entren en carga lo antes posible, poca deformación - gran tensión, para evitar la aparición de fisuras en superficie por un exceso en la deformación de la geomalla.

El geosintético se opondrá a la deformación del suelo bajo la carga vertical, aumentando de esta forma su resistencia hasta la capacidad portante última del suelo.

En el gráfico adjunto se pretende explicar el funcionamiento del refuerzo. Así el suelo intentará deformarse horizontalmente, por efecto de la presión vertical, y la geomalla de refuerzo no se lo va a permitir, reteniendo el suelo en su posición y aumentando de esta forma la capacidad portante del mismo.



En el anexo nº 1, se incluye la justificación de la reducción del espesor de la capa de suelo seleccionado en la formación de explanada, de modo que se logre la equivalencia a la explanada E-3 prescrita en la Norma, en lo referente al alcance de los 300 Mpa en el segundo ciclo de carga.

El proceso seguido se basa en mantener los 30cm de Suelo Estabilizado S-EST3 y estimar el espesor equivalente a 50 cm de suelo Seleccionado con la inclusión de una geomalla de refuerzo, además de un geotextil no tejido de separación y filtro conformando lo que se conoce como geocompuesto.

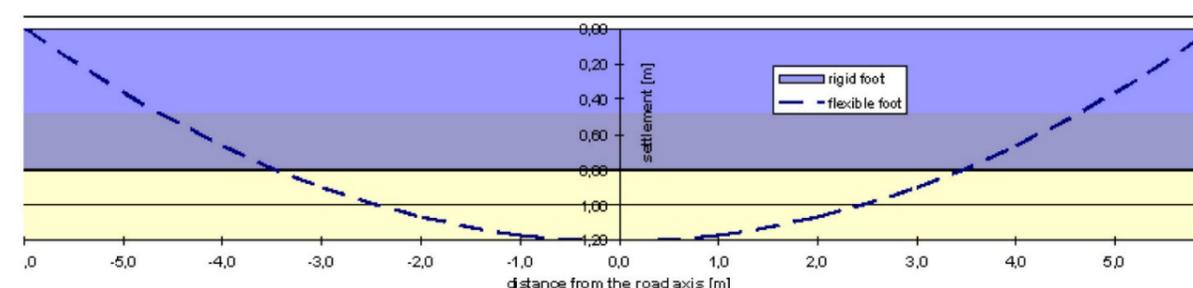
De acuerdo a los cálculos realizados por el fabricante consultado, se obtiene que, para alcanzar un valor equivalente a 50 cm de suelo Seleccionado sin geomalla sobre el suelo considerado, se precisa una geomalla biaxial de las características especificadas por el fabricante sobre la que será necesario disponer un espesor de Suelo Seleccionado de 30 cm.

1.2.4.- Conclusión

El empleo de un geocompuesto con las características especificadas sobre el que se dispongan 30cm. de suelo Seleccionado tendría una equivalencia mecánica a 50cm de suelo seleccionado sobre el suelo inadecuado considerado como terreno de apoyo

La disposición del geocompuesto requerirá la realización de un desbroce superficial, no siendo necesario ejecutar grandes saneos en profundidad.

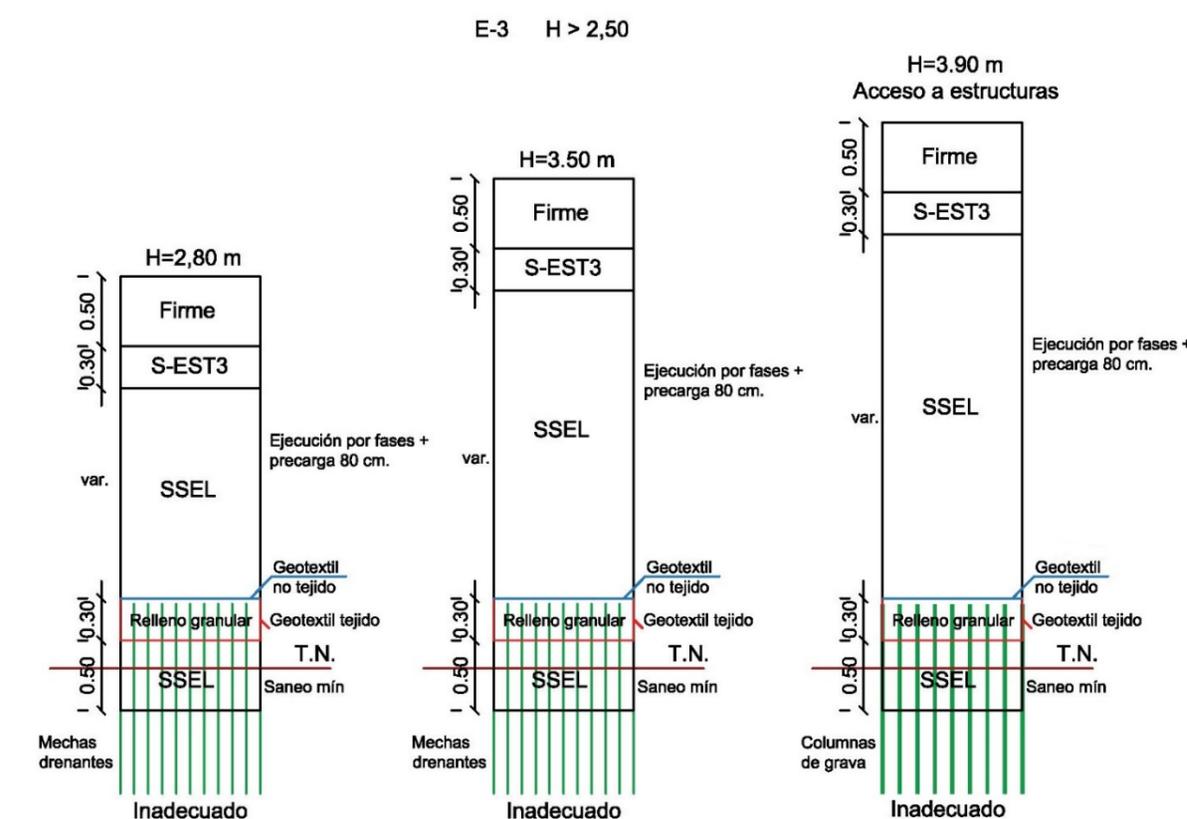
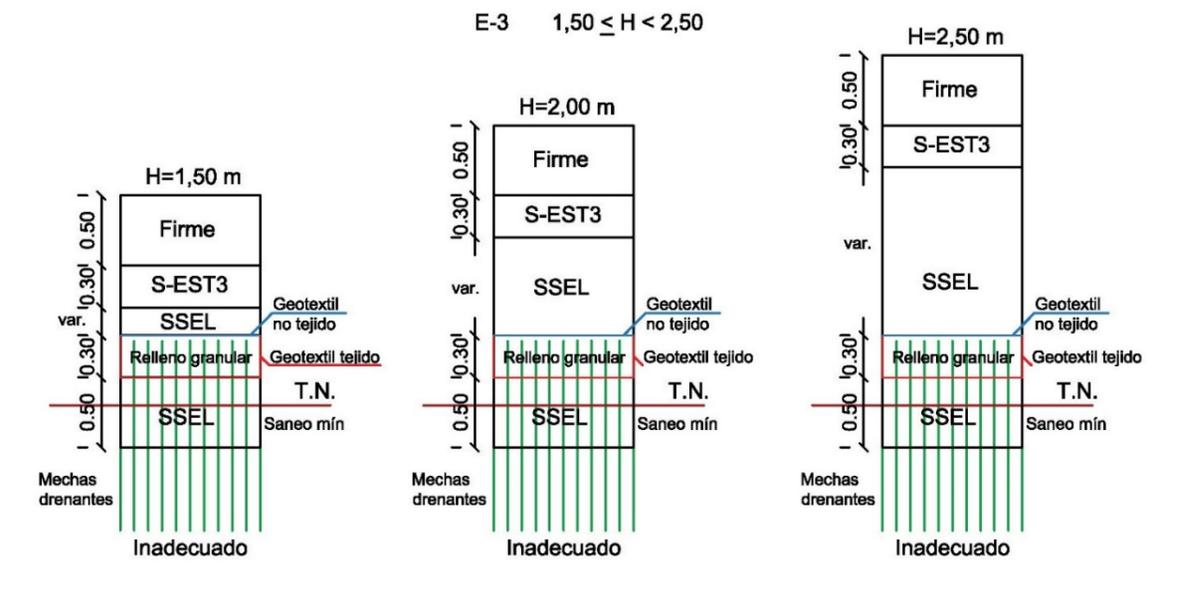
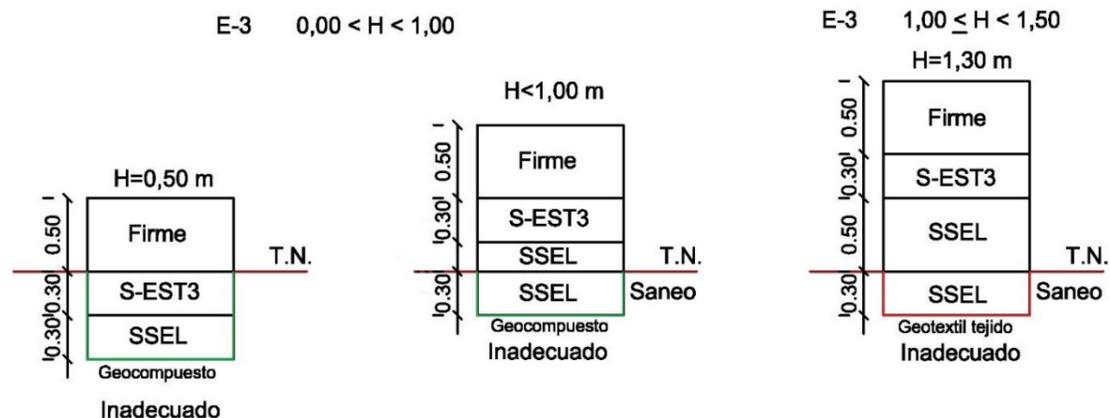
Finalmente, es importante destacar que el geocompuesto de refuerzo colocado en la base de la nueva capa realizará un importante beneficio estructural al homogeneizar y reducir los asentamientos producidos, tal y como se recoge en la gráfica adjunta. El comportamiento del suelo sin reforzar seguiría la forma de la línea discontinua, asiento diferencial con asiento máximo A y el suelo reforzado se comportaría según la franja azul, asiento homogéneo y de valor 2/3 A. Con lo que se reduciría el valor del asiento producido en 1/3 y además sería homogéneo.



Este fenómeno viene producido por el efecto de rigidización, efecto "placa", que la geomalla provoca en el suelo, disminuyendo de esta forma los asentamientos diferenciales y/o totales.

1.2.5.- Esquemas aclaratorios

En las siguientes figuras se muestran unos esquemas aclaratorios en los que se define la formación de explanadas comentadas en función de varias alturas de terraplén, y su coherencia con el resto de aspectos como puede ser la formación de rellenos y los tratamientos geotécnicos adoptados:



ANEXO Nº1 CÁLCULOS ANALÍTICOS

REFUERZO DE BASES, REDUCCIÓN DE ESPESORES DE EXPLANADA

La nueva infraestructura se proyecta sobre una explanada tipo E3, con un valor de $E_{v2} > 300$ MPa, E_{v2} se corresponde con el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga obtenido del Ensayo de carga con placa NLT-357.

Para conseguir la anterior explanada, siguiendo las indicaciones de la norma 6.1-IC "Secciones de Firme", se establece que será necesario disponer 50 cm. de Suelo Seleccionado sobre un material marginal.

		TIPOLOGÍA DE LOS SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) Y/O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES Y/O RELLENOS TODO-UNO) (*).				
		SUELOS INADECUADOS O MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1					
	E2					
	E3					

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3) 0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3) 1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3) 2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3) 3 Suelo seleccionado con CBR ≥ 20 (Art. 330 del PG-3)
 S-EST 1 Suelo estabilizado con cal o cemento (Art. 510 y 511 del PG-3) S-EST 2 Suelo estabilizado con cal o cemento (Art. 510 y 511 del PG-3) S-EST 3 Suelo estabilizado con cemento (Art. 511 del PG-3) H-100 R Hormigón (espesor mínimo: 15 cm) (Art. 610 del PG-3)

(*) A efectos de la definición de la categoría de explanada, los pedraplenes (artículo 331 del PG-3) y rellenos todo-uno (artículo 333 del PG-3) podrán considerarse como suelos seleccionados (3), si no van a ser construidos con materiales marginales (IN).

Nota: A efectos de aplicación de esta tabla el espesor mínimo de los suelos de la explanación o de la obra de tierra subyacente será de 80 cm

Una solución para conseguir la anterior explanada, puede consistir en la disposición de una geomalla biaxial fabricada con Polivinil Alcohol (PVA) y sobre esta la disposición de un determinado espesor de relleno con el que se alcanzará en coronación la capacidad portante requerida. Con ese sistema, geomalla biaxial de PVA + relleno, se alcanzará la capacidad portante de la explanada requerida.

El uso de esta materia prima, PVA, viene justificado por su baja fluencia en comparación con otras materias primas, sus elevados módulos elásticos con deformación en rotura inferior al 6% y también por sus elevadas resistencias químicas.

Estos aspectos son de suma importancia en el refuerzo de bases, ya que cuando se ejecuta el refuerzo para que actúe durante toda la vida útil de la infraestructura, la fluencia debe de ser baja para evitar que se produzcan excesivas deformaciones en superficie.

En lo que respecta a la pequeña deformación en rotura del PVA, el refuerzo de bases requiere que las geomallas entren en carga lo antes posible, poca deformación - gran tensión, para evitar la aparición de fisuras en superficie por un exceso en la deformación de la geomalla.

El objeto del siguiente informe consistirá en determinar la mejora que conlleva la inclusión de esta geomalla en la formación de la explanada. Exclusivamente se estudia lo referente a la capacidad de carga de la anterior plataforma.

Se encuentra fuera del alcance de la presente propuesta de diseño el estudio del valor K, que relaciona el valor del módulo de compresión del segundo ciclo de carga con el módulo del primero, E_{v2}/E_{v1} , ya que este aspecto depende primordialmente de la compactación del relleno.

Mejora de capacidad portante de suelos gracias al uso de geomallas

El efecto de mejora del terreno se debe a que en un suelo sin geomalla, y suponiendo que éste funciona en condiciones sin drenaje (carga rápida), la máxima presión que el suelo puede soportar se corresponde con su límite elástico:

$$P_o = \pi c + \gamma h$$

Donde,

c = Cohesión

γ = Densidad del terreno situado sobre el plano de estudio.

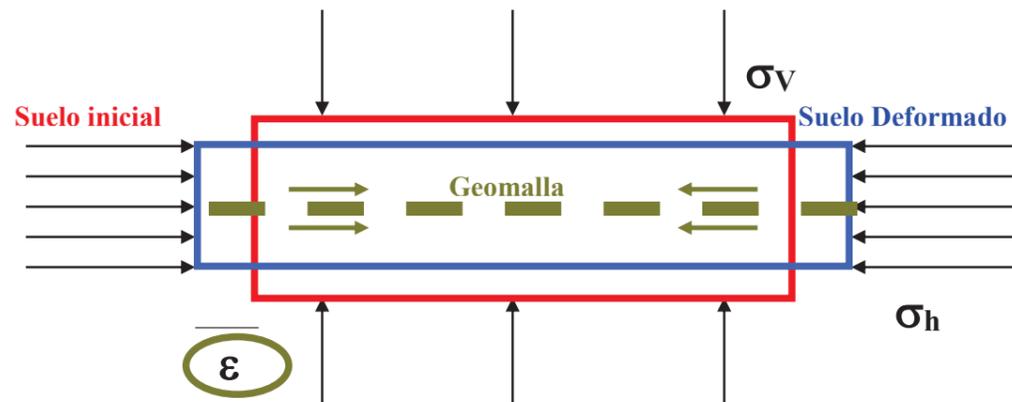
h = Espesor del terreno entre el plano de estudio y la rueda

En cambio si se dispone una geosintético, ésta se opone a la deformación del suelo bajo la carga vertical, aumentado de esta forma su resistencia hasta la capacidad portante última del suelo, que en el caso de utilizar una geomalla será de:

$$P_o = (3\pi/2 + 1) c + \gamma h$$

Lo indicado anteriormente se puede apreciar en el gráfico adjunto.

De forma esquemática en el gráfico adjunto se pretende explicar el funcionamiento del refuerzo. Así el suelo intentará deformarse horizontalmente, por efecto de la presión vertical, y la geomalla de refuerzo no se lo va a permitir, reteniendo el suelo en su posición y aumentando de esta forma la capacidad portante del mismo.



Diseño geomalla de refuerzo

El diseño de geosintético de refuerzo se basa en la normativa alemana EBGE0 2009.

En esta normativa se indica el protocolo a seguir para la realización de unas gráficas, de soluciones reforzadas con geomalla y sin reforzar, en las que se recogen curvas para cada valor de resistencia superior ($E_{v2 \text{ sup}}$) requerido de la plataforma, en abscisas el módulo de compresibilidad inferior ($E_{v2 \text{ inf}}$), y/o CBR y en ordenadas el espesor del relleno necesario para alcanzar la resistencia superior requerida.

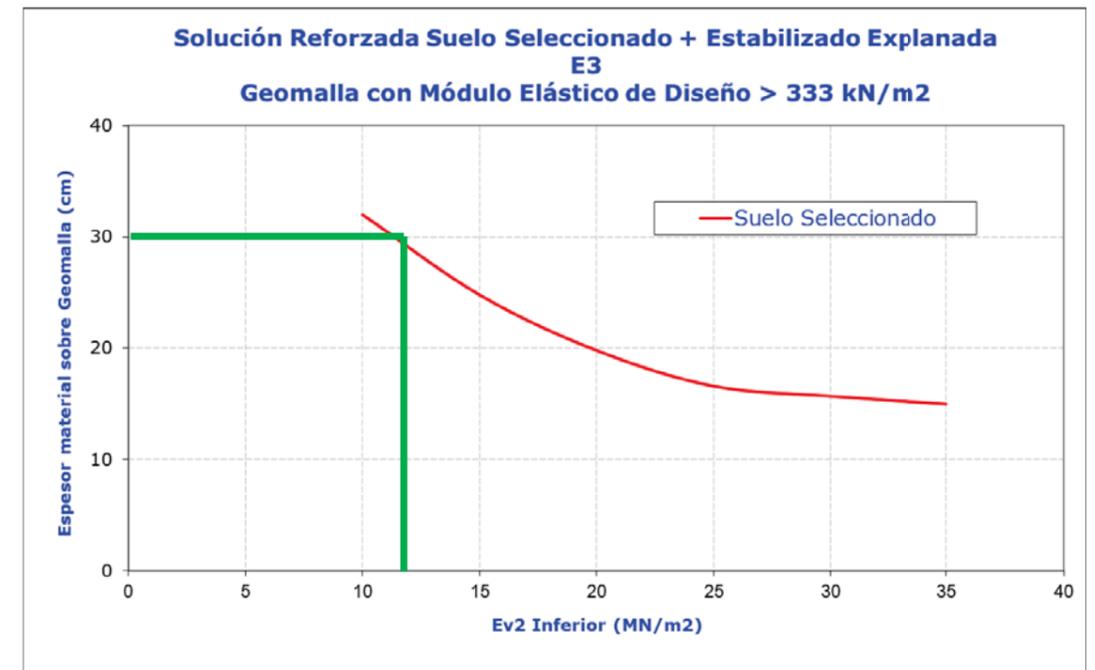
Los valores E_{v2} se corresponden con el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga obtenido del Ensayo de carga con placa NLT-357.

Para las soluciones reforzadas, para cada tipo de geomalla, se basan en ensayos realizados con la utilización de geosintéticos que presentan un módulo de deformación de diseño con un valor mínimo de 333 kN/m asociado a una deformación del 3%.

Así en este caso, de la información proporcionada por el proyecto, conociendo que se propone 50 cm. de Suelo Seleccionado sobre suelo Marginal existente, se estima un valor de E_{v2} de 12 MPa para el terreno de apoyo.

El proceso seguido se basa en matener los 30cm de Estabilizado y estimar el espesor equivalente a 50 cm de suelo Seleccionado con la inclusión de una geomalla de refuerzo.

Con la ayuda de las gráficas recogidas a continuación realizadas exclusivamente para nuestras geomallas, se obtiene que para alcanzar un valor equivalente a 50 cm de suelo Seleccionado sin geomalla sobre un suelo con E_{v2} de 12 MPa, se precisa una geomalla biaxial de PVA **BASETRAC GRID PVA 710-25 SP** sobre la que será necesario disponer un espesor de Suelo Seleccionado de 30 cm.

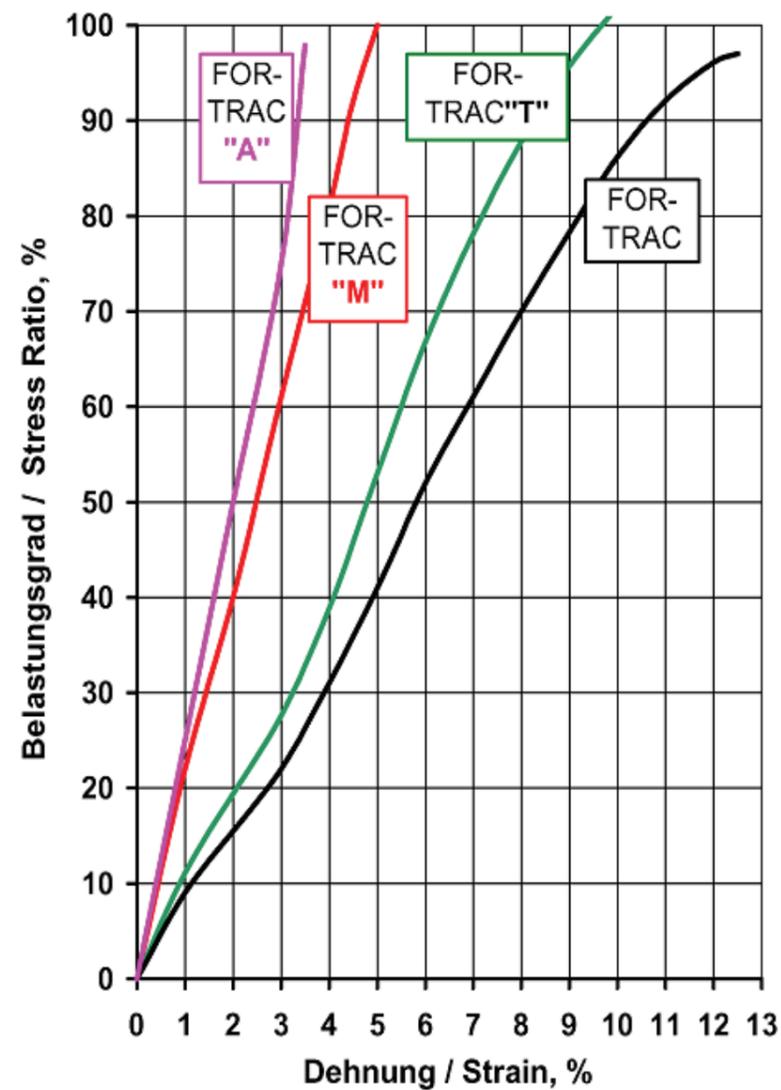


Como el material bajo la geomalla es un suelo marginal, se recomienda el uso de un geocompuesto formado por la geomalla indicada y un geotextil no tejido de separación, denominado **BASETRAC DUO C PVA 710-25 B15 SP**.

En el diseño de la geomalla de la que forma parte en el geocompuesto se consideran los siguientes factores de minoración:

- Fluencia correspondiente a su vida útil 120 años.
- Daños mecánicos ligados a la granulometría del suelo con el que está en contacto.
- Efectos medioambientales, relacionados con el pH del suelo de su alrededor el cual debe de estar comprendido entre 2 y 13.
- El factor de extrapolación de datos deberá ser el correspondiente a la vida útil de la geomalla.

En este caso, tal y como se ha justificado previamente, se opta por una geomalla de Polivinil Alcohol, ya que a igualdad de deformación presenta valores más altos de módulo elástico que el Poliéster, que es lo que este caso requiere. En el gráfico adjunto se puede observar lo indicado anteriormente.



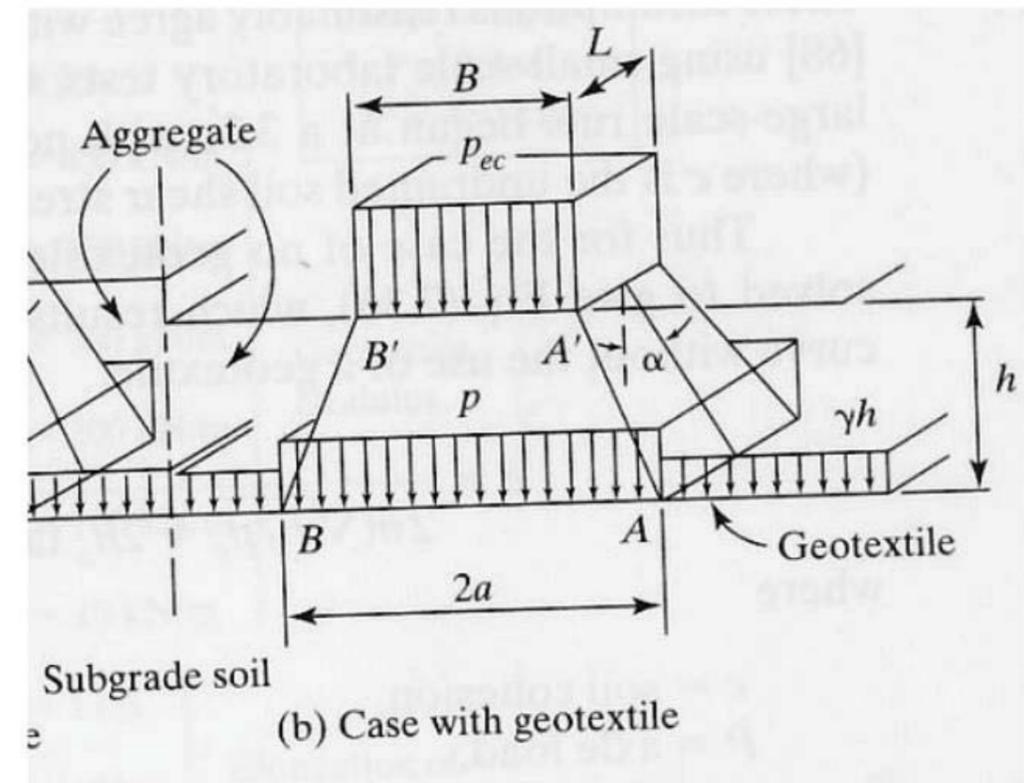
Donde Fortrac "M" se corresponde a la gráfica de PVA y Fortrac "T" a la de Poliéster.

A continuación se recoge el diseño de los anteriores geosintéticos siguiendo la normativa alemana EBGeo.

Mejora Capacidad Portante en Explanadas. Método EBGeo

PETICIONARIO: VS INGENOVA

OBRA: ESTUDIO DE REFUERZO DE EXPLANADA EN PROYECTO NUDO DE TRES CAMINOS, CÁDIZ



1. Diseño según normativa Alemana EBGE0.

$$M_n := 436 \cdot 10^3 \frac{\text{newton}}{\text{m}}$$

Módulo Elastico del geosintético Basetrac Duo C PVA 710 -25 B15 SP

$$A_2 := 1.03$$

Coefficiente reductor daños mecánicos.

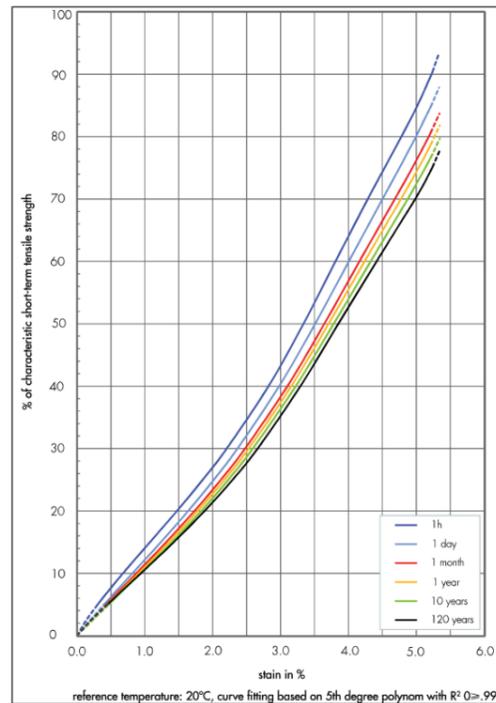
$$\delta_{AAA} := 3\%$$

Deformación de estudio.

La normativa alemana establece que el producto a utilizar como refuerzo de bases deberá cumplir los siguientes condicionantes:

Modulo Elastico final vida útil > 333 kN/m con una deformación del 3%

Siguiendo el anterior razonamiento y utilizando la curva isocrona del Basetrac Duo C PVA 710 -25 B15 SP, que se adjunta a continuación, fabricado a partir de filamentos de PVA, se obtendrá que para una vida útil de 120 años el módulo elástico final del geosintético al 3% de deformación será :



$$F_{AAA} := 0.812$$

Porcentaje de Módulo Elástico que dispone el geosintético al final de la vida útil al 3%.

$$M_F := F \cdot M_n$$

$$M_F = 354.032 \times 10^3 \frac{\text{newton}}{\text{m}}$$

Para finalizar el diseño y comprobar la validez de la solución se procederá a comprobar si el módulo elástico de diseño al final de la vida útil asociado a la deformación del 3%, minorada por el coeficiente de minoración de daños mecánicos, es superior al módulo elástico requerido de 333 kN/m.

$$\frac{M_F}{A_2} = 343.720 \times 10^3 \frac{\text{newton}}{\text{m}}$$

SOLUCIÓN

Basetrac Duo C PVA 710 -25 B15 SP

CONCLUSIONES

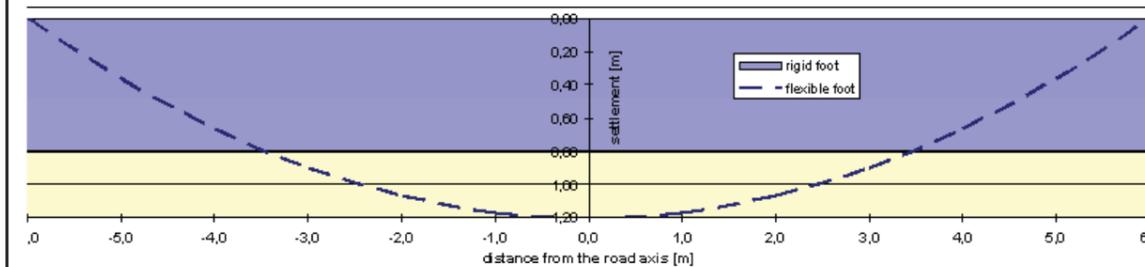
El empleo de un geocompuesto **BASETRAC DUO C PVA 710-25 B15 SP** sobre el que se dispongan 30cm. De suelo Seleccionado tendría una equivalencia mecánica a 50cm de suelo Seleccionado sobre un suelo marginal con una E_{v2} de 12 MPa para el terreno de apoyo.

Se encuentra fuera del alcance de la presente propuesta de diseño el estudio del valor K, que relaciona el valor del módulo de compresión del segundo ciclo de carga con el módulo del primero, E_{v2}/E_{v1} , ya que este aspecto depende primordialmente de la compactación del relleno.

Para disminuir los daños mecánicos sobre la geomalla se deberá disponer sobre una superficie lo mas lisa posible y sin partículas de gran tamaño.

La disposición del geocompuesto requerirá la realización de un desbroce superficial, no siendo necesario ejecutar saneos en profundidad.

Finalmente es importante destacar que el geocompuesto de refuerzo colocada en la base de la nueva capa realizará un importante beneficio estructural al homogeneizar y reducir los asientos producidos, tal y como se recoge en la gráfica adjunta. El comportamiento del suelo sin reforzar seguiría la forma de la línea discontinua, asiento diferencial con asiento máximo A y el suelo reforzado se comportaría según la franja azul, asiento homogéneo y de valor $2/3$ A. Con lo que se reduciría el valor del asiento producido en $1/3$ y además sería homogéneo.



Este fenómeno viene producido por el efecto de rigidización, efecto "placa", que la geomalla provoca en el suelo, disminuyendo de esta forma los asientos diferenciales y/o totales.

**APÉNDICE Nº 2: DATOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE FIRMES
(SGP). INVENTARIO DE PAQUETES DE FIRME**

IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO															
Unidad	Provincia	Sector	Via	Calzada	Carril	PK inicial	PK final	Ancho Calzada (m)	Ancho Calzada (m)	Arcén dcho (m)	Arcén dcho (m)	Arcén izqdo (m)	Arcén izqdo (m)	Naturaleza del tramo	Observaciones
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	1		660,900	669,000	7	7,1	2,5	3	1	2	INTERURBANO	AUTOVÍA DEL SUR
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	1		669,000	669,180	7	4,2	2,5	2,8	1	1,6	INTERURBANO	AUTOVÍA DEL SUR
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		667,600	668,090	7	7,1	2,5	3,2	1	2	INTERURBANO	AUTOVÍA DEL SUR
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		668,090	668,220	7	7	2,5	3,4	1	2	INTERURBANO	AUTOVÍA DEL SUR
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		668,220	668,600	7	7,1	2,5	2	1	2,1	INTERURBANO	AUTOVÍA DEL SUR
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		668,600	669,000	7	7	2,5	1,6	1	1,6	INTERURBANO	AUTOVÍA DEL SUR
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		669,000	669,180	7	4	2,5	2,3	1	1,3	INTERURBANO	AUTOVÍA DEL SUR
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	1		0,000	2,900	10,2	10,2	0,4	0,4	0,3	0,3	INTERURBANO	AUTOVÍA COSTA DE LA LUZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	1		2,900	3,100	10,2	10,2	0,4	0,4	0,3	0,3	INTERURBANO	AUTOVÍA COSTA DE LA LUZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	1		3,100	3,540	7	7,1	2,5	2,2	1,5	1,1	VARIANTE	AUTOVÍA COSTA DE LA LUZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	2		0,000	2,400	10,2	10,5	0,3	0,3	0,4	0,4	INTERURBANO	AUTOVÍA COSTA DE LA LUZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	2		2,400	2,600	10,2	10,5	0,3	0,3	0,4	0,4	INTERURBANO	AUTOVÍA COSTA DE LA LUZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	2		2,600	3,350	10,2	7,1	2,4	2,5	1	1,1	INTERURBANO	AUTOVÍA COSTA DE LA LUZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	1		11,700	13,000	7	7,1	2,5	2	1	1,2	INTERURBANO	AUTOVÍA DE ACCESO A CÁDIZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	1		13,000	13,280	7	7,2	2,5	2	1	1,2	INTERURBANO	AUTOVÍA DE ACCESO A CÁDIZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	2		11,700	12,000	7	7,1	2,5	2,2	2,5	1	INTERURBANO	AUTOVÍA DE ACCESO A CÁDIZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	2		12,000	13,000	7		2,5	2,5	2,5	1	INTERURBANO	AUTOVÍA DE ACCESO A CÁDIZ
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	2		13,000	13,280	7	7,2	2,5	2,2	2,5	1,2	INTERURBANO	AUTOVÍA DE ACCESO A CÁDIZ

IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO								FIRME INICIAL																			
								SECCIONES				ESPEORES DE CAPAS (CM)							CAPA RODADURA								
Unidad	Provincia	Sector	Via	Calzada	Carril	PK inicial	PK final	Sección estructural según Norma	Sección no normalizada	Clasificación del firme inicial	Fecha construcción firme inicial	Tipo de suelo de la explanación u obra de tierra subyacente	Suelo estabilizado	Explanada	M.B.	H.F.	H.M.	G.C.	S.C.	M.G.	Otro material	Denominación Otro Material	Tipo de Material	Tipo de Mezcla	Ligante	Tipo de mezcla Denominación anterior	Espesor Capa (cm)
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	1		660,900	669,000	121 / NORMA 6.1 IC DE 2003		SF	15/07/2006	SELECCIONADO (2)	E2	30							25		PA	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	1		669,000	669,180	121 / NORMA 6.1 IC DE 2003		SF	15/07/2006	SELECCIONADO (2)	E2	30							25		PA	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		667,600	668,090	121 / NORMA 6.1 IC DE 2003		SF	15/07/2006	SELECCIONADO (2)	E2	30							25		PA	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		668,090	668,220	121 / NORMA 6.1 IC DE 2003		SF	15/07/2006	SELECCIONADO (2)	E2	30							25		PA	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		668,220	668,600	121 / NORMA 6.1 IC DE 2003		SF	15/07/2006	SELECCIONADO (2)	E2	30							25		PA	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		668,600	669,000	121 / NORMA 6.1 IC DE 2003		SF	15/07/2006	SELECCIONADO (2)	E2	30							25		PA	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		669,000	669,180	121 / NORMA 6.1 IC DE 2003		SF	15/07/2006	SELECCIONADO (2)	E2	30							25		PA	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	1		0,000	2,900	B-221 / NORMA 6.1 y 2 IC 1975 (ORDEN 12-03-1976)		SF	15/08/1983	SELECCIONADO (2)	E2	30							15		AC	AC 16 surf S	35/50 ≈ B40/50	S12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	1		2,900	3,100	B-221 / NORMA 6.1 y 2 IC 1975 (ORDEN 12-03-1976)		SF	15/08/1983	SELECCIONADO (2)	E2	30							15		AC	AC 16 surf S	35/50 ≈ B40/50	S12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	1		3,100	3,540	132 / NORMA 6.1 y 2 IC DE 1990		SF	15/06/2002	SELECCIONADO CBR≥20 (3)	E3	25							25		AC	AC 16 surf S	35/50 ≈ B40/50	S12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	2		0,000	2,400	B-221 / NORMA 6.1 y 2 IC 1975 (ORDEN 12-03-1976)		SF	15/05/1990	SELECCIONADO (2)	E2	30							15		AC	AC 16 surf S	35/50 ≈ B40/50	S12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	2		2,400	2,600	B-221 / NORMA 6.1 y 2 IC 1975 (ORDEN 12-03-1976)		SF	15/05/1990	SELECCIONADO (2)	E2	30							15		AC	AC 16 surf S	35/50 ≈ B40/50	S12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	2		2,600	3,350	132 / NORMA 6.1 y 2 IC DE 1990		SF	15/06/2002	SELECCIONADO CBR≥20 (3)	E3	25							25		AC	AC 16 surf S	35/50 ≈ B40/50	S12	5
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	1		11,700	13,000		4PA+6MB+11G25+50E3	SF	15/07/1999		E3	24							50		BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	1		13,000	13,280		4PA+6MB+11G25+50E3	SF	15/07/1999		E3	24							50		BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	2		11,700	12,000		4PA+6MB+11G25+50E3	SF	15/07/1999		E3	24							50		BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	2		12,000	13,000		4PA+6MB+11G25+50E3	SF	15/07/1999		E3	24							50		BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	2		13,000	13,280		4PA+6MB+11G25+50E3	SF	15/07/1999		E3	24							50		BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO								CAPA RODADURA ACTUAL							
Unidad	Provincia	Sector	Via	Calzada	Carril	PK inicial	PK final	Tipo de Material	Tipo de Mezcla	Ligante	Tipo de mezcla Denominación anterior	Espesor Capa (cm)	Fecha capa de rodadura actual	espesor del firme total	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	1		660,900	669,000	BBTM	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5	15/07/2006	30	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	1		669,000	669,180	BBTM	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5	15/07/2006	30	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		667,600	668,090	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	01/02/2009	33	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		668,090	668,220	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	01/03/2011	33	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		668,220	668,600	BBTM	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5	15/07/2006	30	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		668,600	669,000	BBTM	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5	15/07/2006	30	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-4	2		669,000	669,180	BBTM	PA 11	PMB 45/80-60 ≈ BM-3b	PA 12	5	15/07/2006	30	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	1		0,000	2,900	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	01/11/2008	33	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	1		2,900	3,100	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	01/11/2008	33	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	1		3,100	3,540	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	01/11/2008	28	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	2		0,000	2,400	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	01/11/2008	33	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	2		2,400	2,600	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	01/11/2008	33	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	A-48	2		2,600	3,350	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	01/11/2008	28	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	1		11,700	13,000	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	15/06/2017	27	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	1		13,000	13,280	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	15/06/2017	27	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	2		11,700	12,000	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	15/06/2017	27	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	2		12,000	13,000	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	15/06/2017	27	
CÁDIZ	CÁDIZ	CA-1	CA-33	2		13,000	13,280	BBTM	BBTM 11 B	PMB 45/80-65 ≈ BM-3c	M10	3	15/06/2017	27	

**APÉNDICE Nº 3. REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE TESTIGOS
DEL FIRME REALIZADOS.**



Empresa Certificada ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification

www.cogesur.es
E-mail: cogesur@cogesur.es
Telfs.: 956 861 729 · 956 856 895
Fax: 956 861 730
P. I. "El Palmar" · C/ Forja, Nave 21
11500 El Pto. de Santa María (Cádiz)

DESTINATARIO:

UTE CONSERVACION CA-01
Apdo. de Correos, 4049
Autovía A4a Salida 644
11408-Jerez de la Frontera
Cádiz

ACTA ANUAL	ACTA OBRA	ALBARAN	MUESTRA	FECHA ACTA
2020/3538	1	41152	SF/338	27/02/2020

ACTA DE RESULTADOS

Expte.: 9503 - s/Rfa.:
OBRA: Obra Tres Caminos (San Fernando-Chiclana-Pto. Real)
PETICIONARIO: UTE CONSERVACION CA-01
Inicio/Fin de ensayos: 18/02/2020 / 18/02/2020

MEZCLAS BITUMINOSAS. MÉTODOS DE ENSAYO PARA MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE. PARTE 36: MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS., s/norma UNE-EN 12697-36:2003

TIPO DE MUESTRA:	Mezcla bituminosa	FECHA DE RECOGIDA:	18/02/2020
DESCRIPCIÓN:	MBC	MUESTREADA POR:	Muestreado por laboratorio
PROCEDECIA:	A-48 y CA-33	RECOGIDA EN:	Obra
COND. ATMOSFÉRICAS:	Despejado	LABORANTE:	Francisco Javier Pérez Lores

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS. S/UNE-EN 12697-36:2003													
IDENTIFICACIÓN													
MUESTRA	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10	T-11	T-12	T-13
CARRETERA	A-48	A-48	A-48	A-48	A-48	A-48	A-48	A-48	CA-33	CA-33	CA-33	CA-33	A-48
P.K.	0+700	0+700	0+970	0+970	2+470	2+470	2+370	2+370	11+920	11+920	11+920	11+920	0+934
CALZADA	DERECHA	DERECHA	IZQUIERDA	IZQUIERDA	DERECHA	DERECHA	IZQUIERDA	IZQUIERDA	DERECHA	DERECHA	IZQUIERDA	IZQUIERDA	DERECHA
CARRIL	CARRIL DERECHO	CARRIL CENTRAL	CARRIL DERECHO	CARRIL DERECHO	CARRIL DERECHO	CARRIL CENTRAL	ARCEN DERECHO	CARRIL DERECHO	ARCEN DERECHO	CARRIL DERECHO	ARCEN DERECHO	CARRIL DERECHO	CARRIL DERECHO
ESPESORES													
CAPA RODADURA mm	6,00	4,00	4,50	4,00	5,50	3,50	5,00	3,50	4,00	4,00	2,50	3,00	4,00
CAPA INTERMEDIA mm	-	-	-	-	-	-	-	-	27,0	-	-	-	-
CAPA BASE mm	30,0	25,0	26,0	21,0	30,0	23,0	34,0	25,0	15,0	14,0	26,0	42,5	48,0

LABORATORIOS COGESUR, S.L. - Registro Mercantil de Cádiz, Tomo 1861, Libro 0, Folio 29, Hoja CA-35478 - C.I.F.: B-72.081706

Página 1/1

Sergio Ramos Posada
Licenciado en Geología
Responsable ensayos físicos

Juan Carlos Páez Hernández
Ingeniero Técnico Industrial
Director de Laboratorio

Los resultados solo afectan a las muestras sometidas a ensayo. Prohibida la reproducción parcial de este documento sin la autorización de Laboratorios Cogesur®

LABORATORIOS COGESUR®, S.L. - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad en Edificación y Obras de Ingeniería Civil
Áreas de Actuación: Edificación: EH, EA, GT, VS, EFA, PS, Ingeniería Civil: A, B, C y D
Número de Inscripción en el Registro General de Laboratorios de Ensayos: AND-L-067

TESTIGO T-1



© LABORATORIOS COGESUR, S.L.

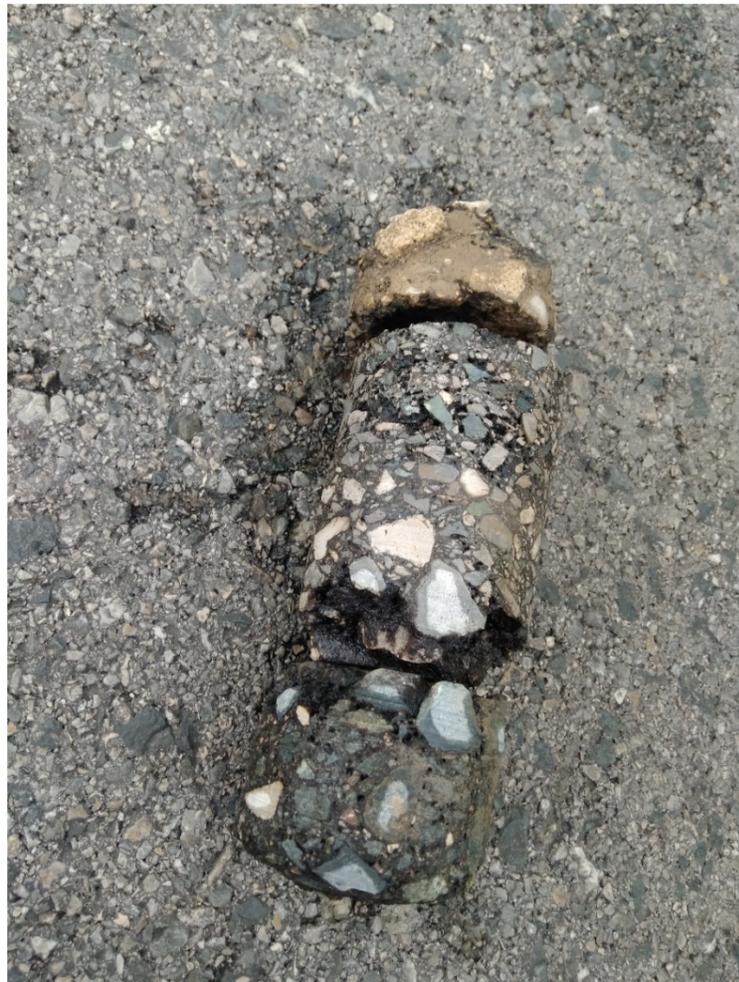
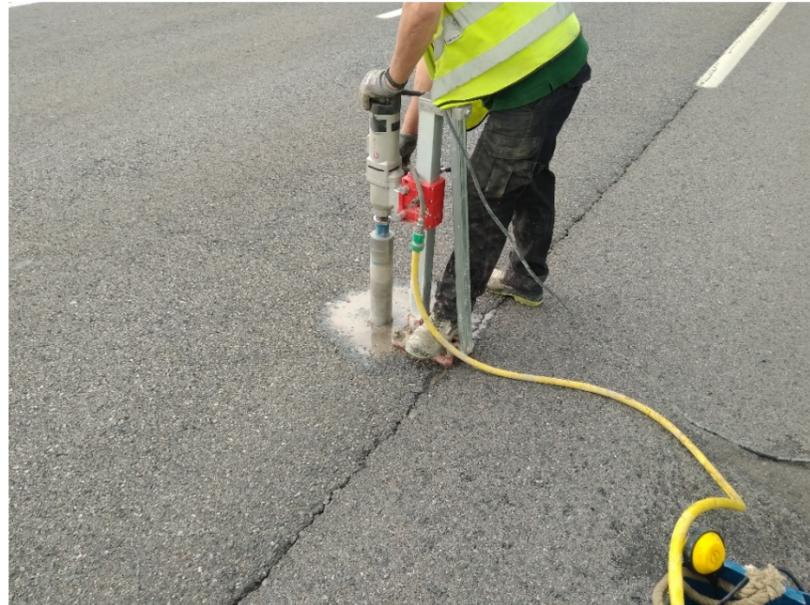
TESTIGO T-2



TESTIGO T-3



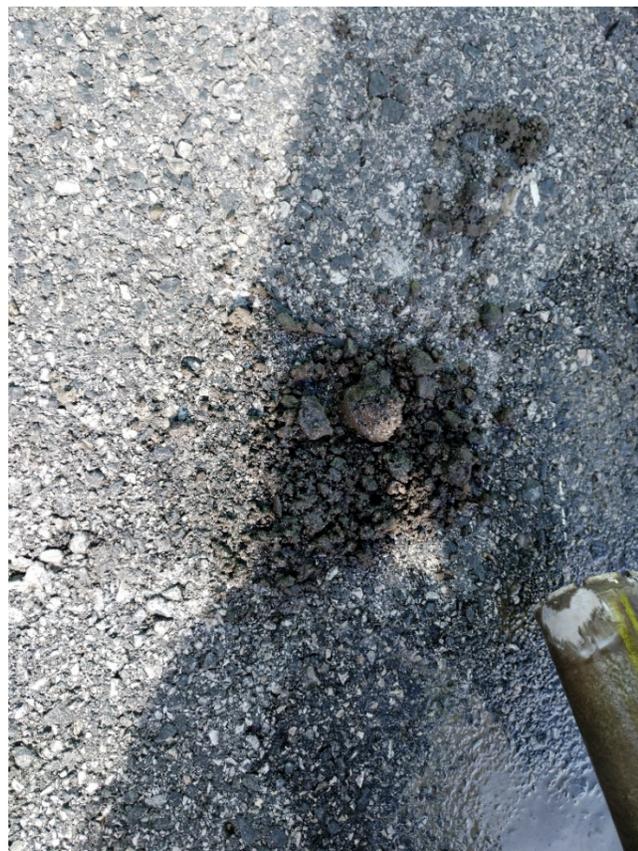
TESTIGO T-4



TESTIGO T-5



TESTIGO T-6



TESTIGO T-7



TESTIGO T-8



TESTIGO T-9



TESTIGO T-10



TESTIGO T-11



TESTIGO T-12



TESTIGO T-13



**APÉNDICE Nº 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE
GEOSINTÉTICOS A DISPONER EN ENSANCHES DE CALZADA**

HUESKER S.A
Pol. Industrial Talluntxe II, Calle O, Nave 8 • 31110 Noain (Navarra)

HUESKER S.A.U.
Pol. Industrial Talluntxe II, Calle O, Nave 8 • 31110 Noain (Navarra)

Basetrac® Duo-C PVA 710 B15 SP



DATOS DEL PRODUCTO:

Producto	Geomalla Biaxial + Geotextil No Tejido
Materia prima	Geomalla PVA (Polivinil Alcohol) Geotextil No Tejido PP
Recubrimiento	Geomalla Polímero
Módulo Elástico diseño a 120 años Longitudinal + transversal EN ISO 10.319	≥710 kN/m
Deformación nominal longitudinal / transversal EN ISO 10.319	≤6 %
Resistencia al pH	2-13
Apertura de malla	30 x 30 mm
Dimensiones de rollo anchura	5 m
longitud	100 m

La empresa no se responsabiliza de los cambios que puedan experimentar dichos valores debido a influencia medioambiental, manejo o aplicación inadecuada. Se reservan los derechos de modificar el producto. Rev. 02/2017

HaTelit® L 50/50



DATOS DEL PRODUCTO:

Producto	Geomalla de refuerzo de asfalto de alta resistencia unida a un no-tejido ultraligero y todo el conjunto con recubrimiento bituminoso
Materia prima	PET
Recubrimiento	Bituminoso con ≥60% de betún
Peso unitario EN ISO 9864	≈240 g/m ²
Resistencia a tracción Longitudinal Transversal EN ISO 10.319	≥ 50 kN/m ≥ 50 kN/m
Deformación nominal Longitudinal Transversal EN ISO 10.319	≤ 12 % ≤ 12 %
Resistencia a tracción al 3% deformación Longitudinal Transversal EN ISO 10.319	≥ 12 kN/m ≥ 12 kN/m
Punto de fusión	235 °Celsius
Apertura de malla (aprox.)	40 x 40 mm
Resistencia química a disolventes y sal	Alta
Valoración mediambiental	Sin riesgo
Anchura estándar de rollo	5 m
Otras anchuras disponibles de rollo	1-2-3-4 m

Debe ser cubierto tras la instalación
La empresa no se responsabiliza de los cambios que puedan experimentar dichos valores debido a manejo o aplicación inadecuada. Se reservan los derechos a modificar el producto.
Todas las características, excepto la durabilidad, son valores medios correspondientes al 95% del nivel de confianza

Fecha: 08.12.2019

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



HUESKER S.A
Pol. Industrial Talluntxe II • Calle O, Nave 8
31110 Noain (Navarra)
Tel.: 948 198 606 • Fax: 948 198 157
Internet: www.huesker.es • E-mail: huesker@huesker.es



HUESKER S.A.U.
Pol. Industrial Talluntxe II • Calle O, Nave 8
31110 Noain (Navarra)
Tel.: 948 198 606
Internet: www.HUESKER.es • E-mail: HUESKER@HUESKER.es



HaTeDrain[®] NGN 5-120

DATOS DEL PRODUCTO:

Producto	Geocompuesto de drenaje
Materia prima de la geonet	Polietileno
Materia prima del geotextil no-tejido	Polipropileno
Peso unitario <i>EN ISO 9864</i>	890 g/m ²
Espesor bajo carga de 2 kPa <i>EN ISO 9863-1</i>	5 mm
Resistencia a tracción en rotura longitudinal transversal <i>EN ISO 10319</i>	20 kN/m 17 kN/m
Resistencia a punzonamiento CBR <i>UNE EN ISO 12236</i>	1400 N
Transmisividad longitudinal (i=1) 20 kPa 200 kPa 400 kPa <i>EN ISO 12958</i>	1.16 l/m.s 0.74 l/m.s 0.48 l/m.s
Tamaño de poro <i>UNE EN ISO 12956</i>	< 170 µm
Permeabilidad <i>UNE EN ISO 11058</i>	90 l/m ² .s
Dimensiones de rollo anchura longitud	2-4 m 25-50-100 m

Todos los datos son valores medios medidos en laboratorio con una tolerancia del 30 %. La empresa no se responsabiliza de los cambios que puedan experimentar dichos valores debido a influencia medioambiental, manejo o aplicación inadecuada. Se reservan los derechos de modificar el producto. **Revisión 01/01/2010**