

ANEJO 05

FIRMES Y PAVIMENTOS

ÍNDICE

1	OBJETO	2
2	CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO	2
3	OPERACIONES PREVIAS	2
4	SECCIONES DE FIRME	2
5	CÁLCULO DE LA SECCIÓN DEL FIRME	3
5.1	CATEGORÍA DE TRÁFICO	3
5.2	CIMIENTO DEL FIRME	3
5.3	TIPO DE FIRME	3
5.4	CAPAS DE MEZCLA BITUMINOSA	4
5.5	CONCLUSIONES	4
6	JUSTIFICACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO VIAL CONEXIONES EXTERIORES	5
6.1	INTENSIDAD DE TRÁFICO	5
6.2	CIMIENTO DEL FIRME	6
6.3	SECCIÓN DEL FIRME	6
6.4	REFUERZO DEL FIRME FASE EXISTENTE	7



07E70025106500F5Z9O2Y9N3C7

1 OBJETO

El objeto del presente anejo es dimensionar el firme y las aceras de los distintos viales que componen la urbanización diseñada.

El proyecto y dimensionado de un firme es un proceso cuyo objetivo es definir las características y propiedades de los distintos elementos estructurales o capas del firme, así como los procedimientos constructivos, para poder garantizar que el firme va a prestar adecuadamente el servicio para el que se proyecta y construye durante un determinado período de retorno.

El método empleado para el cálculo estructural de los firmes de las distintas vías de la urbanización es el propuesto en la Orden F.O.M./3.460/2.003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la norma 6.1-IC "Secciones de firme", de la Instrucción de carreteras. Además, se han tenido también en cuenta las recomendaciones recogidas en los siguientes textos:

- "Carreteras II", de C. Kraemer, I. Morilla Abad y M. A. del Val. Editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1.999.
- "Secciones estructurales de firmes urbanos en sectores de nueva construcción", de Eduard Alabern y Carles Guilemany.

2 CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO

El firme de los distintos viales que componen la actuación se ha calculado en base a las características propias de firmes urbanos (las cuales se presentan en la urbanización proyectada), como son el tráfico más lento, cargas dinámicas menores que en carreteras interurbanas, etc.

Además, se ha tenido también en cuenta que el proceso constructivo de un firme urbano es muy diferente al de una carretera por la necesidad de construir las capas del firme en dos fases: una primera fase de construcción de la sub-base granular y una segunda de construcción de las capas de base y pavimento. El hecho de tener que asentar los bordillos sobre la sub-base determina la necesidad de circular sobre dicha capa durante la ejecución de los mismos y durante la implantación de los servicios en la acera. Ello implica la necesidad de disponer de una capa de sub-base que no se deteriore con el paso de vehículos, como ocurre con las zahorras.

Por último, tal y como se ha comentado en el párrafo anterior, el tráfico pesado circula a menor velocidad que por carretera, teniendo ello una incidencia negativa sobre la durabilidad del firme. Por ese motivo, se recomienda incrementar el espesor total del paquete del firme y realizar varias capas tal y como se plantea en el presente anejo.

3 OPERACIONES PREVIAS

La mayor parte de los terrenos a urbanizar se encuentran dedicados al cultivo de olivos y hortalizas. Por tanto, será necesario la retirada de los cultivos previamente al desbroce del terreno.

Tras estas actuaciones se procederá al desbroce y limpieza del terreno de cara a un adecuado saneamiento del mismo, consistente en una capa de 30 cm de espesor. Esta tierra vegetal podrá ser reaprovechada en las zonas verdes de la urbanización, o llevar la sobrante a vertedero.

4 SECCIONES DE FIRME

A partir de los resultados del estudio de tráfico realizado, y según se justifica en los apartados siguientes, se establecen las siguientes secciones de firme para cada uno de los viales de la urbanización:

Categoría de tráfico	T0	T1	T41
Viales	15N HN-HN2 13A Fase Existente Conexiones exteriores (Ver plano CON 16)	5B 14N FN GN 11A-DN 9A 5A	MA-209 MA-232
Cimiento de firme	25 cm S-EST1 25 cm S-EST1 30 cm S-EST3	25 cm S-EST1 25 cm S-EST1 30 cm S-EST2	Suelo seleccionado procedente de la propia excavación.
Sección de firme	20 cm SC 22 cm GC 9 cm AC 32 Base G 6 cm AC 16 Bin S 3 cm AC 16 Surf S	22 cm SC 22 cm GC 9 cm AC 32 Base G 6 cm AC 16 Surf S	30 cm ZA 6 cm AC 32 Base G 4 cm AC 16 Surf S

A continuación se expone la justificación de sección y cimiento de firme para cada uno de los viales elegida.



5 CÁLCULO DE LA SECCIÓN DEL FIRME

La norma 6.1-IC "Secciones de firme" es de aplicación, en primera instancia, para el cálculo de la sección de firmes de carreteras dependientes de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, aunque por extensión también, como es este caso, a todo tipo de vías públicas de uso general.

Presenta una amplia gama de secciones estructurales para firmes de nueva construcción para cada categoría de tráfico pesado y de explanada. La sección se calculará según las siguientes variables:

- La intensidad (IMD) y naturaleza del tráfico a soportar.
- La naturaleza del terreno (o de la explanada creada).
- Las condiciones climáticas de la zona.

5.1 CATEGORÍA DE TRÁFICO

A partir del estudio de tráfico realizado, y según la información disponible de polígonos industriales de similares características, se establecen las siguientes categorías de tráfico para los viales, según la instrucción de carreteras, la categoría de tráfico se determina a partir :

Categoría de Tráfico	Nº Pesados
T00	4000 ó más
T0	2000 a 3999
T1	800 a 1999
T2	200 a 799
T31	100 a 199
T32	50 a 99
T41	25 a 49
T42	Menos de 25

S

5.2 CIMIENTO DEL FIRME

Los suelos presentes en el ámbito del proyecto, tras retirar un mínimo de 50 cm de tierra vegetal, pueden clasificarse como Inadecuados y Marginales en la mayor parte de la urbanización (IN), de acuerdo con el Art. 330 del PG-3 de la Orden 1382/02 del Ministerio de Fomento, por lo que su utilización como material para la construcción de terraplenes se desaconseja por no cumplir con un índice CBR igual o superior a tres, pudiendo ser aprovechado mediante su estabilización in situ.

Sin embargo, previamente al inicio de las obras, y con la disponibilidad de ocupación de los terrenos, se realizarán los oportunos ensayos de identificación de suelo que sirvan para contrastar estos datos. Tras sanear la capa de tierra vegetal se realizarán las operaciones del movimiento de tierras, dejando una capa final de coronación del mismo de 80

cm de suelo estabilizado in situ con las características descritas en el artículo 330 del PG-3. Con ello se dispondrá de una **explanada tipo E3 y E2, en función de la categoría de tráfico a disponer sobre ella.**

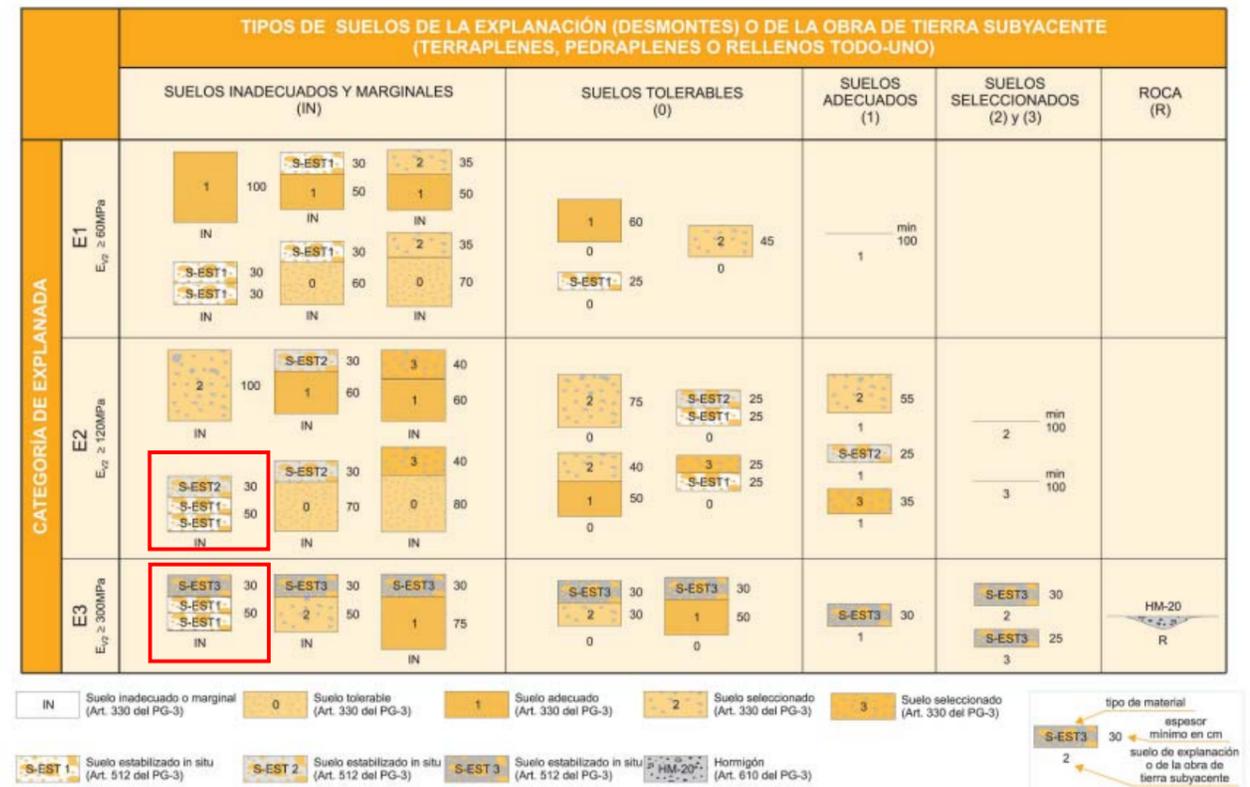


FIGURA 1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Así mismo, se colocará sobre la explanación una lámina geotextil de 200g/m2.

5.3 TIPO DE FIRME

Se busca como solución la disposición de un pavimento de tipo flexible, atendiendo a la tabla incluida en la Figura 2.1. Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico pesado en función de la categoría de la explanada, incluida en la Instrucción 6.1 IC Secciones de firme, de la instrucción de carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003):



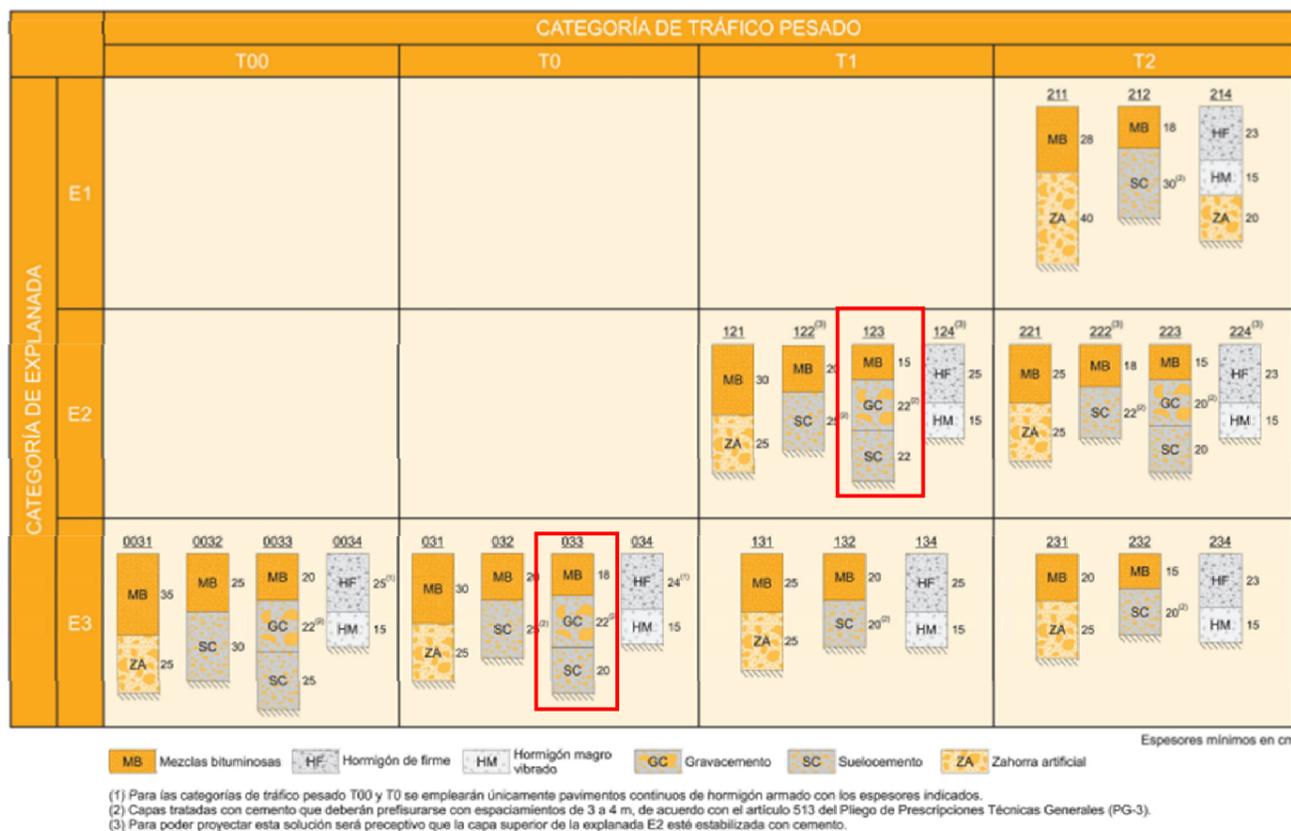


FIGURA 2.1. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2, EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

Según se ha determinado en el estudio de tráfico, y quedando del lado de la seguridad en cuanto a la IMD prevista a futuro, dado que el vial perimetral exterior se espera funcione como un vial principal.

Por tanto, se dispone de una categoría de tráfico T0 para los viales principales (15N, 13A y HN-HN2), así como los viales de conexión que quedan fuera de la urbanización propiamente dicha, pero que se verán afectados por la ejecución de las obras, y que serán utilizados en la salida y entrada de camiones según se determina en el estudio de tráfico.

Para el resto de los viales, se determina una categoría de tráfico T1, según se justifica en el Estudio de Tráfico.

Cabe indicar que según se han señalado previamente, el paquete de firmes se proyecta sobre una explanada E2 para la categoría de tráfico T1 y una E3, para la categoría de tráfico T0.

5.4 CAPAS DE MEZCLA BITUMINOSA

Por último queda por definir los espesores que forman la mezcla bituminosa de la sección de firme, para lo que se observa primeramente que el lugar de la actuación corresponde a una **Zona Térmica Estival Cálida**, y a **Zona Pluviométrica 5 (poco lluviosa)**.

Por tanto, y siguiendo las recomendaciones expuestas en la normativa 6.1 I-C, las capas de la mezcla bituminosa, el paquete de firmes previstos, según se indicaba en el punto anterior es de 15 cm de MBC para un T1 y 18 cm para un T0, quedando según la tabla anterior, el reparto de la siguiente forma:

Para el tráfico T1, se disponen de 9 cm de capa base gruesa, y 6 cm de capa de rodadura semidensa.

Para el tráfico T0, se disponen de 9 cm de capa base gruesa, 6 cm de capa intermedia semidensa y 3 cm de capa de rodadura semidensa.

Nota. Se quiere indicar, que en la instrucción de carreteras, se dispone para las categorías de tráfico estimadas, una capa de rodadura de 3 cm discontinua drenante, lo cual está ideado para tráfico en vías de alta capacidad y velocidad. En el presente caso, dado de que se trata de una vía urbana, en la que las aguas de escorrentía superficial están previstas de ser recogidas mediante imbornales y no existen arcenes o tramos de transición que puedan servir para embocar las aguas hacia los mismos, no procede la implantación de dicho tipo de pavimento, optando por sustituirlo mediante mezcla semidensa la cual no es permeable y permite el adecuado funcionamiento de la red de pluviales proyectada para la red viaria.

5.5 CONCLUSIONES

La sección de firme dimensionada más adecuada para el tráfico pesado que se ejecutará en el viario del Centro Logístico de Antequera para las calzadas según la normativa vigente 6.1-IC es:

Sección de firme de calzadas

Categoría de tráfico	T0	T1
Cimiento de firme	25 cm S-EST1	25 cm S-EST1
	25 cm S-EST1	25 cm S-EST1
	30 cm S-EST3	30 cm S-EST2
Sección de firme	20 cm SC	22 cm SC
	22 cm GC	22 cm GC
	9 cm AC 32 Base G	9 cm AC 32 Base G
	6 cm AC 16 Bin S	6 cm AC 16 Surf S
	3 cm AC 16 Surf S	

En cuanto al resto de las zonas de tránsito, se ha determinado lo siguiente:

Sección de firme de franjas de aparcamientos:



- Capa de suelo estabilizado con cemento.....Espesor 80 cm.
- Lámina geotextil de 200g/m2
- Capa de suelocemento.....Espesor 22cm.
- Capa de gravacemento.....Espesor 22cm.
- Solera de 20 cm de hormigón HA/25/P/20/IIa con mallazo # 15x15x6 B500S

Sección de firme de aceras:

- Capa de zahorra artificial compactada.Espesor: 20cm.
- Pavimento de hormigón impreso.....Espesor: 15cm.

Las rampas para minusválidos que se dispondrán en todos los pasos de cebra previstos presentarán una pendiente que no excederá del 8% y, en ellas, la baldosa anteriormente descrita se sustituirá por baldosas hidráulicas de botones.

6 JUSTIFICACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO VIAL CONEXIONES EXTERIORES

Según se detalla en el presupuesto y en los apartados anteriores, los viales afectados por las obras de urbanización y que se localizan al norte de la A-92, se repondrán siguiendo las prescripciones del estudio de tráfico, mediante un T0 y con un cimientado de firme correspondiente a garantizar un E3.

No obstante, debido a la implantación aguas abajo, una vez se ha cruzado la hinca, de los tramos de carreteras afectados por la ejecución de las acometidas exteriores, se procede a continuación a justificar su dimensionamiento, para su reposición.

Dicha carretera, sirve de servicio para un entorno predominantemente agrícola,

6.1 INTENSIDAD DE TRÁFICO

Para la estimación de la intensidad de tráfico en este tipo de zonas, conviene estudiar todas las variables que influyen en el tráfico, es decir:

- Extensión de la zona (ha)
- Intensidad de utilización de la tierra
- Producción bruta anual (t)
- Número de explotaciones servidas por la carretera
- Materias primas a emplear en las explotaciones
- Transporte de material mecánico (tractores, etc)

- Servicios agrotécnicos exteriores
- Tránsito de otros vehículos
- Tráfico inducido

En cualquier caso, es conveniente tener en cuenta una serie de características típicas del tráfico agrícola, como son:

- Variación a lo largo del año de los ciclos de producción
- Intensidad de tráfico inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al centro de atracción
- Variación transversal de tráfico. En carriles de doble circulación, habrá más deterioro en el sentido de vuelta, con los vehículos cargados.

Para la determinación de la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en toda la calzada (IMDP) se ha utilizado la siguiente fórmula empírica:

$$IMD_p = Q \cdot S \cdot \eta^{0,5} \cdot \xi / 500$$

Donde,

Q: Producción anual bruta de la zona (t/ha), para este caso se han tomado como dato más desfavorable 8 tn/ha

S: Superficie en ha, a las que da servicio el camino.

η: Nº de explotaciones servidas para cada tramo

ξ: Coeficiente determinado por la conexión, en este caso se determina como 1.

Sustituyendo, tendremos para cada tramo, en el que se prevé reposición del firme:

	MA-209	MA-232
S (ha)	195	235
η (nº explotaciones)	64	98
IMD _p	25	37
Categoría de tráfico	T41	T41

Según la IMD obtenida, se prevé la reposición del camino con una categoría de tráfico T41, en vistas al crecimiento de la actividad económica del entorno, alargando la vida útil de la actuación proyectada.





Tramo de carretera afectado

6.2 CIMIENTO DEL FIRME

Dado que se trata de la reposición de una carretera, la cual será afectada en la totalidad de la plataforma, debido a la implantación de la canalización proyectada, ya sea el tubo de 2500 en el que se afectará al ancho total de calzada, como a la reposición del resto de la traza hasta llegar a la conexión de abastecimiento, y los rellenos sobre el mismo se determinan mediante suelo seleccionado, se garantiza la explanada E2:

		TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)				
		SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 E _{vp} ≥ 60MPa					
	E2 E _{vp} ≥ 120MPa					
	E3 E _{vp} ≥ 300MPa					

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 (Art. 330 del PG-3)

S-EST 1 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) S-EST 2 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) S-EST 3 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) HM-20 Hormigón (Art. 610 del PG-3)

tipo de material espesor mínimo en cm suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

FIGURA 1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

6.3 SECCIÓN DEL FIRME

Para la obtención del firme a disponer, en el que se busca una solución de pavimento flexible similar al existente, atendiendo a la tabla incluida en la Figura 2.2. Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico pesado en función de la categoría de la explanada, incluida en la Instrucción 6.1 IC Secciones de firme, de la instrucción de carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003), tomando como solución, una capa de zahorra artificial de 30 cm y una capa de mezcla bituminosa en caliente 16 AC Surf S de 4 cm más una capa base AC 32 Base G de 6 cm.



		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO											
		T31			T32			T41			T42		
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	3111 MB 20 ZA 40	3112 MB 15 SC 30	3114 HF 21 ZA 30	3211 MB 18 ZA 40	3212 MB 12 SC 30	3214 HF 21 ZA 20	4111 MB 10 ¹¹ ZA 40	4112 MB 8 SC 30	4114 HF 20 ZA 20	4211 MB 5 ¹¹ ZA 35	4212 MB 5 SC 25	4214 HF 18 ZA 20
	E2	3121 MB 16 ZA 40	3122 MB 12 SC 30	3124 HF 21 ZA 25	3221 MB 15 ZA 35	3222 MB 10 SC 30	3224 HF 21 ZA 20	4121 MB 10 ¹¹ ZA 30	4122 MB 8 SC 25	4124 HF 20	4221 MB 5 ¹¹ ZA 25	4222 MB 5 SC 22	4224 HF 18
	E3	3131 MB 16 ZA 25	3132 MB 12 SC 22	3134 HF 21 ZA 20	3231 MB 15 ZA 20	3232 MB 10 SC 22	3234 HF 21	4131 MB 10 ¹¹ ZA 20	4132 MB 8 SC 20	4134 HF 20	4231 MB 5 ¹¹ ZA 20	4232 MB 5 SC 20	4234 HF 18

Esesores mínimos en cm

MB Mezclas bituminosas HF Hormigón de firme SC Suelocemento ZA Zahorra artificial

(1) Estas capas bituminosas podrán ser proyectadas con mezclas bituminosas en caliente muy flexibles, grauemulsión sellada con un tratamiento superficial o mezcla bituminosa abierta en frío sellada con un tratamiento superficial.

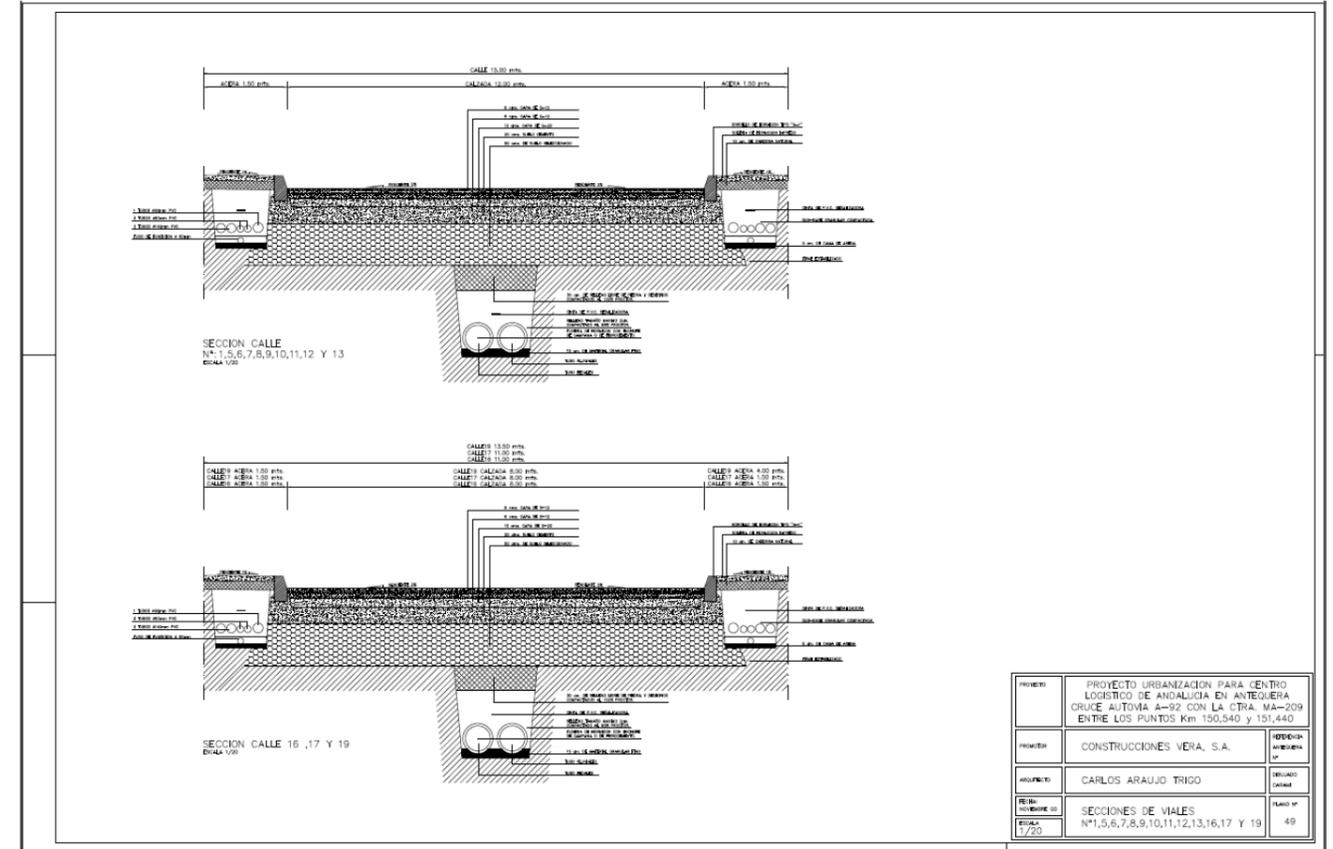
Nota 1: Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) las capas tratadas con cemento deberán prefisurarse con espaciamentos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Nota 2: En la categoría de tráfico pesado T42 con tráficos de intensidad reducida (menor que 100 vehículos/carril/día) podrá disponerse un riego con gravilla bicapa como sustitución de los 5 cm de mezcla bituminosa.

6.4 REFUERZO DEL FIRME FASE EXISTENTE

Debido a la implantación de la fase 2 del Centro Logístico de Antequera que se define en el presente proyecto, se prevé el aumento de la carga de tráfico sobre algunos de los viales de la fase existente los cuales se encuentran actualmente en ejecución y se consideran necesario reforzar con el fin de mejorar la perdurabilidad del mismo, para determinar la mejora de la solución aportada, se parte en primer lugar del paquete de firmes de los viales ya ejecutados en Fase 1.

La sección ejecutada es común a todos los viales, correspondiéndose, una categoría de tráfico T1, para una explanada tipo E3:



Repitiéndose la misma configuración del paquete de firmes para todos los viales, siendo este el caso más desfavorable, correspondiéndose la sección del firme por:

- 6 cm de MBC S-12
- 6 cm de MBC G12
- 10 cm de MBC G20
- 20 cm de suelo cemento

No se entra a valorar el cimientto del firme, ya que la actuación prevista es a nivel superficial, pudiendo mejorar solamente la capa de rodadura. Pero teniendo en cuenta la sección tipo propuesta, se correspondería con una categoría de tráfico T1 para una explanada E3.

Esto nos permite preveer la mejora del paquete de firme a un T0, ya que según o indicado anteriormente, la explanada de partida sería una E3, la única permitida para esta tipología de tráfico.

Además, hay que tener en cuenta que la MBC proyectada, se conforma con una base de suelo cemento, lo que nos obliga a adoptar la sección con materiales equivalentes para unT0, según se indica en la siguiente imagen:



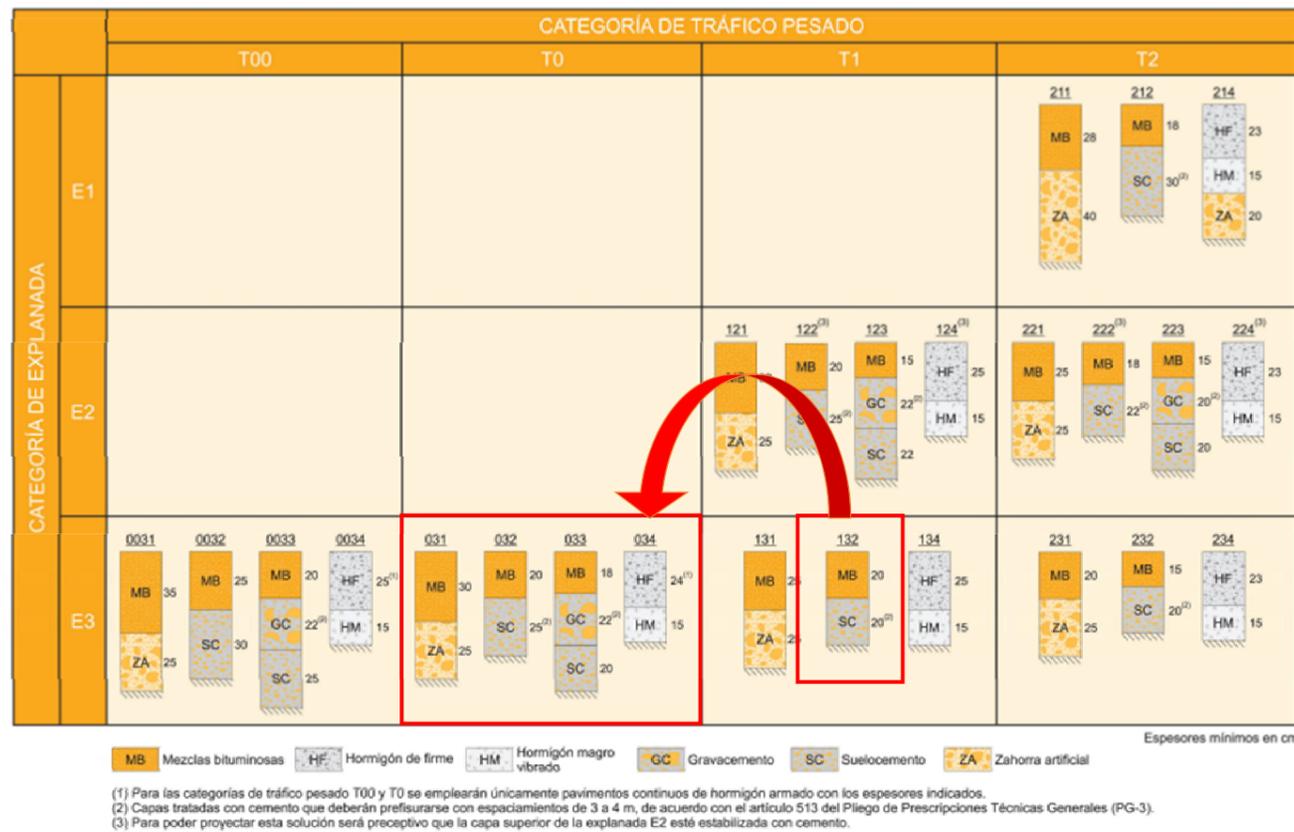


FIGURA 2.1. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2, EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

Hay que tener en cuenta, que dado que lo que se prevé es una mejora superficial del paquete de firmes, no es factible la ampliación de la capa de suelo cemento de 20 a 25 cm, ya que obligaría a demoler la totalidad de la capa de MBC actual conformada por 22 cm, incluyéndose por tanto el espesor de 5 cm correspondiente a la mejora por 5 cm de MBC AC 16 Surf S, lo cual aunque no se englobe dentro de las secciones tipo de la Instrucción de Carreteras, se considera equivalente, incluso mejorable a efectos prácticos.

Quedando por tanto la sección tipo de los viales existentes en fase 1 de la siguiente forma:

- 5 cm de MBC AC 16 Surf S
- 22 cm de MBC existente
- Capa base de 20 cm de suelocemento existente.

Todo ello se refleja en el plano CON-16.



07E70025106500F5Z9O2Y9N3C7

