
SUPERESTRUCTURA DE VÍA

**ANEJO
10**

ÍNDICE

1. Introducción y objeto	1
2. Normativa de referencia.....	2
3. Situación inicial de estudio	4
4. Dimensionamiento de las capas de asiento.....	6
4.1. Balasto y subbalasto	6
4.1.1. Espesor de balasto	6
4.1.2. Espesor de subbase en trazado con plataforma existente	6
4.1.3. Espesor de subbalasto en tramo de obra nueva (variantes).....	7
4.2. Capa de forma.....	7
5. Materiales de vía.....	8
5.1. Subbalasto	8
5.2. Balasto	9
5.2.1. Características físicas del balasto	10
5.2.2. Características geométricas del balasto	10
5.3. Traviesas y sujeciones	11
5.3.1. Traviesa Tipo AM-VE.....	11
5.3.2. Traviesa con Suela	13
5.3.2.1. Traviesas con suela en viaductos	13
5.3.2.2. Geometría de la suela	13
5.4. Carril.....	14
5.4.1. Introducción	14
5.4.2. Soldadura Eléctrica.....	14
5.4.3. Soldadura Aluminotérmica.....	15
5.5. Aparatos de vía	16
5.6. Piquetes de vía.....	16

5.7.	Topera	17
5.8.	Cupón de vía mixto.....	17
5.9.	Postes hectométricos, kilométricos y de cambio de rasante	17

1. Introducción y objeto

El objeto del presente anejo es la descripción de las características y especificaciones de los materiales que conforman la superestructura de vía asociada al *Estudio Informativo de la "Electrificación de la Línea Bobadilla-Algeciras. Tramo: Bobadilla-Ronda"*.

Se analizan y establecen soluciones de plataforma y superestructura considerando que las alternativas planteadas presentan trazado aprovechando plataforma existente (caso de Alternativa 1 y mayor parte de la longitud de las Alternativas 2 y 3), como trazado asociado a nueva ejecución de plataforma ferroviaria (variantes en el entorno de Lagunas de Campillos).

Los materiales de vía que componen la superestructura de vía y de los que trata el presente anejo son los siguientes:

- Subbalasto.
- Balasto.
- Capa de forma.
- Traviesas con sus sujeciones para vía en balasto.
- Carril.
- Aparatos de vía.

Los objetivos primordiales de los diferentes elementos que constituyen la superestructura de la vía son:

- En primer lugar, servir de guía a los trenes durante su desplazamiento.
- En segundo, transmitir las cargas estáticas y dinámicas que soportan las ruedas a la plataforma, a través del conjunto de sus componentes

Junto a estas dos funciones principales, debe cumplir con otras de muy diferente condición, como las relacionadas con las instalaciones de seguridad (delimita los cantones en que divide la línea) o con la electrificación (sirve como vehículo para el retorno de la corriente eléctrica).

El espesor conjunto de las capas de asiento de la vía (balasto + subbase) depende de los siguientes factores:

- Características de la plataforma, tanto de las intrínsecas de los suelos que la constituyen (naturaleza, capacidad portante y sensibilidad al agua y a las heladas), como de las condiciones hidrogeológicas del lugar.
- Condiciones climáticas del lugar.
- Características del tráfico ferroviario (cargas totales acumuladas, cargas por eje, velocidades, etc).
- Características de la superestructura o armamento de la vía (tipo de carril, naturaleza e intervalo entre traviesas, etc.).

Para la elección de los distintos elementos constitutivos de la superestructura, así como para la determinación de los valores o parámetros básicos empleados para su diseño y cálculo, y las distintas características y especificaciones técnicas para los materiales y su puesta en obra, se recurre a lo establecido en las actuales normas vigentes de ferrocarriles (ficha UIC 719, normas N.A.V, así como la Orden FOM 1631/2015, de 14 julio, por la que se aprueba la *"Instrucción para el Proyecto y Construcción de Obras Ferroviarias, IF-3, Vía sobre balasto. Cálculo de espesores y capas"*.

2. Normativa de referencia

La normativa de aplicación en lo que respecta a la superestructura es la que se muestra a continuación:

	Denominación	Abreviatura	Organismo	Versión
[1]	Instrucción para el proyecto y construcción de obras ferroviarias IF-3. Vía sobre balasto. Cálculo de espesores de capas de la sección transversal.	Orden FOM 1631/2015	Ministerio de Fomento	jul-15
[2]	Aplicaciones ferroviarias - Vía - Carriles. Parte 1: Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 Kg/m	UNE EN 13674-1	Asociación Española de Normalización - AENOR	mar-12
[3]	Traviesas monobloque de hormigón pretensado. Erratum.	ET 03.360.571.8_6E	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	jul-18
[4]	Norma Adif Vía – Montaje de aparatos de vía sobre balasto	NAV 7-1-3.4	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	ene-21
[5]	Norma Adif Vía – Montaje de AD sobre balasto para viaductos de hormigón	NAV 7-1-3.5	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	ene-19
[6]	Norma Adif Vía - Calificación de la vía - Desvíos tipo C, ensamblados en explanación	NAV 7-3-3.4	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	nov-94
[7]	Norma Adif Vía - Calificación de la vía - Desvíos tipo C, instalados en vía	NAV 7-3-3.5	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	dic-94
[8]	Norma Adif Vía - Calificación de la vía - Desvíos tipo V, ensamblados en explanación	NAV 7-3-3.6	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	dic-94
[9]	Norma Adif Vía - Calificación de la vía - Desvíos tipo V, instalados en vía	NAV 7-3-3.7	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	sep-97
[10]	Pliego de prescripciones técnicas para el suministro y utilización del balasto	PAV 3-4-0.0	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	ene-07
[11]	Norma Adif Vía - Balasto. Homologación de canteras suministradoras	NAV 3-4-0.1	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	ene-07

	Denominación	Abreviatura	Organismo	Versión
[12]	Norma Adif Vía - Balasto. Control de calidad. Toma de muestras y ensayos	NAV 3-4-0.2	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	ene-07
[13]	Norma Adif Vía – Designación aparatos de vía	NAV 3-6-0.9	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	may-19
[14]	Norma Adif Plataforma - Sujeciones de carriles. Sujeciones rígidas. Tirafondos y placas de asiento	NAP 3-2-0.0	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	jun-80
[15]	Norma Adif Plataforma - Sujeciones de carriles. Antideslizantes	NAP 3-2-4.0	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	ago-82
[16]	Norma Adif Vía - Carriles. Barra larga	NAV 3-0-1.0	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	mar-81
[17]	Especificaciones Técnicas - Traviesas de hormigón armado	ET 03.360.561.9	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	dic-94
[18]	Placas elásticas de asiento para sujeción VM	ET 03.360.570.0	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias – Adif	dic-15
[19]	Placa acodada ligeras de sujeción	ET 03.360.578.3	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias – Adif	may-98
[20]	Clips	ET 03.360.566.8	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias – Adif	jun-17
[21]	Vaina antigiro extraíble y tirafondo AV-1	ET 03.360.573.4	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	sep-09
[22]	Aplicaciones Ferroviarias – Vía – Métodos de ensayo de los sistemas de fijación – Parte 1: Determinación de la resistencia al deslizamiento longitudinal del carril	UNE EN 13146	Asociación Española de Normalización - AENOR	feb-15
[23]	Aplicaciones Ferroviarias – Vía – Métodos de ensayo de los sistemas de fijación – Parte 2: Determinación de la resistencia a la torsión	UNE EN 13146	Asociación Española de Normalización – AENOR	oct-15
[24]	Aplicaciones Ferroviarias – Vía – Métodos de ensayo de los sistemas de fijación – Parte 3: Determinación de la atenuación de las cargas de impacto	UNE EN 13146	Asociación Española de Normalización - AENOR	oct-12

	Denominación	Abreviatura	Organismo	Versión
[25]	Aplicaciones Ferroviarias – Vía – Métodos de ensayo de los sistemas de fijación – Parte 4: Efecto de las cargas repetidas	UNE EN 13146	Asociación Española de Normalización - AENOR	feb-15
[26]	Aplicaciones Ferroviarias – Vía – Métodos de ensayo de los sistemas de fijación – Parte 5: Determinación de la resistencia eléctrica	UNE EN 13146	Asociación Española de Normalización - AENOR	oct-17
[27]	Aplicaciones Ferroviarias – Vía – Métodos de ensayo de los sistemas de fijación – Parte 6: Efecto de las condiciones ambientales extremas	UNE EN 13146	Asociación Española de Normalización - AENOR	oct-12
[28]	Aplicaciones Ferroviarias – Vía – Métodos de ensayo de los sistemas de fijación – Parte 7: Determinación de la fuerza de apriete	UNE EN 13146	Asociación Española de Normalización - AENOR	oct-12
[29]	Aplicaciones Ferroviarias – Vía – Métodos de ensayo de los sistemas de fijación – Parte 9: Determinación de la resistencia a la torsión	UNE EN 13146	Asociación Española de Normalización - AENOR	mar-12
[30]	Aplicaciones Ferroviarias. Vía. Requisitos de funcionamiento para los conjuntos de sujeción – Parte 1: Definiciones	UNE EN 13481	Asociación Española de Normalización - AENOR	ene-13
[31]	Aplicaciones Ferroviarias. Vía. Requisitos de funcionamiento para los conjuntos de sujeción – Parte 2: Conjuntos de sujeción para las traviesas de hormigón	UNE EN 13481	Asociación Española de Normalización - AENOR	dic-12
[32]	Aplicaciones Ferroviarias. Vía. Traviesas de hormigón para plena vía y aparatos – Parte 1: Requisitos generales	UNE EN 13230	Asociación Española de Normalización - AENOR	sep-10
[33]	Aplicaciones Ferroviarias. Vía. Traviesas de hormigón para plena vía y aparatos – Parte 2: Traviesas monobloque de hormigón pretensado	UNE EN 13230	Asociación Española de Normalización - AENOR	nov-16
[34]	Aplicaciones Ferroviarias. Vía. Traviesas de hormigón para plena vía y aparatos – Parte 4: Traviesas pretensadas para cambios y cruzamientos	UNE EN 13230	Asociación Española de Normalización - AENOR	nov-16
[35]	Aplicaciones Ferroviarias. Vía. Traviesas de hormigón para plena vía y aparatos – Parte 5: Elementos especiales	UNE EN 13230-5	Asociación Española de Normalización - AENOR	nov-16
[36]	Aplicaciones Ferroviarias. Vía. Traviesas y soportes de hormigón – Parte 6	PNE-prEN 13230 - 6	Asociación Española de Normalización - AENOR	
[37]	Traviesas monobloque de hormigón pretensado.	ET 03.360.571.8_6E	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	jul-18

	Denominación	Abreviatura	Organismo	Versión
[38]	Suelas bajo traviesa para alta velocidad	ET 03.360.574.2	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	may-10
[39]	Áridos de Balasto + Erratum UNE-EN 13450/AC	UNE-EN 13450:2003	Asociación Española de Normalización - AENOR	oct-04
[40]	Áridos para balasto. Ensayos adicionales	UNE 146147:2006	Asociación Española de Normalización - AENOR	mar-04
[41]	Carriles para vía general y aparatos	ET 03.360.161.8	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif	jun-17
[42]	Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos	UNE EN 9001	Asociación Española de Normalización - AENOR	sept-15
[43]	Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente	UNE EN ISO 6892 - 1	Asociación Española de Normalización - AENOR	feb-15
[44]	Iron and Steel. European standards for the determination of chemical composition	CEN/TR 10261	ISE	abr-13
[45]	Aceros y fundiciones. Tome de muestras y preparación de las mismas para la determinación de la composición química	UNE EN ISO 14248	Asociación Española de Normalización - AENOR	feb-08
[46]	Condiciones de suministro relativas al acabado superficial de chapas, bandas, planos anchos y perfiles de acero laminados en caliente – Parte 1: Generalidades	UNE EN 10163 - 1	Asociación Española de Normalización - AENOR	feb-14
[47]	Análisis químico de los materiales férreos. Determinación del oxígeno en aceros y fundiciones – Parte 1: Toma de muestras y preparación de las muestras de acero para la determinación del oxígeno	UNE EN 10276 - 1	Asociación Española de Normalización - AENOR	ene-17
[48]	Materiales metálicos. Ensayo de dureza Brinell. Parte 1: Método de ensayo	ISO 6505 - 1	Asociación Española de Normalización - AENOR	2014
[49]	Metallic materials – Fatigue testing – Axial force – controlled method	ISO 1099	International Organization for Standardization	abr-04
[50]	Steel – Macrographic examination by sulfur print (Baumann method)	ISO 4968	International Organization for Standardization	nov-79
[51]	Metallic materials – Fatigue testing – Fatigue crack growth method	ISO 12108	International Organization for Standardization	ago-12
[52]	Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K _{IC} of Metallic Materials	ASTM A399	ASTM International	2017

	Denominación	Abreviatura	Organismo	Versión
[53]	Aplicaciones ferroviarias - Vía - Requisitos de funcionamiento para los conjuntos de sujeción. Parte 7: Sujeciones especiales para aparatos de vía y contracarriles	UNE EN 13481-7	Asociación Española de Normalización - AENOR	dic-12

Tabla 1. Normativa de referencia.

3. Situación inicial de estudio

El tramo Bobadilla-Ronda forma parte de la línea Bobadilla-Algeciras, que fue construida a finales del S. XIX. La línea es de vía única sin electrificar en ancho ibérico. Se trata de una línea que no ha sufrido grandes modificaciones desde su inauguración, motivo por el que las velocidades de trayecto son relativamente bajas ($V_{max} = 120 \text{ km/h}$).

El tráfico de la línea ferroviaria Bobadilla – Algeciras es mixto de trenes de mercancías y de viajeros, tanto de media como de larga distancia.

El ámbito del Estudio se localiza en los términos municipales de Antequera, Campillos, Teba, Almargen, Cañete La Real y Ronda, pertenecientes a Málaga, y Setenil de las Bodegas, perteneciente a Cádiz.

Las estaciones intermedias del tramo Bobadilla-Ronda, así como los municipios por los que transcurre, son los siguientes:

- Estación de Bobadilla (Municipio de Antequera p.k. 0/000)
- Estación de Campillos (Municipio de Campillos p.k. 13/545)
- Apeadero de Teba (Municipio de Teba p.k. 21/000)
- Estación de Almargen-Cañete la Real (Municipio de Almargen p.k. 30/054)
- Apeadero de Atalaya (Municipio de Cañete la Real p.k. 41/680)
- Estación de Setenil (Municipio de Setenil de las Bodegas p.k. 53/755)
- Apeadero de Parchite (Municipio de Ronda p.k. 60/220)
- Estación de Ronda (Municipio de Ronda p.k. 70/475)

A continuación, se indica la tipología de materiales de superestructura de vía presentes actualmente en el tramo objeto del Estudio:

- Carril tipo 54 E1
- Traviesa tipo DW (por normal general)

- Travesía tipo PR (en zonas renovadas tras las inundaciones de 2018)
- Travesía tipo RS (en vías 2 y 3 de la estación de Almargen)
- Travesía de madera (en vía 4 de la estación de Almargen, en aparatos de vía, pasos a nivel y aparatos de dilatación).
- Sujeción elástica de tipo HM.

En base a lo mencionado en la memoria del presente Estudio Informativo y en el anejo de antecedentes, donde se indica la previsión de diferentes actuaciones en infraestructura ferroviaria en el ámbito del estudio, reflejadas en diferentes proyectos constructivos que o bien ya han sido aprobados o están pendientes de ejecución, o bien se encuentran en fase de redacción, para el presente Estudio Informativo, se considerará que, en lo referente a infraestructura y vía, en el tramo Bobadilla-Ronda, se tomará como situación inicial las actuaciones contempladas en los siguientes proyectos:

- *Proyecto Constructivo para la renovación de vía, actuaciones puntuales en infraestructura y adaptación de gálibo de pasos superiores del tramo Bobadilla – Ronda, P.K. 26+500 a P.K. 69+583 de la línea Bobadilla – Algeciras, de mayo de 2022.*
- *Proyecto Constructivo para la renovación de vía, actuaciones puntuales en infraestructura y adaptación de gálibo de pasos superiores del tramo Bobadilla – Ronda, P.K. 20+000 a P.K. 26+500 de la línea Bobadilla – Algeciras.*
- *Proyecto para la ampliación de la longitud a 750 m de los apartaderos de Campillos y Setenil en el tramo Bobadilla -Ronda, de agosto de 2.020.*
- *Proyecto de construcción para la estabilización de la ladera de Almargen en la línea Bobadilla – Algeciras. P.k.: 35+000 a 42+000.*

Por tanto, la tipología de materiales presentes indicada anteriormente se verá modificada por las actuaciones contempladas en los mencionados proyectos. En concreto, en el “*Proyecto Constructivo para la renovación de vía, actuaciones puntuales en infraestructura y adaptación de gálibo de pasos superiores del tramo Bobadilla – Ronda, Pk 26+500 a Pk 69+583 de la línea Bobadilla-Algeciras*” y en el “*Proyecto para la ampliación de longitud de apartaderos de las*

estaciones de Campillos y Setenil”, las tipologías de carril, travesía y sujeciones serán las siguientes:

- Carril tipo 60 E1
- Travesía AM-05 (para la vía general)
- Travesía PR (para las vías de apartado de las estaciones de Setenil y Campillos)
- Sujeción elástica tipo VE.

De esta manera, las actuaciones de superestructura de vía contempladas en el presente Estudio Informativo se centran, para cada una de las Alternativas, en el ámbito entre el actual P.K. 0+000 y el P.K. 20+000, correspondiente al subtramo de la línea entre Bobadilla y Ronda en que ADIF actualmente aún no ha previsto actuar sobre la infraestructura. Este tramo coincide adicionalmente con la zona de planteamiento de posibles variantes de trazado al sur de Lagunas de Campillos, contempladas tanto en la Alternativa 2 como en la Alternativa 3.

Tampoco se incluyen actuaciones en el entorno de la estación de Campillos (entre el P.K. 12+390.9 y el P.K. 13+740.0), a excepción de las actuaciones relacionadas con la necesaria reposición del actual paso superior situado en el P.K. 12+800 (PS-04) para adaptarlo a los requerimientos de gálibo por electrificación de la línea.

4. Dimensionamiento de las capas de asiento

La estructura de las capas de asiento es función de las diversas combinaciones de las calidades del suelo soporte y de las características de la capa de terminación de la plataforma. Tales capas contribuyen a asegurar el buen comportamiento de la vía férrea desde el punto de vista de su rigidez, nivelación y drenaje.

Tal y como se indicaba anteriormente, el presente Estudio Informativo analiza alternativas de trazado que presentan tramos sobre plataforma existente y trazados en tramo de ejecución de nueva plataforma.

En los tramos sobre plataforma existente, donde la implantación de electrificación de la línea no suponga cambio de trazado, se prevé básicamente trabajos de renovación de vía, donde se tratará de aprovechar al máximo las capas soporte de la vía existente. En estos casos, dado que se actúa sobre una plataforma existente con más de 100 años, tal y como se indica en el punto 8.3.1 de la IF-3, es recomendable evitar afectar, o en su defecto, minimizar la afección a la capa de “costra” de balasto o machaca que existe entre la plataforma y el balasto, formada por una mezcla de balasto y coronación de plataforma asentada y compactada por las circulaciones acumuladas desde la inauguración de la línea (> 100 años). Por tanto, en las actuaciones de renovación de vía, se prevé básicamente la renovación del balasto. La actuación consistirá básicamente en retirada de balasto existente y, en caso necesario, con el objeto de garantizar el espesor de balasto necesario de 30 cm, retirar la capa más superficial de costra o machaca.

En los tramos de vía en que resulten necesarios adicionalmente trabajos de rebaje de rasante para adaptar gálibos de paso bajo paso superior, será necesario prever la adopción de una nueva capa de subbalasto.

En los tramos de ejecución de nueva plataforma las capas de asiento estarán conformadas por las correspondientes capas de balasto, subbalasto y capa de forma.

En cualquiera de las situaciones posibles (aprovechamiento de plataforma existente, nueva plataforma ferroviaria), el dimensionamiento de las distintas capas de asiento ferroviario se realiza teniendo en cuenta lo establecido en la *Orden FOM/1631/2015 por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto y construcción de obras ferroviarias IF-3. Vía sobre balasto. Cálculo de espesores de capas de la sección transversal.*

4.1. Balasto y subbalasto

4.1.1. Espesor de balasto

Tomando en consideración las soluciones planteadas en los proyectos de renovación de vía (ver referencias en memoria y anejo de antecedentes del presente Estudio y apartado de situación inicial del presente anejo) y las velocidades de la línea ($V_{\max} = 120$ km/h), se considerará un espesor de balasto bajo travesía (e_b) de 30 cm para todo el Estudio Informativo.

V [km/h]	e_b [cm]
$V < 120$	25
$V \geq 120$	30

Tabla 2. Espesor mínimo de balasto bajo travesía en función de la velocidad máxima de circulación (Fuente: Orden FOM 1631/2015).

4.1.2. Espesor de subbase en trazado con plataforma existente

Tal y como se ha mencionado anteriormente, se prevén tramos de vía donde resulta necesario realizar rebajes de rasante para adaptar los gálibos bajo pasos superiores existentes a las necesidades de una línea electrificada. Estos rebajes alcanzan valores máximos de 63-67 cm. En estos casos se prevé, además de la necesaria renovación de vía para implantar la nueva capa de balasto, la adopción de una nueva capa de subbalasto. Por tanto, en los tramos en los que no se produce esta necesaria modificación de rasante para ajuste de gálibos en pasos superiores no se considera necesaria la implantación de una nueva capa de subbalasto.

Tomando en consideración las soluciones planteadas en los proyectos de renovación de vía (ver referencias en memoria y anejo de antecedentes del presente Estudio y apartado de situación inicial del presente anejo), se establece que los materiales de la plataforma existente tienen una clasificación QS1, tal y como se indica en los proyectos de renovación de referencia. Considerando dicha clasificación se presupone la categoría más desfavorable de plataforma ferroviaria en trazado sobre plataforma existente.

De esta forma, tomando en consideración lo indicado en la Orden FOM/1631/2015 sobre el dimensionamiento de la subbase para el caso que esté constituida por una única capa de subbalasto, el espesor de la misma se obtendrá de la fórmula:

$$e_{sb} = E + a + b + c + d + f - e_b$$

Donde e_{sb} es el espesor de la capa de subbase (en metros) y e_b es el espesor de la base o banquetta de balasto (en metros).

FACTOR CORRECTOR	VALOR DEL FACTOR	CONDICIONES DE APLICACIÓN
E (por clase de plataforma)	0,70 m	Para plataformas P1.
	0,55 m	Para plataformas P2.
	0,45 m	Para plataformas P3.
a (por grupo de tráfico)	0	Para los grupos 1 a 4 (según Tabla 4)
	-0,10 m	Para los grupos 5 y 6 (según Tabla 4)
b (por tipo de traviesa)	0	Para traviesas de madera de longitud $L \geq 2,60$ m
	$(2,5-L)/2$	Para traviesas de hormigón de longitud L (b y L en m; $b < 0$ si $L > 2,50$ m)
c (por dificultad de ejecución)	0	Para situación normal
	-0,10 m	Para condiciones de trabajo difíciles en líneas existentes
d (por cargas máximas por eje)	0	Con carga máxima por eje de los vehículos remolcados ≤ 200 kN
	0,05 m	Con carga máxima por eje de los vehículos remolcados ≤ 225 kN
	0,12 m	Con carga máxima por eje de los vehículos remolcados ≤ 250 kN
f (por capa de forma)	0	(Sin geotextil) cuando la capa de forma es de QS3.
	geotextil	(Con geotextil) cuando la capa de forma es QS1 o QS2.

Tabla 3. Dimensionamiento del espesor de la subbase. (Fuente: Orden FOM 1631/2015).

Considerando los siguientes valores para cada una de las variables:

- **E= Espesor de banquetta en función de la capacidad portante de la plataforma** → 0.70 m (para el caso de P1).
- **a = Categoría de tráfico** → Se tomará el caso más desfavorable de tráficos importantes: 0.
- **b = Tipo de traviesa** → Al considerar traviesa AM-05, con longitud 2.75 m → - 0.125 m.
- **c = Dificultad de ejecución** → Al considerar ejecución en vía única existente → -0.10 m.
- **d = Carga máxima por eje** → Se considera una carga máxima ≤ 225 kN → +0.05 m.

Se obtiene un valor de $e_{sb} = 22.5$ cm. Se redondea a valor de 25 cm de espesor para capa de subbalasto.

4.1.3. Espesor de subbalasto en tramo de obra nueva (variantes)

En estos casos se propone una plataforma tipo P3. Considerando la formulación de la Orden FOM/1631/2015, y que la ejecución se realizará en situación normal ($c=0$), se obtiene un espesor mínimo, $e_{sb} = 7.5$ cm.

Aunque por exigencias de puesta obra sería suficiente un espesor de 15 cm, se considera finalmente un espesor mínimo final de subbalasto de 25 cm para homogeneizar la sección con respecto de los tramos de actuación sobre plataforma existente.

4.2. Capa de forma

Si bien es cierto que la superestructura de vía y las capas de asiento están conformados por las capas que se encuentra situadas por encima de la capa de forma (subbalasto y balasto) se ha considerado apropiado indicar la definición del paquete completo incluyendo la capa de forma que permite definir la coronación de la plataforma ferroviaria.

La plataforma debe quedar rematada por una capa de terminación, llamada también capa de forma, provista de pendientes transversales para la evacuación de las aguas pluviales. Sobre esta capa de terminación se disponen las capas de asiento integradas por una subbase y, como remate, la banquetta de balasto.

El espesor necesario de la capa de forma se obtendrá de la Tabla 3 de la Orden FOM 1631/2015, a partir de los datos de entrada siguientes:

- Capacidad portante de la plataforma, que se fija como objetivo.
- Calidad del material de la explanada existente.
- Calidad del material disponible para la capa de forma (en general, se utilizará material de mejor calidad que el de la explanada existente).

Explanada (superficie del terraplén o excavación)		Clase de plataforma por su capacidad portante	Requisitos de la capa de forma		
Clase de calidad de suelos	CBR* (min)		Clase de calidad de suelos	CBR ^b (min)	Mínimo espesor "e _f " (m)
QS 1	2	P1	QS 1	2	(2)
		P2	QS 2	5	0,50
		P2	QS 3	17	0,35
		P3	QS 3	17	0,50
QS 2	5	P2	QS 2	5	(3)
		P3	QS 3	17	0,35
QS 3	17	P3	QS 3	17	(4)

Tabla 4. Determinación espesor capa de forma en función capacidad portante plataforma y material de explanada. Orden FOM 1631/2015.

En los terraplenes, la capa de terminación suele estar constituida por suelos de mejores características que el utilizado para la formación del núcleo teniendo, además, un mayor grado de compactación.

En los desmontes la capa de forma se obtiene por compactación del fondo de la excavación, cuando los suelos son adecuados, o por aportación de suelos de mejor calidad, que los sustituyen en una profundidad mínima de un metro, cuando no lo son.

Según información mostrada en el anejo de geología y geotecnia el terreno por el que discurren los tramos de nueva plataforma planteada son de categoría QS1 y QS0. En los tramos en que se presentan suelos QS0 se plantea un saneo de 1 metro de profundidad y aportación de material granular de categoría QS1.

De esta manera, para conseguir una plataforma P3, considerando un material subyacente de tipo QS1, el espesor mínimo necesario de la capa de forma será de 50 cm, constituido de material tipo QS3.

5. Materiales de vía

La superestructura tradicional de vía está formada por el conjunto carril, traviesa y balasto, elementos que interaccionan conjuntamente con el objeto de transmitir con valores admisibles las tensiones concentradas que circulan desde carril a la plataforma.

El presente apartado describe las características y especificaciones que deberán cumplir los materiales de vía a emplear en la superestructura de vía proyectada.

5.1. Subbalasto

El subbalasto constituye la capa superior de la plataforma sobre la que apoya el balasto.

Esta capa tiene un doble objetivo, por un lado, sirve de regularización y transición de rigidez vertical entre el conjunto formado por la superestructura (vía, traviesas y banqueta de balasto) y la explanada, y por otro lado evita erosiones debidas a la filtración de agua de escorrentía desde la plataforma hacia el núcleo del terraplén, al conseguirse, mediante la compactación y granulometría adecuadas, coeficientes de permeabilidad muy reducidos.

Debe estar formada por una grava arenosa bien graduada, con un porcentaje de elementos finos para que sea compactable, no se desligue bajo el tráfico de las máquinas durante la obra, sea insensible al hielo y proteja la plataforma de la erosión de las aguas de lluvia.

Se comprobará, según Norma UNE-EN 933-5:1999, que el 100% de las partículas retenidas por el tamiz 4 son de las denominadas "trituradas".

El subbalasto no podrá contener fragmentos de madera, materia orgánica, metales, plásticos, rocas alterables, ni de materiales tixotrópicos, expansivos, solubles putrescibles, combustibles ni polucionantes (desechos industriales).

El contenido de materia orgánica, según Norma UNE 103-204:2019, deberá ser inferior al 0,2% en peso, de la fracción que pasa por el tamiz 2. Además, se realizará un análisis visual de lo retenido en este tamiz, para detectar posibles fragmentos de materia orgánica. El contenido en sulfatos, según Norma UNE 103-201:1996, deberá ser inferior al 0,2% en peso, de la fracción que pasa por el tamiz 2. Su curva granulométrica debe inscribirse dentro del huso de la tabla

indicada en la Orden FOM/1269/2006 y es conveniente que lleve un porcentaje no menor del 30% de piedra procedente de machaqueo según lo indicado en la NAV. 2-1-0.1.

Tamaño (mm)	% de la masa que pasa
40	100
31,5	90-100
16	85-95
8	65-80
4	45-65
2	30-50
0,5	14885
0,2	45778
0,063	45172

Tabla 5. Relación entre tamaño y porcentaje de masa que pasa cada tamiz (subbalasto).

El ensayo para su determinación se realizará según Norma UNE-EN 933-1:1998. El coeficiente de uniformidad $CU = D_{60}/D_{10}$, será mayor o igual que 14 ($CU \geq 14$).

El coeficiente de curvatura $CC = D_{30}^2 / (D_{10} \cdot D_{60})$, estará comprendido entre 1,0 y 3,0 ($1,0 \leq CC \leq 3,0$).

El equivalente de arena, según UNE-EN 933-8:2000, será mayor de 45, para la fracción que pasa por el tamiz 2.

En el caso de que el subbalasto esté en contacto con una plataforma en la que el porcentaje de finos (material que pasa por el tamiz 0,063) sea mayor del 15% en peso del material que pasa por el tamiz 63, se cumplirán las dos condiciones adicionales siguientes:

- El porcentaje de arena (material entre 2 y 0,063) será mayor del 30% del peso total de la muestra.
- La fracción que pasa por el tamiz 0,2 estará comprendida entre el 20% y el 25% del peso total de la muestra.

Cuando la penetración de la helada pueda afectar a un cierto espesor de subbalasto, este deberá ser insensible a ella. Para ello deberá cumplir el criterio de Casagrande siguiente:

- $L_m \leq 3\%$, para $C_u \geq 15$.
- $L_m \leq (13,5 - 0,7 C_u) \%$, para $5 < C_u < 15$.
- $L_m \leq 10\%$, para $C_u \leq 5$.

Donde:

- L_m = % de material que pasa por el tamiz 0,02 respecto del total (obtenido por sedimentometría).
- C_u = coeficiente de uniformidad-
- En cuanto a la resistencia al desgaste-fragmentación, se deberán cumplir las siguientes condiciones:
 - El coeficiente de desgaste de Los Angeles (CLA) será $< 28\%$.
 - El ensayo se realizará según Norma UNE-EN 1097-2:2021, teniendo en cuenta lo especificado en su Anexo A.
 - El coeficiente Micro-Deval Húmedo (MDH) será $< 22\%$. El ensayo se realizará según Norma UNE-EN 1097-1:2011.

El coeficiente de permeabilidad vertical del subbalasto (K), compactado al 100% de la densidad máxima del Proctor Modificado, debe ser $\leq 10-6$ m/s. Su determinación se hará con permeámetro de carga variable.

Cuando el terreno natural y, en su caso, el terraplén sea insensible al agua, puede prescindirse del control de permeabilidad del subbalasto.

La capa de subbalasto debe quedar compactada al 105% de la densidad del ensayo Proctor normal.

La pendiente transversal de esta capa de asiento será del 5% en todas las secciones.

5.2. Balasto

La banqueta de balasto tiene como finalidad repartir las cargas verticales sobre la plataforma y absorber los esfuerzos horizontales impidiendo el desplazamiento de la vía, tanto longitudinal como transversalmente. Para cumplir estos fines, el balasto que la constituye debe estar bien consolidado, además de poseer unas características adecuadas, y la propia banqueta debe estar dotada de dimensiones suficientemente amplias, pero no excesivas, dado el coste del balasto y el sobrepeso que supone aumentar la plataforma para alojarla.

El espesor teórico nominal de balasto se establece en 30 cm bajo traviesa.

El balasto será tipo 1. La piedra partida procederá de la extracción, machaqueo y cribado de bancos sanos de canteras de roca dura de naturaleza silíceas, de origen ígneo o metamórfico, no aceptándose el balasto de naturaleza caliza o dolomítica, o el procedente de rocas sedimentarias o cantos rodados, ni con fragmentos de madera, carbonosos u otras materias orgánicas, ni el que contenga plásticos o metales. Se prohíben los suministros de balasto procedentes de la mezcla de rocas de diferente naturaleza geológica.

Se recomienda no mezclar balasto de diferente morfología en una misma sección. En cualquier caso, el extendido y puesta en obra de balasto se ejecutará de acuerdo con las prescripciones técnicas del ADIF para el uso de Áridos como balasto de vía Férrea.

En cualquier caso, el balasto tipo 1 suministrado por la cantera deberá cumplir las prescripciones del Pliego P.A.V. 3-4-0.0/7ª Edición y según lo especificado en la orden Orden FOM/1269/2006 por la que se aprueban los Capítulos: 6.- Balasto y 7. Subbalasto del pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF), en cualquiera de los procesos intermedios desde su fabricación o manipulación hasta su puesta en vía completamente terminada.

La banqueta de balasto que se ha definido para la renovación de la vía general es:

- Ancho de vía: 1668 mm.
- Espesor de balasto bajo traviesa: 30 cm.
- Pendiente de la banqueta de balasto: 5/4.
- Hombro de la banqueta de balasto: 0,90 m.
- Pendiente de la cara superior de la capa de forma: 5 %.

Para los casos de ejecución de nueva plataforma en las variantes de trazado en la zona de Lagunas de Campillos (Alternativa 2 y Alternativa 3) el talud de la banqueta de balasto considerado será de 3/2.

5.2.1. Características físicas del balasto

La resistencia al desgaste del balasto se mide mediante el coeficiente de desgaste de Los Ángeles (abreviadamente, CLA), y no debe ser superior a catorce (14) y dieciséis (16) por ciento para L.A.V. con velocidad máxima mayor y menor a 200 km/h respectivamente.

Respecto a la absorción de agua del balasto, si ésta no supera el 0,5%, se considera que el árido es resistente al ataque del hielo - deshielo. Cuando la absorción es superior al 1,5% debe descartarse este material como válido para balasto. Para absorciones intermedias, se somete al balasto a un ensayo de hielo - deshielo o a un ensayo de estabilidad a la acción del sulfato magnésico.

La resistencia a compresión simple del balasto es como mínimo de 1.200 kg/cm², medida con probetas cilíndricas de diámetro mínimo 50 mm y esbeltez igual a 1/2 (relación altura/diámetro).

La resistencia a la fragmentación, para el balasto de categoría A (de naturaleza silícea), vendrá dada por un valor del ensayo de impacto menor o igual a 14.

El peso del balasto se establece en 4,5 toneladas por metro lineal de vía simple, para una densidad del balasto de 1,5 t/m³ y 3,0 m³ por metro lineal de vía simple.

5.2.2. Características geométricas del balasto

El balasto está compuesto fundamentalmente por elementos de piedra partida de tamaño comprendido entre 31,5 y 50 mm en su mayor parte, con una curva granulométrica bien graduada. La granulometría del balasto cumplirá con los límites expresados en la categoría "A" de la Norma Europea y de acuerdo con la siguiente tabla:

Tamaño (mm)	% de la masa que pasa
63	100
50	70-99
40	30-65
31,5	0-25
22,4	0-3
31,5-50	≥ 50

Tabla 6. Relación entre tamaño y porcentaje de masa que pasa cada tamiz (balasto).

La curva granulométrica del balasto se situará dentro del uso granulométrico definido en la tabla anterior.

La piedra partida debe estar limpia de polvo procedente de su machaqueo o de elementos granulares del suelo.

En función de su procedencia, los porcentajes de la masa que pasa por los tamices indicados pueden variar según la siguiente tabla:

Descripción	Valor en cantera	Valor en destino
Pasante por 22,4 mm	3%	5%
Pasante por 0,5 mm	0,6%	1%
Finos < 0,063	0,5%	0,7%

Tabla 7. Valores tamizados según procedencia (balasto).

Los elementos pétreos deben tener formas poliédricas de aristas vivas, con la dimensión mayor no superior a 3 veces la dimensión menor, medidas ambas según dos pares de planos perpendiculares y paralelos dos a dos. Se admite un 9% en peso de la muestra comprendida entre los tamices 22,4 y 63 mm que no cumpla la condición anterior (9% de elementos aciculares y lajosos permitido para la fracción de muestra indicada). El índice de lajas no debe sobrepasar el valor de 15.

El espesor mínimo de los elementos granulares debe ser de 25 mm. Se admite un tanto por ciento del peso total de la muestra ensayada (40 kilogramos), comprendido entre esta medida y dieciséis (16) milímetros, que es función del Coeficiente de desgaste de Los Ángeles y se determina a partir de la fórmula:

$$C < 39,5 - \text{CLA} \text{ y } C < 27$$

Siendo:

- C = tanto por ciento admisible de elementos con espesor comprendido entre 25 y 16 mm.
- CLA = coeficiente de Desgaste de Los Ángeles, en tanto por ciento.

El máximo valor admisible de “elementos comprendidos entre el tamiz de barras de 25 y el de 16 mm (EM 25-16)” no debe exceder del veintisiete (27) por ciento.

Así mismo, solamente se admite un peso máximo de elementos que pasan por el tamiz de dieciséis (16) milímetros, del cinco (5) por ciento, respecto al peso total de la muestra ensayada.

El porcentaje de elementos con espesores inferiores a veinticinco (25) milímetros y a dieciséis (16) milímetros, se obtiene mediante tamizado por los tamices de barras según P.A.V. 3-4-0.0.

El valor máximo en tanto por ciento en peso de partículas de longitud ≥ 100 mm, dentro de la muestra de 40 kg (± 100 g), será menor del 4%.

5.3. Traviesas y sujeciones

A las dos funciones principales de la traviesa, que son servir de soporte y asiento a los carriles y repartir sobre las capas inferiores las cargas transmitidas por aquellos, debemos buscar otras prestaciones en la traviesa, según su tipología y materiales, como pueden ser una excelente sujeción, un buen comportamiento en el mantenimiento del ancho de vía y la inclinación de los carriles, posibilidad de ser reutilizada posteriormente y durabilidad frente a condiciones climatológicas extremas y ambientes húmedos.

Se contempla emplear la traviesa tipo AM-05 (o AM-VE según nueva denominación), según definición dada en la *ET 03.360.571.8_6 “Traviesas monobloque de hormigón pretensado”*, que permite la incorporación de un tercer carril para la incorporación de tráfico en ancho estándar internacional.

Las traviesas se deben colocar con ayuda topográfica para evitar que se acumulen errores de arrastre que afecten a las traviesas extremas.

Las traviesas se colocarán a 60 cm entre ejes, por lo que el número de traviesas será de 1.667 unidades por kilómetro en tramos rectos. En cualquier caso, en 100 m cualesquiera deben haber 166 ó 167 traviesas. En 1.000 m cualesquiera deben haber 1.666 ó 1.667 traviesas.

Esta separación podrá disminuirse en función del radio de las curvas existentes, para asegurar la geometría de la vía.

La parte central de la traviesa no debe apoyar en el lecho de balasto.

5.3.1. Traviesa Tipo AM-VE

Esta traviesa de hormigón permite la coexistencia de dos anchos de vía 1.435 mm y 1.668 mm y su instalación se ajustará según lo recogido en la *N.A.V. 3-1-2.1 “Traviesas monobloque de*

hormigón". También cumplirán lo referente a forma y dimensiones, marcas de fabricación y modo correcto de transporte, descarga y apilado de dichas traviesas:

Tal y como se ha apuntado previamente, aunque se implante esta traviesa, inicialmente está previsto sólo colocar dos carriles, de modo que el ancho sea el ibérico.

Las características geométricas más relevantes de la traviesa son las siguientes:

- Longitud: 2.750 mm.
- Masa mínima sin sujeción: 385 kg
- Anchura máxima en la base: 300 mm.
- Altura en la sección bajo eje de carril: 232 mm.
- Altura en la sección central: 210 mm.
- Altura de la traviesa en el extremo: 240 mm.
- Inclinación del plano de apoyo del carril: 1/20.

A continuación, se describen los requisitos técnicos de la sujeción VE, para su instalación en las traviesas monobloque de hormigón pretensado polivalente para vía sobre balasto e instalación con carril 60 E1. La sujeción VE es el sistema validado técnicamente por Adif y utilizado con carácter general en las traviesas de nueva fabricación a instalar en la red de su titularidad.

El sistema de sujeción es de tipo elástico directo resistente a esfuerzos transversales, deslizamiento y de vuelco de carril, elegido por sus reducidas dimensiones. Está compuesto por un anclaje que está embutido en el hormigón de la traviesa. A este anclaje se le inserta un clip de acero de resorte del tipo manganeso - silicioso. El material que constituye el tope aislante es una poliamida con carga de fibra de vidrio. La placa de asiento es un poliéster termoplástico de 7 mm de espesor.

Por unidad de traviesa AM-VE, los componentes del sistema de sujeción son los siguientes: fijación al carril: Clip SKL-1, tirafondo AV-1, Vaina antigiro extraíble, placa elástica de asiento PAE de 7 mm de espesor, placas acodadas ligeras A2.

- 4 clips elásticos SKL-1 de acero (Plano de Mantenimiento de Infraestructuras de ADIF; P16.0089.00).
- 4 tirafondos AV-1 de acero 5.6 (Plano de Mantenimiento de Infraestructuras de ADIF; P16.8002.00).
- 2 placas de asiento (PAE-2) bajo carril de 7 mm de espesor de material termoplástico para carril 60 E1 (Plano de Mantenimiento de Infraestructuras de ADIF; P16.5076.00)
- 4 placas acodadas ligeras A2 de poliamida 6.6 reforzada con un 35% de fibra de vidrio (Plano de Mantenimiento de Infraestructuras de ADIF; P16.4965.00 y P16.4964.00).
- 8 vainas antigiro extraíbles para sujeción VE de poliamida 6.6 reforzada con un 35% de fibra de vidrio para la fabricación del cuerpo de la vaina y poliamida 6 reforzada con un 50% de fibra de vidrio para la fabricación del antigiro (Plano de Mantenimiento de Infraestructuras de ADIF; P16.8001.00).

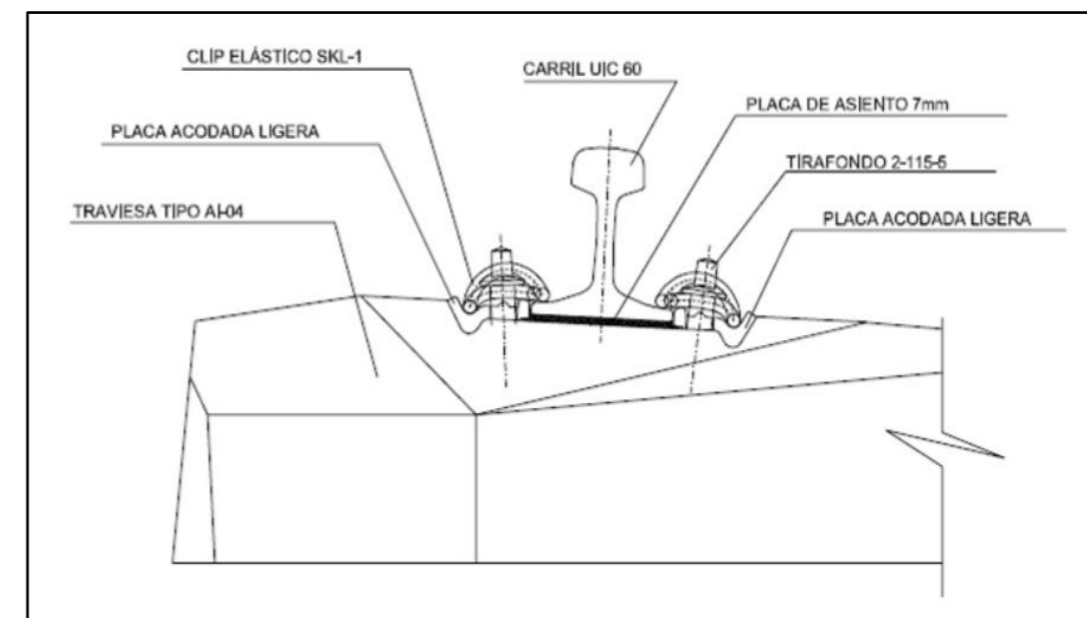


Imagen 1. Sujeción elástica Vossloh sobre traviesa AM-VE.

Entre otras, las características de materiales a utilizar en la fabricación del hormigón, y del propio hormigón, para las traviesas serán:

- Cemento Portland tipo I con resistencia mínima de 42,5 MPa y con contenido del Ion cloro Cl- limitado a un máximo del 0,03%.

- Agua potable con las siguientes limitaciones:
 - $SO_4 = \leq 500$ mg/l.
 - $pH \geq 5$.
 - Sustancias disueltas ≤ 15.000 mg/l.
 - $Cl^- \leq 1.000$ mg/l.
- Tamaño máximo del árido igual a 25 mm.
- Sin aditivos aceleradores de fraguado.
- Dosificación mínima de cemento igual a 350 kg/m³.
- Relación agua/cemento inferior a 0,45.

La resistencia característica del hormigón a compresión simple a 28 días está en el entorno de 60 N/mm² para cualquiera de los métodos de fabricación.

5.3.2. Travesía con Suela

Las traviesas incorporarán una suela de material elastomérico del espesor prescrito por el ADIF en estructuras (viaductos y pasos inferiores).

Sobre los viaductos con vía en balasto se dispondrán traviesas con suela en toda la longitud del tablero, así como en la correspondiente al bloque técnico de cada uno de los estribos. En los estribos en que se instalen aparatos de dilatación no se colocarán traviesas con suela tanto en el bloque técnico como en la longitud que ocupan sobre el tablero el aparato y su zona de transición.

En los pasos inferiores en los que aflora la estructura, se colocarán traviesas con suela en toda la longitud de esta.

La función de este tipo de elementos es activar los contactos entre las piedras que forman el balasto y la base de la traviesa proporcionando una mayor estabilidad en la geometría de vía en puntos de transición entre infraestructuras diferentes. En vía general, la capa de balasto descansa sobre el subbalasto y en plataforma, en viaductos, estas dos últimas capas se

convierten en una infraestructura rígida como es un tablero de hormigón. Para evitar el deterioro del balasto por el impacto directo contra un elemento rígido por movimientos verticales de la traviesa o los desgastes derivados del confinamiento de este entre dos superficies de hormigón, se introduce una capa de material elástico en la base de las traviesas en el momento del desmoldeo o es encolada posteriormente cuando el hormigón ha fraguado.

5.3.2.1. Traviesas con suela en viaductos

Se colocarán las traviesas con suela de rigidez K1 en toda la longitud del viaducto (L) más treinta traviesas a cada lado del mismo. A continuación, se dispondrán las traviesas con suela de rigidez K2 y K3 respectivamente, en un número igual a veinte traviesas de cada tipo (ver figura).

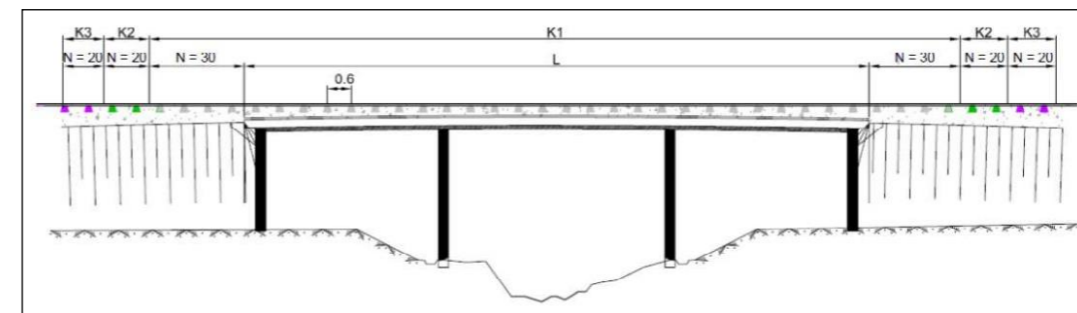


Imagen 2. Esquema transición rigidez en viaducto.

5.3.2.2. Geometría de la suela

La geometría de la suela debe ser tal que recubra de manera suficiente el área efectiva de transmisión de tensiones entre traviesa y balasto.

En este sentido, y teniendo en cuenta la diversidad de formas geométricas existentes en el mercado, se determinan las dimensiones mínimas de las suelas a instalar bajo traviesa.

- Longitud mínima: 1000 mm.
- Distancia máxima al borde la traviesa en todas sus caras: 20 mm.
- El espesor máximo de la suela será de 15 mm.

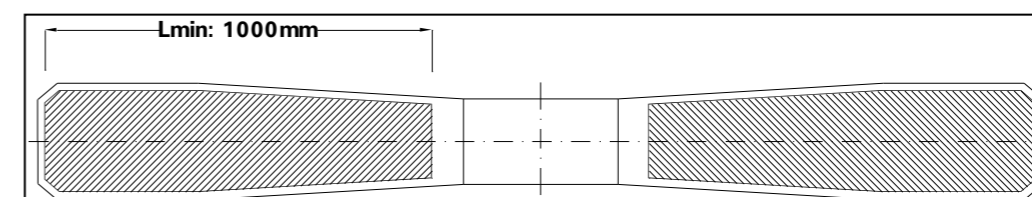


Imagen 3. Detalle suela de traviesa.

Practicando un ensayo de rigidez sobre probetas de hormigón con suela se determinan las rigideces señaladas en los esquemas:

- Para la zona 1: $0,25 \text{ N/mm}^3 < K1 < 0,42 \text{ N/mm}^3$.
- Para la zona 2: $0,5 \text{ N/mm}^3 < K2 < 1,00 \text{ N/mm}^3$.
- Para la zona 3: $1,00 \text{ N/mm}^3 < K3 < 1,50 \text{ N/mm}^3$.

5.4. Carril

5.4.1. Introducción

El carril será del tipo 60 E1 de calidad 260 (antiguo UIC-60 de calidad 900 A). El suministro se prevé en forma de barra larga de 270 metros laminadas y de 90 metros para los tramos de rebaje de rasante sobre plataforma existente.

Una vez en vía se conforma el carril continuo mediante soldadura eléctrica o aluminotérmica.

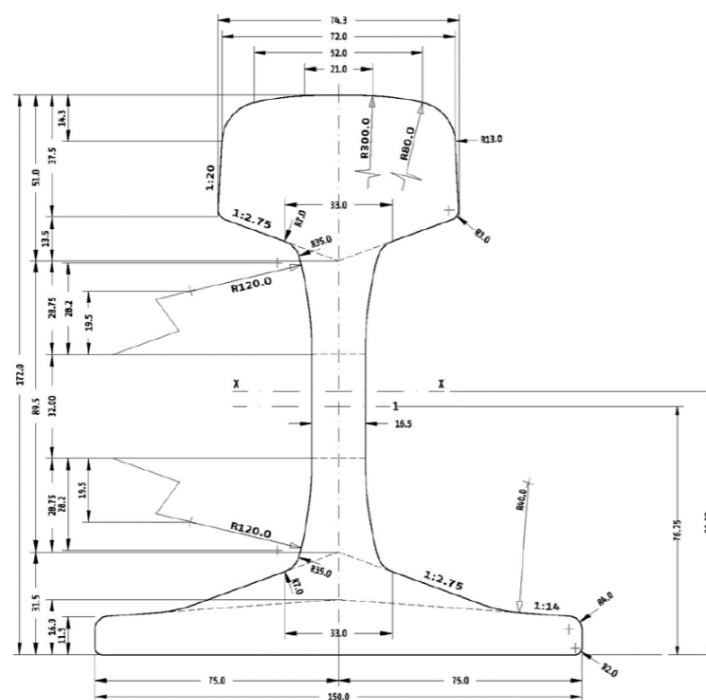


Imagen 4. Sección de carril 60E1.

Sus características son las siguientes, referidas a la Norma Europea CEN/TC256/WG4 "Flat Bottom symmetrical railway rails 46 kg/m and above" (Carriles simétricos de base plana de 46 kg/m y superiores) de marzo de 1998:

- Perfil del carril: clase X
- Enderezado: clase A
- Grado del acero: 260 (Carbono-Manganeso)
- Resistencia a tracción: $R_m \geq 880 \text{ N/mm}^2$
- Dureza: barra larga 260/300 HBW
- Alargamiento: $A \geq 10\%$

Otras características geométricas fundamentales que deben cumplir estrictamente las barras elementales procedentes de la acería tienen relación con las tolerancias del acabado del perfil, la rectitud en los extremos, la planitud superficial y la torsión.

5.4.2. Soldadura Eléctrica

Todas las soldaduras deben llevarse a cabo mediante una máquina soldadora automática y provista de una secuencia de soldadura programada.

Las superficies de los extremos a soldar se pulen para eliminar impurezas y restos de óxidos, con el fin de proporcionar un óptimo contacto eléctrico entre dichos extremos. No se permiten defectos en los extremos, ocasionados bien por una incorrecta limpieza, o por un defectuoso contacto eléctrico.

La preparación de los extremos se puede realizar mecánica y manualmente.

Los carriles se sujetan mediante mordazas, ejerciendo una fuerza sobre ellos que no cause deformaciones o deterioros.

Para la correcta alineación de la soldadura, una vez amarrados los carriles, se han de alinear en la máquina los extremos para alcanzar las tolerancias finales prescritas.

Si se efectúa un chisporroteo inicial para eliminar las irregularidades presentes en las secciones de los extremos de los carriles para dejarlas perfectamente paralelas, éste no deberá sobrecalentar el carril causando desperfectos.

Durante el precalentamiento, la distribución del calor ha de ser uniforme, dividiendo el proceso en varios precalentamientos, si es necesario.

Una vez iniciado el chisporroteo, debe ser continuo y sin interrupciones.

La fase de recalque comienza inmediatamente después del chisporroteo final, y se debe efectuar de tal manera que no queden burbujas de aire en la zona soldada y que los restos de óxido sean expulsados para que su presencia en la unión soldada se reduzca al mínimo.

En el recalque debe mantenerse una corriente eléctrica durante un cierto tiempo, pero en ningún caso tanto como para producir sobrecalentamientos en la unión soldada.

El tiempo transcurrido desde el final del recalque o forja, hasta que se retiran las mordazas que sujetan los carriles, ha de ser como mínimo de 5 segundos.

Los parámetros de soldadura utilizados por la máquina durante la fabricación han de ser los mismos que se utilizan en su proceso de homologación.

Estos parámetros son:

- Intensidad de corriente
- Presión o fuerza de recalque
- Desplazamiento
- Tiempo
- Identificación del programa y detalles de configuración

La marca de identificación de cada carril debe estar en el mismo lado a lo largo de toda la barra soldada.

Los carriles deberán alinearse lateralmente apoyándose en un determinado borde, izquierdo o derecho, o en la línea central del carril. La retirada mediante desbarbado del exceso del material producto de la fusión de los carriles se debe realizar evitando producir alteraciones de tipo

mecánico o térmico en el carril. Este desbarbado siempre se realizará por medios automáticos. La superficie del área de desbarbado deberá estar libre de fisuras.

Se permite el esmerilado de la soldadura, pero en cualquier caso no deberá dañar al carril o a la soldadura ni reducir las dimensiones originales del perfil del carril.

Durante el desbarbado la temperatura del carril en el centro del alma debe ser superior a 500°C. Asimismo, la zona de soldadura deberá estar comprimida.

5.4.3. Soldadura Aluminotérmica

La soldadura aluminotérmica se ejecutará por soldadores homologados para su ejecución por el Ente Administrador de Infraestructuras Ferroviarias y se ejecuta según una metodología detallada.

Para la ejecución de una soldadura aluminotérmica se necesita un kit de materiales para carril UIC 60 E1 y un crisol de un solo uso, que han de proporcionar los fabricantes de este tipo de cargas. El kit de materiales consiste en:

- Bolsa de plástico herméticamente cerrada con la carga.
- Tubo cerrado, conteniendo la boquilla de apertura automática y el material granular para el sellado.
- Envase de material plástico, conteniendo las piezas que constituyen el molde.
- Envase de material plástico, herméticamente cerrado conteniendo pasta para el sellado de los moldes.
- El crisol de un solo uso debe ir dentro de una caja de cartón que lo proteja de posible rotura y de la humedad.

Son excluyentes si se produce alguna de las siguientes anomalías:

- Bolsa de carga aluminotérmica con roturas y pérdidas de contenido.
- Juego de moldes con deformaciones, humedades o fácilmente desmoronable.
- Conjunto de boquilla de destape automático y envase con magnesita incompleto o con deformaciones.

- Lotes de fecha caducada.
- Haber mezclado materiales de diferentes fabricantes, o contenido de diferentes bolsas de cargas aluminotérmicas.
- Utilizar pasta seca.
- El crisol de un solo uso se encuentre fisurado, haya cogido humedad o se encuentre dañada la zona donde está situado el dispositivo de destape automático

La ejecución de una soldadura aluminotérmica requiere además de los materiales necesarios para su ejecución, una dotación mínima que proporciona el Contratista y que consiste en:

- 1 cortadora de carril (tronzadora)
- 1 equipo de soldadura aluminotérmica
- 1 cortamazarotas
- 1 esmeriladora
- 1 clavadora
- s/n herramientas y medios auxiliares (reglas, galgas, etc.)

Debe certificarse con especial atención antes de ejecutarse una soldadura aluminotérmica que la carga de la soldadura es la adecuada para el tipo de acero y para el elemento soldar, es decir, vía o aparatos de vía.

Las fases que componen la ejecución de una soldadura aluminotérmica son las siguientes:

- Preparación de la junta.
- Preparación del molde.
- Colada.
- Eliminación del depósito de corindón.
- Corte de la mazarota (fundición)

- Acabado de la soldadura
- Marcaje de la soldadura.

5.5. Aparatos de vía

A continuación, se recogen los distintos aparatos de vía considerados en el presente Estudio Informativo:

- Los escapes previstos en la nueva estación de Campillos estarán formados por aparatos de vía con traviesas de hormigón, polivalente tipo P1, tangencia 0.09, radios de 318 metro y corazón recto. Los desvíos serán: DSH-P1-60-318-0.09-CR-I, DSH-P1-60-318-0.09-CR-D.

5.6. Piquetes de vía

En la vía, el piquete es la señal que indica la posición límite donde debe detenerse la cabeza del tren delante de un desvío o semiescape por el lado del talón, para que sea compatible su posición con la circulación del tren por la otra vía.

Con carácter general la posición del piquete se situará a una distancia de cada vía, mayor o igual que la correspondiente al punto de intersección del gálibo nominal con resguardos de la vía directa con el gálibo nominal sin resguardos de la vía desviada.

En el caso de que la velocidad por vía directa sea igual o inferior a 120 Km/h el piquete se podrá situar a una distancia de cada vía, mayor o igual que la correspondiente al punto de intersección del gálibo nominal sin resguardos de la vía directa con el gálibo nominal sin resguardos de la vía desviada.

En caso de escapes para entreejes superiores a 4,00 m el piquete se situará a una distancia de cada vía, mayor o igual que la correspondiente al punto de intersección del gálibo nominal con resguardos de la vía directa con el gálibo nominal sin resguardos de la vía desviada.

El piquete de vía será fabricado de hormigón, de dimensiones 60 cm de longitud, 35 cm de anchura y 25 cm de altura, sobresaliendo de la superficie de balasto 15 cm. La cara superior llevará inclinación a dos aguas.

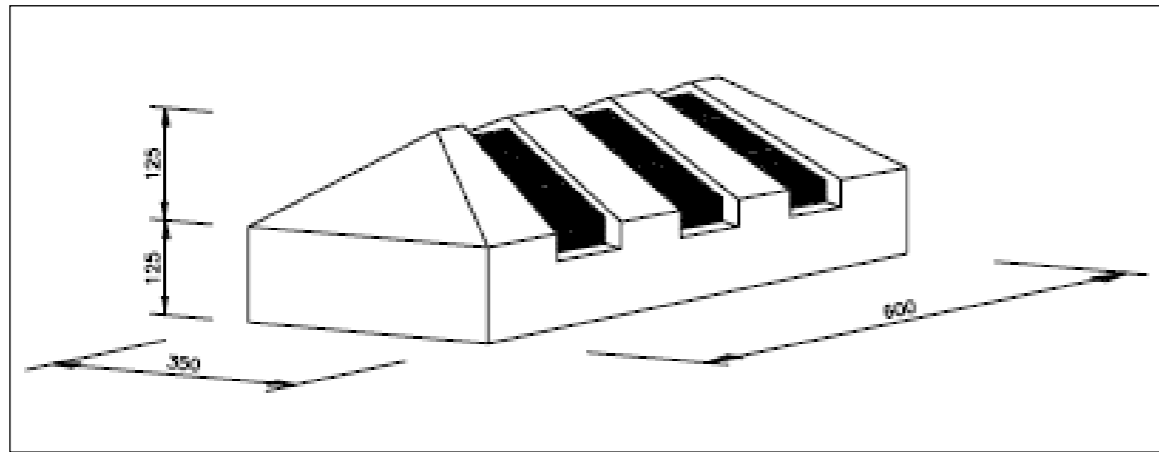


Imagen 5. Piquete de vía.

5.7. Topera

Se prevé la implantación de las correspondientes toperas de hormigón situadas en las vías de mango de deslizamiento en las alternativas de nuevo trazado en el entorno de Lagunas de Campillos (Alternativa 2 y 3).

Las características geométricas más relevantes se representan en el Documento Nº 2. Planos.

5.8. Cupón de vía mixto

La transición entre el carril 60 E1 a montar y el carril 54 E1 en la vía general existente se llevará a cabo mediante cupones mixtos.

El cupón de vía mixto está formado por dos trozos de carril de diferente peso, soldados eléctricamente por chisporroteo. A tal fin, el de mayor peso deberá ser forjado y mecanizado para acondicionar su extremo a la sección del contiguo.

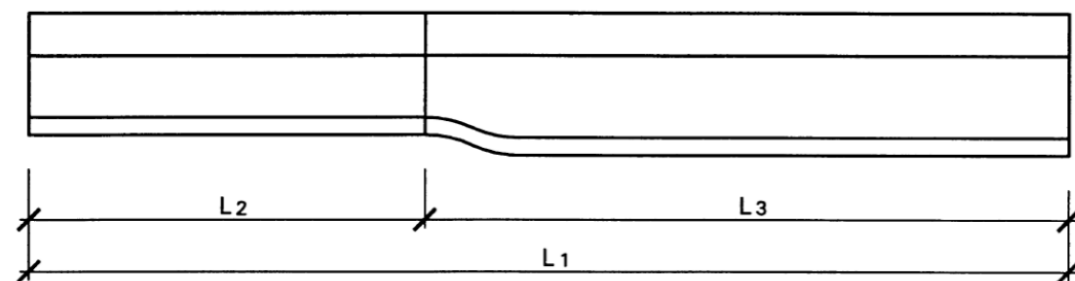


Imagen 6. Esquema de cupón mixto.

Será necesaria la colocación de cupones mixtos en las conexiones a ambos lados entre el material de la vía general (carril 60 E1) y los desvíos de conexión con las vías secundarias de apartado (carril 54 E1). Se seguirá la normativa ET 03.360.106.3 de "Cupones mixtos".

Se clasifican en función del tipo de carriles a unir y las longitudes. Por otro lado, para determinar si un cupón mixto es derecho o izquierdo se mirará desde el extremo donde se halle el perfil mayor. El cupón mixto será derecho cuando tenga el flanco activo a la izquierda, y será izquierdo cuando tenga el flanco a la derecha.

Las características geométricas más relevantes del cupón mixto 54/60 se representan en el Documento Nº 2. Planos.

5.9. Postes hectométricos, kilométricos y de cambio de rasante

Se dispondrán los correspondientes postes de kilometraje de la vía, los hectométricos y los de cambio de rasante. En los tramos de vía sobre plataforma existente se considerará su sustitución, así como modificación o nueva colocación de los correspondientes en los tramos de rectificación de rasante por adaptación de gálibos de pasos superiores.

Los postes serán de chapa situados sobre los postes de electrificación lo suficientemente visibles para los maquinistas.

En los postes hectométricos y kilométricos se indicará con número entero el valor del P.K., situándose bajo el mismo el valor de la centena del punto hectométrico correspondiente.

En las chapas de cambio de rasante se marcará con flecha serigrafiada en color negro el sentido de la inclinación (rampa o pendiente), indicándose sobre la misma, con cifra entera y un decimal el valor de la inclinación (en milésimas). En tramos de pendiente horizontal se imprimirá sobre la chapa una franja horizontal.