



PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

**SUPRESIÓN DEL PASO A NIVEL DE TORRETXO
P.K. 37+154 DE LA LÍNEA BILBAO - DONOSTIA**

ANEJO Nº 9. FIRMES

■ CONTROL DE CALIDAD			
DOCUMENTO	ANEJO Nº 9. FIRMES		
CÓDIGO	FM2147-PC-AX-09-DTE-Firmes-Ed1.docx		
EDICIÓN Nº	1	Fecha edición	Junio 2024
REVISIÓN Nº		Fecha revisión	
REALIZADO POR	Nombre	ASE	Firma:
	Fecha	03/06/2024	
REVISADO POR	Nombre	SGC	Firma:
	Fecha	03/06/2024	
APROBADO POR	Nombre	JMH	Firma:
	Fecha	03/06/2024	

REGISTRO DE MODIFICACIONES

EDIC. / REV.	FECHA	RESPONSABLE MODIFICACIÓN	SECC. / PÁRRAFO MODIFICADO	MODIFICACIÓN EFECTUADA
1	Junio 2024			Edición inicial para comentarios

■ ÍNDICE

1. TRÁFICO	1
2. FIRMES	1
2.1. EXPLANADA SEGÚN LA NORMA 6.1-I.C	1
2.2. EXPLANADA SEGÚN LA NORMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE FIRMES DE LA RED DE CARRETERAS DEL PAÍS VASCO	2
2.3. EXPLANADA MEJORADA	2
2.4. CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.....	3
2.5. SECCIONES DE FIRME.....	3
2.6. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ELEGIDA.....	4
2.7. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	4
2.7.1. Riegos.....	4
2.7.2. Juntas	5
2.7.3. Sobreanchos.....	6

1. TRÁFICO

El paso inferior proyectado pertenece a un vial con muy bajo tráfico, que da servicio a una zona aislada de caseríos y a una subestación eléctrica.

Con estas consideraciones, se estima una IMD menor que 50 vehículos pesados/día.

Consideramos dicha intensidad máxima de pesados como la correspondiente al año de puesta en servicio. Según esto, según la Instrucción 6.1-I.C., tendremos la categoría de tráfico siguiente:

Categoría de tráfico: T41 ($25 < \text{IMD} < 50$).

Periodo de servicio: 20 años.

2. FIRMES

Se proyecta el firme para un tráfico de categoría T41.

La pavimentación de la acera está formada por una base de 15 cm de hormigón HA-20 con mallazo electrosoldado B-500T 15x15x4. La superficie del hormigón se cepillará lo suficiente para que el acabado sea rugoso y no presente problemas de resbaladidad.

2.1. EXPLANADA SEGÚN LA NORMA 6.1-I.C

La categoría de la explanada de proyecto viene condicionada por la categoría de tráfico pesado adoptada. Así, para la categoría T0 no se admiten explanadas de categoría inferior a la E3 y para la categoría de tráfico pesado T1, sólo se admiten explanadas de categoría E2 o E3. En el caso de la categoría de tráfico T2 se admiten las tres categorías de explanadas.

La explanada, como superficie de apoyo de un firme, constituye su cimiento habitual. El comportamiento de los suelos existentes bajo esa superficie depende básicamente de las cargas procedentes del tráfico y de la rigidez de las capas del firme. Así, la incidencia de la explanada sobre el comportamiento estructural de las secciones de firme es tanto mayor cuanto mayor sea la flexibilidad de esas secciones, y sobre todo cuando la capacidad portante es relativamente reducida.

El parámetro fundamental de caracterización de la explanada, según la Instrucción de Secciones de Firme 6.1-I.C, es el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa. En función de los valores que toma este parámetro se definen tres categorías de explanada, que son las siguientes:

Categoría de la Explanada	Ev2 (Mpa)
E1	Ev2≥60
E2	Ev2≥120
E3	Ev2≥300

Así, para obtener una explanada tipo E3, deberían tenerse en cuenta las siguientes consideraciones en función del tipo de material sobre el que se encuentre bien el fondo de los desmontes o bien la coronación de los rellenos a construir.

- En los desmontes o terraplenes donde se prevea que el fondo del mismo quede en suelos inadecuados, habrá que extender una capa de 50 cm de suelo seleccionado o suelo estabilizado con cemento tipo 1 y sobre ella una capa de suelo estabilizado tipo 3 de 30 cm de espesor. Otra opción sería mantener los 30 cm de suelo estabilizado pero sobre una base de suelo adecuado de 75 cm de espesor.
- En los desmontes donde se prevé que el fondo del mismo quede en suelos tolerables para conseguir una explanada E3 habrá que extender una capa de suelo adecuado de 50 cm de espesor y sobre ella disponer 30 cm de suelo estabilizado. Otra opción sería sustituir los 50 cm de suelo adecuado por 30 cm de suelo seleccionado.
- En los desmontes donde se prevé que el fondo del mismo quede sobre un suelo adecuado bastará con disponer una capa de 30 cm de suelo estabilizado.
- En los desmontes en los que se prevé que el fondo esté constituido por suelo seleccionado, se dispondrán de 25 a 30 cm de suelo estabilizado.
- Por último, en el caso de existir roca, se dispondrá de hormigón HM-20.

2.2. EXPLANADA SEGÚN LA NORMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE FIRMES DE LA RED DE CARRETERAS DEL PAÍS VASCO

Esta Norma de Dimensionamiento de Firmes considera tres categorías de explanada mejorada en función de su capacidad de soporte, EX1, EX2, y EX3. La categoría mínima necesaria es función del Tráfico de Proyecto obtenido tal y como se ve en la siguiente tabla:

Tráfico de proyecto	Categoría de explanada mejorada
T2A o Superior	EX2 o EX3
T2B o Inferior	EX1, EX2 o EX3

El parámetro fundamental de caracterización de la explanada, sigue siendo el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa. En función de los valores que toma este parámetro se definen las tres categorías de explanada:

Categoría de la Explanada	Ev2 (Mpa)
EX1	Ev2≥120
EX2	Ev2≥200
EX3	Ev2≥300

2.3. EXPLANADA MEJORADA

El tráfico de proyecto es igual o inferior a la categoría T2B, correspondiéndole una categoría de explanada mejorada EX1, EX2 ó EX3 según la Norma para el Dimensionamiento de Firmes de la Red de Carreteras del País Vasco. Siguiendo la citada Norma se puede utilizar una explanada EX1.

La explanada mejorada que se utilizará será de tipo EX1 que estará formada según los siguientes casos:

- Suelos inadecuados: Disposición de 100 cm de suelo seleccionado con una lámina de geotextil.
- Suelos tolerables: 50 cm de suelo seleccionado.
- Suelos adecuados o roca con elevada humedad: 30 cm de suelo seleccionado.
- Suelos seleccionados o roca sana: 20 cm de suelo escarificado y recompactado.

2.4. CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.

Para la elección de las secciones de firmes de proyecto del vial, se han considerado los paquetes de firme contemplados por la Instrucción 6.1-I.C, Secciones de Firme, así como la Norma para el Dimensionamiento de Firmes de la Red de Carreteras del País Vasco.

Estas dos instrucciones ofrecen una serie de secciones de capacidad portante equivalente en función de la categoría de tráfico pesado sobre el carril de proyecto en el año de puesta en servicio o del tráfico de pesados durante los años de proyecto, y en función de la categoría de explanada del cimiento que soporte este nuevo firme.

Bajo estas condiciones, ofrecen diversas posibilidades entre las cuales se elegiría aquella que mejor se adapte a cada caso concreto, en función de factores de tipo técnico y económico fundamentalmente.

En cualquier caso, los factores de tipo técnico a tener en cuenta a la hora de proyectar la nueva sección de firme son los siguientes:

- Proyectar las distintas capas del firme considerando exclusivamente los materiales existentes en el territorio de Bizkaia, puesto que los elevados costes de transporte harían inviable la utilización de materiales procedentes de zonas alejadas.
- Tratar de emplear un paquete de firmes con un comportamiento estructuralmente semejante al existente, de manera que no se produzcan asentamientos diferenciales ni ningún otro tipo de defecto derivado de la heterogeneidad de firmes en una misma sección transversal.
- Las capas que conformen la nueva sección de firme se dispondrán de manera que permitan el correcto drenaje del firme.

2.5. SECCIONES DE FIRME

Tomando las secciones de firme de la Instrucción 6.1-IC, para categoría T41 y explanada E1 se tienen las siguientes alternativas

- Sección de firme 4111:
 - 10 cm de mezcla bituminosa.
 - 40 cm de zahorra artificial.
- Sección de firme 4112:
 - 8 cm de mezcla bituminosa.
 - 30 cm de suelo-cemento.
- Sección de firme 4114:

20 cm de hormigón de firme.

20 cm de zahorra artificial.

2.6. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ELEGIDA

Una vez analizadas las ventajas e inconvenientes de las secciones descritas, se concluye que la alternativa más adecuada para la sección de firmes a disponer es la sección 4114, a la que se añadirá una capa de rodadura bituminosa.

Las razones que han motivado la elección de esta sección son entre otras:

- La semejanza de composición y consecuentemente de comportamiento con las secciones actuales en la zona de actuación.
- La semejanza de comportamiento estructural con la zona del paso inferior de hormigón. Al colocar una base de firme de hormigón se uniformiza la sección a ambos lados, disminuyendo la posibilidad de asientos a la entrada y salida del cajón.
- Su mayor durabilidad y uniformidad.

Con el fin de evitar ruido, y mantener el estado actual, se opta por mejorar esta sección con una capa superficial de mezcla bituminosa, adoptándose de esta forma un firme mixto, con capa de rodadura bituminosa sobre hormigón, considerado en las recomendaciones de planeamiento y proyecto de carreteras urbanas del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Según la tabla 7.1 de la norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco, para una velocidad específica del tramo inferior a 90 km/h, una inclinación superior al 5% y una categoría de tráfico pesado T4B, es especialmente recomendable la colocación de una capa de rodadura de 4-5 cm AC16 surf D.

Según la Instrucción 6.1-IC, para los firmes de carretera con categoría de tráfico pesado T3 y T4 el hormigón de firme será hormigón en masa.

Con base en las consideraciones anteriores, la sección adoptada será la siguiente:

- 5 cm mezcla bituminosa AC16 surf D.
- 20 cm hormigón HM-20/P/25/I.
- 20 cm de zahorra artificial.

Esta sección puede verse en el Plano 6. Secciones tipo

Sobre la solera inferior del cajón, que tiene un espesor de 90 cm, se colocará la capa de 5 cm de mezcla bituminosa.

2.7. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

2.7.1. Riegos

Se aplicará un **riego de imprimación** sobre la capa de hormigón, previo a la extensión de la capa bituminosa.

Se seguirán todas las indicaciones del artículo 530 del PG-3, con especial atención a las siguientes:

- La dotación de ligante residual no será inferior en ningún caso a 500 g/m².
- La dotación de árido de cobertura no será superior a 6 l/m².

- Temperatura de aplicación del ligante tal que su viscosidad esté entre 20 y 100 sSF (segundos Saybolt Furol) si se emplea betún fluidificado, o entre 5 y 20 sSF si se utiliza emulsión bituminosa
- No permitir el paso de tráfico sobre el riego de imprimación antes de las 4-24 h posteriores necesarias para su absorción, limitando su velocidad a 30 km/h.

Se tendrán en cuenta las siguientes premisas:

- Comprobación de las adecuadas condiciones de la capa de hormigón sin exceso de humedad.
- Limpieza previa a la extensión del ligante de riego de forma manual y/o mecánica, eliminando polvo, suciedad, barro seco o cualquier material que pudiera resultar perjudicial.
- Aplicación de manera uniforme.
- Ligera superposición en unión de distintas bandas, si el riego se realiza por franjas.
- No ejecutar el riego si va a llover o la temperatura es inferior a 5-10°C

2.7.2. Juntas

Se tendrán en cuenta las indicaciones de la Instrucción 6.1-IC referentes a juntas en pavimentos de hormigón:

2.7.2.1. Juntas longitudinales

Se dispondrán juntas longitudinales en los pavimentos de hormigón, y podrán ser de alabeo o de hormigonado.

En las zonas en las que la anchura de hormigonado sea superior a 5 m se proyectarán juntas longitudinales de alabeo, dividiendo el pavimento en franjas aproximadamente iguales, procurando que coincidan sensiblemente con las separaciones entre los carriles de circulación y evitando que lo hagan con las zonas de rodadura del tráfico, con una marca vial o con un pasador.

Se ejecutarán por aserrado, con una profundidad de corte no inferior al tercio del espesor de la losa.

Donde el hormigonado se realice por franjas se proyectarán juntas longitudinales de hormigonado, procurando que coincidan sensiblemente con las separaciones entre carriles de circulación y evitando que lo hagan con las zonas de rodadura del tráfico o con una marca vial.

En todos los casos se proyectarán perpendicularmente a la junta longitudinal, barras corrugadas de unión de 12 mm de diámetro, 80 cm de longitud y espaciadas 1 m. Se dispondrán a la mitad del espesor de la losa y simétricas respecto de la junta.

En el proyecto de las juntas longitudinales, tanto de alabeo como de hormigonado, se especificará su sellado según los siguientes procedimientos:

- Practicando un cajeado en el que se introducirá un cordón sintético, sobre el que se colocará un producto específico de sellado.
- Mediante un perfil elastomérico, introducido a presión.

2.7.2.2. Juntas transversales.

Las juntas transversales que se proyecten en los pavimentos de hormigón podrán ser de contracción, de hormigonado o de dilatación.

Las juntas transversales de contracción se realizarán por aserrado, con una anchura de corte no superior a 4 mm, y profundidad no inferior al cuarto del espesor de la losa.

Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42), se podrán proyectar juntas transversales de contracción sin pasadores a una distancia no superior a 4 m, la cual se reducirá hasta los 3,5 m en las zonas donde las oscilaciones diarias de la temperatura ambiente sean superiores a 20°C. Estas juntas transversales de contracción sin pasadores, serán sesgadas, con una inclinación respecto al eje de la calzada de 6:1, de forma que las ruedas de la izquierda de cada eje las atraviesen antes que las de la derecha.

Las juntas transversales de hormigonado, que se harán coincidir con el emplazamiento de una junta de contracción, irán siempre provistas de pasadores, siendo por ello perpendiculares al eje de la calzada.

Respecto al sellado de las juntas transversales, tanto de contracción como de hormigonado, en zona pluviométrica lluviosa (zonas 1 a 4) serán selladas como las juntas longitudinales.

2.7.3. Sobreanchos

La anchura de la capa superior del pavimento de la calzada rebasará a la teórica al menos en 20 cm por cada borde. En pavimentos de hormigón en los que el pavimento del arcén sea también de hormigón podrá coincidir con la anchura teórica de la calzada.

Cada capa del firme tendrá una anchura en su capa superior igual a la de la capa inmediatamente superior más la suma de los siguientes sobreanchos:

Por derrames (d):

- Pavimento de hormigón: 0 cm
- Otros materiales: el espesor e_s de la capa superior.

Por criterios constructivos (s):

- Mezclas bituminosas: 5 cm

Capas granulares: 10 a 15 cm