

ANEJO Nº 10.- SUPERESTRUCTURA

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- ANCHO IBÉRICO.....	1
2.1.- VÍA SOBRE BALASTO	1
2.1.1.- Justificación del diseño de la sección transversal.....	1
2.1.2.- Explanada.....	1
2.1.3.- Capacidad portante de la Plataforma.....	2
2.1.4.- Capa de Forma	2
2.1.5.- Balasto	3
2.1.5.1.- Espesor de la Capa de Balasto.....	3
2.1.5.2.- Hombro, Talud y Terminación de la banquetta de Balasto.....	3
2.1.6.- Subbalasto	3
2.2.- SECCIÓN TIPO EN TIERRAS RESULTANTE:	7
2.3.- VÍA EN PLACA.....	7
2.4.- MEDIDAS ANTIVIBRATORIAS.....	8
2.5.- APARATOS DE VÍA.....	9
2.6.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	11
2.6.1.- Balasto	11
2.6.2.- Carril	11
2.6.3.- Traviesas	12
2.6.4.- Sujeciones	12
3.- ANCHO MÉTRICO	13
3.1.- VÍA SOBRE BALASTO	13
3.1.1.- Justificación del Diseño de la Sección Transversal.	13
3.1.2.- Explanada.....	13

3.1.3.- Capacidad portante de la Plataforma.....	13	5.1.5.2.- Nivelación Mediante Husillos y Gatos de Alineación.....	21
3.1.4.- Capa de Forma	13	5.1.6.- Hormigonado de la Vía, retirada de Husillos de Alineación y Nivelación	21
3.1.5.- Balasto	14	5.2.- MONTAJE DE VÍA SOBRE BALASTO	21
3.1.5.1.- Espesor de la Capa de Balasto.....	14	5.2.1.- Replanteo y Piqueteado de Vía.....	22
3.1.5.2.- Hombro, Talud y Terminación de la banquetta de Balasto	14	5.2.2.- Carga de Traviesa en Acopio, Transporte y Descarga	22
3.1.6.- Subbalasto.....	14	5.2.3.- Extendido de Lecho de Balasto.....	22
3.2.- SECCIÓN TIPO EN TIERRAS RESULTANTE:	14	5.2.4.- Posicionado de Traviesas sobre el Lecho de Balasto.....	22
3.3.- VÍA EN PLACA.....	14	5.3.- DESCARGA Y MONTAJE DE BARRAS LARGAS.....	22
3.4.- APARATOS DE VÍA.....	16		
3.5.- Características de los materiales de vía.....	17		
3.5.1.- Balasto	17		
3.5.2.- Carril	18		
3.5.3.- Traviesas y Sujeciones	18		
4.- OTROS ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA.....	18		
4.1.- Piquetes de Vía.....	18		
4.2.- Postes Hectométricos, Kilométricos y de Cambio de Rasante.....	19		
4.3.- Puestas a Tierra.....	19		
5.- MONTAJE DE VÍA	19		
5.1.- MONTAJE DE VÍA EN PLACA.....	19		
5.1.1.- Hormigonado de la Losa de Fondo o Presolera.....	19		
5.1.2.- Replanteo Topográfico.....	19		
5.1.3.- Transporte y Distribución de Traviesas.....	20		
5.1.4.- Posicionado de Traviesas dentro del Túnel	20		
5.1.5.- Montaje de Carril Auxiliar, Escuadrado de Traviesas,	20		
5.1.5.1.- Nivelación Mediante Pernos de Soporte.	20		

1.- INTRODUCCIÓN

El presente documento se enmarca en el desarrollo de los trabajos correspondientes al contrato de servicios para la redacción del “Estudio Informativo de la Integración del Ferrocarril en Avilés” en concreto a la definición de la superestructura de vía.

En este sentido, en el presente documento se realiza una descripción de los distintos elementos que componen la superestructura ferroviaria prevista para el soterramiento de las futuras líneas de ancho ibérico y ancho métrico.

El tramo en cuestión incluye zonas en donde el trazado discurre soterrado bajo losa, otras ejecutadas en mina con métodos convencionales, otras correspondientes con las rampas adyacentes de acceso a los tramos soterrados que discurren entre muros convencionales o muros pantalla y por último otras en superficie, en desmonte o terraplén.

El concepto de superestructura de vía define los elementos que acompañan al carril para asegurar la rigidez del sistema por el que circularán los trenes durante toda la vida útil del material elegido.

El diseño del sistema de vía planteado, dadas las características del entorno urbano que se atraviesa y las necesidades derivadas de la adecuación de los niveles de ruidos y vibraciones generados, consta de un sistema vía en placa en la zona soterrada dentro del tramo urbano de la ciudad de Avilés, así como en los tramos adyacentes que discurren entre muros, y de vía convencional con balasto en el resto, incluyendo el túnel del Bustiello.

Para la elección de los distintos elementos constitutivos de la superestructura, así como la determinación de los valores o parámetros básicos empleados en el diseño y cálculo de la superestructura, 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.

2.- ANCHO IBÉRICO

2.1.- VÍA SOBRE BALASTO

2.1.1.- Justificación del diseño de la sección transversal.

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, denominada capa de forma. Tales capas contribuyen a asegurar el buen comportamiento de la vía férrea desde el punto de vista de su rigidez, nivelación y drenaje.

Para el dimensionamiento de la explanada se ha tomado como referencia la Orden FOM/1631/2015, de 14 de julio, 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”.

Para determinar el espesor de las capas de balasto y subbalasto se han analizado y contrastado las distintas recomendaciones contenidas en la normativa de referencia:

- IF-3.
- NAV 2-1.0.1.
- NAV 3-4.1.0.

justificando en cada caso las que consideran más adecuadas para el estudio.

2.1.2.- Explanada

La explanada ferroviaria, conformada por el terreno donde apoya la capa de forma y capas suprayacentes, está principalmente condicionada por la composición y características geotécnicas del terreno donde apoya y por las características hidrogeológicas que presenta.

De acuerdo con las conclusiones de los anejos de Estudio de Materiales y Geotecnia, el terreno existente se clasifica como QS1.

Tipo de Suelo

TIPO DE SUELO (clasificación geotécnica)	Clase de calidad de suelo
0.1. Suelos con alto contenido de materia orgánica. 0.2. Suelos blandos, con contenidos de más del 15 % de finos ^a , con alto contenido de humedad, inapropiados para compactar. 0.3. Suelos tixotrópicos (p.e.: arcillas de gran susceptibilidad). 0.4. Suelos conteniendo material soluble (p.e.: rocas salinas o yeso). 0.5. Terreno contaminado (p.e.: residuos industriales). 0.6. Suelos con un contenido medio de materia orgánica. 0.7. Suelos de alta plasticidad, con más del 15% de finos, suelos colapsables ^c o suelos expansivos ^d .	QS0
1.1. Suelos conteniendo más del 40 % de finos ^a (excepto los suelos clasificados como 0.2 o 0.7). 1.2. Rocas muy susceptibles a la meteorización. P.e.: - Cretas con $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ y alta friabilidad. - Margas. - Esquistos meteorizados.	QS1
1.3. Suelos conteniendo entre el 15 y el 40 % de finos ^a (excepto los clasificados como 0.2 o 0.7). 1.4. Rocas moderadamente susceptibles a la meteorización. P.e.: - Cretas con $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ y baja friabilidad. - Esquistos no meteorizados. 1.5. Rocas blandas. P.e.: Con Microdeval húmedo (MDH) > 40 y Los Ángeles (LA) > 40.	QS1*
2.1. Suelos conteniendo entre el 5 y el 15 % de finos ^a , excepto los suelos colapsables ^c . 2.2. Suelos uniformes ($CU \leq 6$), conteniendo menos del 5 % de finos ^a , excepto los suelos colapsables ^c .	QS2 ^f

2.1.3.- Capacidad portante de la Plataforma

La plataforma tiene como función proporcionar apoyo a la capa de asiento y a la vía.

El diseño de la plataforma depende de la clasificación de los suelos y del tipo de tráfico. Está formada por el propio terreno, cuando se trata de un desmonte, o por suelos de aportación, constituyendo un terraplén.

La plataforma debe quedar rematada por una capa de terminación, llamada también capa de forma, provista de pendientes transversales para la evacuación de aguas pluviales.

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 cuando no lo son.

La clasificación de la plataforma precisa de la estimación de la calidad del suelo que la forma, y de la capacidad portante de la misma en su conjunto.

La capacidad portante de una plataforma depende de la calidad de su material constituyente. Así pues, se distinguen tres tipos de plataformas:

Capacidad Portante

PLATAFORMA	CAPACIDAD PORTANTE
P1	BAJA
P2	MEDIA
P3	ALTA

Como criterio general, en el caso de obra nueva, se deberá disponer siempre de una plataforma con capacidad portante alta, clase P3, con objeto de minimizar los espesores necesarios de balasto y subbalasto y de mejorar el comportamiento a largo plazo. Para ello será necesario colocar, en general, una capa de forma, con las características recogidas en el apartado siguiente.

En la presente actuación se establece la necesidad de obtener una plataforma P3.

2.1.4.- Capa de Forma

Se realiza el dimensionamiento de la capa de forma a partir de la siguiente tabla de la Orden FOM/1631/2015:

CALIDAD DEL SUELO SOPORTE	CLASE DE CAPACIDAD DE CARGA EN LA PLATAFORMA	CAPA DE FORMA PARA OBTENER LA CAPACIDAD DE CARGA DE LA PLATAFORMA	
		CALIDAD DEL SUELO	ESPESOR MÍNIMO (m)
Q S1	P 1	Q S1	-
	P 2	Q S2	0,50
	P 2	Q S3	0,35
	P 3	Q S3	0,50
Q S2	P 2	Q S2	-
	P 3	Q S3	0,35
Q S3	P 3	Q S3	-

Tal y como ya se ha indicado con anterioridad, partimos de un suelo de clase QS1 y se necesita una plataforma de la clase P3.

Podríamos obtener esta categoría de plataforma empleando un espesor de capa de forma de 0,5 metros de suelo QS3, como se ve en la anterior tabla.

El suelo a emplear en la formación de la capa de forma será un suelo seleccionado que cumpla con las condiciones de un suelo QS3.

2.1.5.- Balasto

2.1.5.1.- *Espesor de la Capa de Balasto*

El espesor mínimo de la capa de balasto bajo traviesa eb, en función de la velocidad máxima de circulación en la línea ferroviaria, será el siguiente:

Capa de Balasto

Velocidad Máxima	eb (cm)
V < 120 km/h	25 cm
V ≥ 120 km/h	30 cm

En la presente actuación, siguiendo la normativa “Instrucción para el Proyecto Construcción de Obras Ferroviarias, IF-3. Vía sobre Balasto. Cálculo de Espesores de Capas de la Sección Transversal. ORDEN FOM/1631/2015”, se ha considerado un espesor mínimo de 25 cm de balasto bajo traviesa.

2.1.5.2.- *Hombro, Talud y Terminación de la banqueta de Balasto*

La anchura del hombro lateral de la banqueta adoptado será de 0,90 m, medidos a partir de la cara interna (borde activo) del carril, siguiendo la N.A.P. 1-2-1.0.

Siguiendo esta misma normativa, para el talud del balasto, se fija la relación invariable de 3H: 2V, para el talud exterior de la banqueta.

La banqueta termina en una superficie transversal plana paralela a la superficie de rodadura, es decir, con el mismo peralte que la vía. En la entrevía de las alineaciones curvas esta superficie es quebrada, quedando formada por dos planos, con igual inclinación que el peralte, unidos por otro que corresponde a la inclinación del talud del balasto (3H/2V).

2.1.6.- Subbalasto

La instrucción IF-3 deduce el espesor de la capa de subbalasto a partir de la siguiente expresión:

$$esb = E + a + b + c + d + f - eb$$

Siendo:

esb= espesor de la capa de subbase, en m.

eb = espesor de la base o banqueta de balasto bajo traviesa, en m.

Tabla para el cálculo del espesor de la subbase

Parámetro	VALOR DEL FACTOR	CONDICIONES DE APLICACIÓN
E (por clase de plataforma)	0,70 m 0,55 m 0,45 m	Para plataformas P1. Para plataformas P2. Para plataformas P3.
a (por grupo de tráfico)	0,00 m -0,10 m	para los grupos 1 a 4 para los grupos 5 y 6
b (por tipo de traviesa)	0,00 m (2,5-L)/2 m	Para traviesas de madera de longitud $L \geq 2,60$ m. Para traviesas de hormigón de longitud L. (b y L en m; $b < 0$ si $L > 2,50$ m).
c (por dificultad de ejecución)	0,00 m -0,10 m	Para situación normal. Para condiciones de trabajo difíciles en líneas existentes
d (por cargas máx. por eje)	0,00 m 0,05 m 0,12 m	Con carga máxima por eje de los vehículos remolcados ≤ 200 kN. Con carga máxima por eje de los vehículos remolcados ≤ 225 kN. Con carga máxima por eje de los vehículos remolcados ≤ 250 kN.
f (por capa de forma)	0 geotextil	Sin geotextil cuando la capa de forma es de QS3. Con geotextil cuando la capa de forma es QS1 ó QS2

Fuente: Orden FOM/1631/2015

En cualquier caso, el espesor de la capa de subbase será siempre mayor o igual a 15 cm, por exigencias de puesta en obra.

Determinación del tráfico (Parámetro “a”)

Debido a que en el cálculo del espesor de la subbase influyen la magnitud y el número de cargas generadas por la rodadura de las circulaciones ferroviarias las líneas se clasifican según el valor “Tráfico medio diario equivalente” en los grupos.

Tráfico Medio Equivalente

GRUPO	TRÁFICO MEDIO EQUIVALENTE (te)
1	130.000 < te
2	80.000 < te ≤ 130.000
3	40.000 < te ≤ 80.000
4	20.000 < te ≤ 40.000
5	5.000 < te ≤ 20.000
6	te ≤ 5.000

Si nos atenemos a la determinación del cálculo del tráfico ficticio o tráfico medio diario equivalente según la expresión:

$$Te = Sv \times (Tv + 1,4 \times Ttv) + Sm \times (Km \times Tm + 1,4 \times Ttm)$$

Siendo:

- Tv: tonelaje medio de viajeros (TBR)
- Tm: tonelaje medio de mercancías (TBR).
- Ttv: tonelaje medio diario de tracción viajeros (t)
- Ttm: tonelaje medio de tracción de mercancías (t)
- o Km: 1,15 (valor normal)
- o Km: 1,30 (tráfico más del 50% ejes de 20 t o más del 25% ejes de 22,5 t)
- o Km: 1,45 (tráfico más del 75% ejes de 20 t o más del 50% ejes de 22,5 t)
- Sv: se determina, de acuerdo con la tabla siguiente, por la velocidad del tren de viajeros más rápido

- Sm: se determina de acuerdo con la tabla siguiente, por la velocidad de los trenes de mercancías ordinarios.

Parámetros Sv/Sm

v (km/h)	Sv	Sm
$v \leq 60$	1,00	1,00
$60 < v \leq 80^*$	1,05	1,05
$80 < v \leq 100$	1,15	1,15
$100 < v \leq 130$	1,25	1,25
$130 < v \leq 160^*$	1,35	-
$160 < v \leq 200$	1,40	-
$200 < v \leq 250$	1,45	-

*La velocidad máxima adoptada dentro de la presente actuación es de 70 km/h.

El tonelaje de los automotores de viajeros cuya carga por eje sea $\leq 17t$ se incluye en Tv, Si es $> 17t$ se incluye en Ttv.

El tramo al que corresponde el estudio presenta una circulación media diaria 64 trenes, con la siguiente distribución:

Tráficos Actuales Viajeros

CIRCULACIONES DIARIAS LÍNEA C3 DE CERCANÍAS DE ANCHO IBÉRICO					
Recorrido	Paradas	Circulaciones/ día y sentido	Tiempo viaje/ sentido		
			Sentido	Mínimo	Máximo
San Juan Nieva - Oviedo / Llamaquique	Todas	16	Oviedo / Llamaquique	0:41	0:45
		16	Avilés / San Juan	0:42	0:47
Avilés - Oviedo / Llamaquique	Todas	12	Oviedo / Llamaquique	0:38	0:39
		12	Avilés / San Juan	0:40	0:42
	Parcial	1	Oviedo / Llamaquique	0:34	
		1	Avilés / San Juan	0:35	
TOTAL		58			

Por otro lado, según el Manual de Capacidades de 2019 de ADIF, la media semanal de circulaciones de mercancías entre Nubledo y San Juan de Nieva fue de 18 trenes, es decir, dos-tres trenes diarios.

El material móvil de viajeros que circula en la línea corresponde a trenes CIVIA.

Suponiendo que circulan trenes CIVIA de la serie 464, de cerca de 80 metros de longitud, como los andenes de la situación existente:

- 464 (131,5t - 5bogies/10ejes - 13,2 t /eje)
- Tv: trenes al día (64 trenes) por el tonelaje (131,53t)

Para el tráfico de mercancías se adoptan las siguientes hipótesis de cálculo.

Se dimensiona para mercancías de longitud 550 (máxima longitud especial):

- ✓ Composición tipo de 26 vagones (26 x 20 = 520 m) con una carga equivalente al 80% de la máxima.
- ✓ Vagones de 4 ejes, admitiendo un valor de 20.0 T/eje cuando están cargados, y 6 T/eje cuando circulan en vacío.

✓ Se supone que el 80% de los trenes irán cargados y el 20 % vacíos.

Para las locomotoras se fija un peso de 120 toneladas.

Con todo esto se obtiene:

$$T_m = 3 \text{ (trenes diarios)} * 26 * (4 * 20 * 0.8 * 0.8 + 4 * 6 * 0.2) = 4.368 \text{ T/día}$$

$$T_{tm} = 3 \text{ (trenes diarios)} * 120 = 360 \text{ T/día}$$

El valor del tráfico medio diario de mercancías será, por tanto:

$$T_m = 360 + 4368 = 4.728 \text{ T/día}$$

Con los datos anteriores y la fórmula del tráfico equivalente se obtiene:

Tv	58*131,53 = 7.629
Tm	4.728
Ttv	No aplica
Ttm	120
Km	1,15
Sv (60<v≤80)	1,05
Sm	1,05
Te	13.895
CLASE UIC	5

$$T_e = 1,05 * (7.629 + 1,4 * 120) + 1,05 * (1,15 * 4728 + 1,4 * 120) = 14.725 \text{ t/día,}$$

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$esb = E + a + b + c + d + f - eb$$

E	0,45m (tipo P3)
a	-0,10 m (Grupo 4 UIC)
b	-0,05 m (Traviesa de 2,60m Hormigón)
c	0,00 (Para situación normal)
d	0,00 m (Valor máximo: 200 kN)
f	0,00 m (Capa de forma QS3 sin Geotextil)
eb	0,25m
Esb	0,05 m

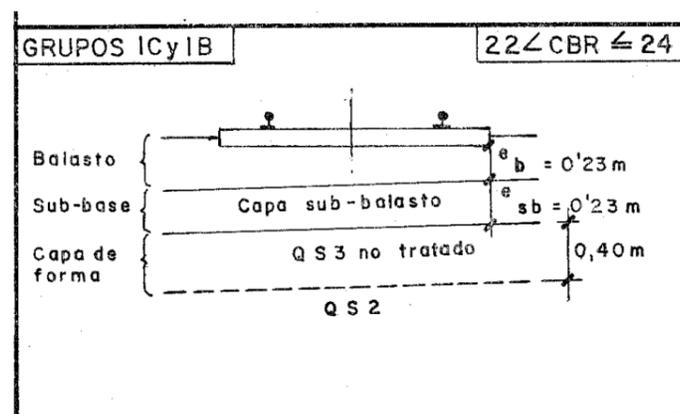
Sin embargo, el catálogo de la NAV-2-1.0.1 para tráfico < 15.000 TBR/día, y material de coronación con CBR>20 (Qs3) establece una sección de 20 cm. de subbalasto con 25 cm de balasto:

Tabla 2 9. Capas de Balasto y Subbalasto – NAV-2-1.0.1.

TIPO DE CAPAS	MATERIAL DE CORONACION	TIPOS DE TRAFICO TBR / DIA		
		T ₁ ≤ 15 · 10 ³	15 · 10 ³ < T ₂ ≤ 25 · 10 ³	25 · 10 ³ < T ₃
E ₁ CBR ≤ 5	SUELO-CEMENTO	$\begin{matrix} 40 & 30 \\ 35 & 40 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 40 \\ 40 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 40 \\ 40 \end{matrix}$
	$\frac{CBR > 20}{10 < CBR \leq 20}$	$\begin{matrix} 40 \\ 40 \\ 20 \end{matrix}$	*	*
E ₂ 5 < CBR ≤ 10	SUELO-CEMENTO	$\begin{matrix} 30 & 35 \\ 20 & 15 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 30 & 35 \\ 25 & 20 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 35 \\ 25 \end{matrix}$
	10 < CBR ≤ 20	$\begin{matrix} 40 \\ 60 \end{matrix}$	*	*
	CBR > 20	$\begin{matrix} 25 & 30 & 20 \\ 35 & 30 & 40 \end{matrix}$	**	$\begin{matrix} 30 & 40 \\ 40 & 30 \end{matrix}$
E ₃ 10 < CBR ≤ 20	10 < CBR ≤ 20	$\begin{matrix} 40 \\ - \end{matrix}$	*	*
	CBR > 20	$\begin{matrix} 25 & 30 & 20 \\ 20 & 30 & 40 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 30 & 25 & 20 \\ 20 & 30 & 40 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 35 & 30 & 25 \\ 20 & 30 & 40 \end{matrix}$
E ₄ CBR > 20	CBR > 20	$\begin{matrix} 20 \\ - \end{matrix}$	$\begin{matrix} 20 \\ - \end{matrix}$	$\begin{matrix} 25 \\ - \end{matrix}$

Finalmente indicar que según la norma NAV 3-4.1.0, se determina que para el grupo de vía 1C de Renfe (Grupo 5 UIC) y para una plataforma buena P3 y suelo QS3 para la capa de forma, se dimensionan unos espesores mínimos de Balasto de 23 cm y de subbalasto de 23 cm.

Capas de Balasto y Subbalasto – NAV-3-4.1.0.



En vista a lo todo lo expuesto anteriormente, y tras los valores obtenidos para la capa de subbalasto según las diferentes normativas (5, 20 y 23 cm), a criterio del proyectista se concluye que resultaría razonable disponer de un espesor de la capa de subbalasto de 20 cm. Para las situaciones provisionales se ejecutará una capa de subbalasto de 15 cm por métodos constructivos.

2.2.- SECCIÓN TIPO EN TIERRAS RESULTANTE:

- Semiancho exterior de plataforma: 4,3 m
- Pendiente transversal de la plataforma: 5%.
- Espesor de balasto: 0,25 m (Hombro de balasto: 0,90 m, Talud: 3H:2V).
- Espesor de subbalasto: 0,20 m.
- Espesor de capa de forma: 0,50 m.
- Talud de las capas ferroviarias: 2H:1V.

2.3.- VÍA EN PLACA

El sistema de vía en placa considerado para la presente actuación está compuesto por traviesa bloque polivalente o similar, con una inclinación del plano de apoyo del carril de 1/20. La vía en placa se montará en las rampas de acceso al soterramiento urbano y en el soterramiento propiamente dicho, además de dos tramos puntuales al inicio de la actuación en cuanto al corredor de ancho ibérico, siempre con el objetivo de reducir las vibraciones en las edificaciones existentes en estos tramos.

En concreto se situará vía en placa en los siguientes tramos:

PK DE INICIO	PK FINAL
0+010	0+075
0+310	0+375
2+410	3+180

El sistema de vía en placa propuesto estará formado por:

- Losa de fondo.
- Losa de vía en el que irán embebidas las traviesas.

La losa de fondo se corresponde con la losa de hormigón propia del túnel o la losa inferior de la zona entre pantallas y soterramiento.

La losa de vía en placa será la encargada de soportar directamente las cargas de ferrocarril, y transmitir estas a las capas inferiores en condiciones admisibles.

Sus principales características son:

- Anchura: 2,80 m.
- Espesor: 25 cm.
- Hormigón HA-30.
- Acero B 500 S.

2.4.- MEDIDAS ANTIVIBRATORIAS

Del estudio de Ruidos y Vibraciones realizado para el presente Estudio Informativo se ha concluido que en la zona inicial de la actuación, cerca de la actual estación de Villalegre, son necesarias medidas de mitigación de las vibraciones.

De las previsiones realizadas y el análisis de los resultados de vibración obtenidos se desprende que es previsible la superación de los niveles vibratorios, autorizados por la legislación vigente, en las siguientes condiciones y siempre del lado de la seguridad, considerando las posibles amplificaciones de los edificios, para las siguientes distancias:

DISTANCIAS (m) A LAS QUE SE SUPERAN LOS NIVELES DE VIBRACIONES, PARA EL TRAZADO DE ANCHO IBERICO, Law,				
Tipología de edificios	Distancia vía-edificio en superficie (m)	Distancia vía-edificio entre pantallas (m)	Distancia vía-edificio en túnel (m)	Valores límite autorizados RD1367/2007 Law (dB)
Hospitalario	16 m	17 m	20 m	72
Educativo o cultural	16 m	17 m	20 m	72
Residencial	12 m	14 m	16 m	75

DISTANCIAS (m) A LAS QUE SE SUPERAN LOS NIVELES DE VIBRACIONES, PARA EL TRAZADO DE ANCHO METRICO, Law,				
Tipología de edificios	Distancia vía-edificio en superficie (m)	Distancia vía-edificio entre pantallas (m)	Distancia vía-edificio en túnel (m)	Valores límite autorizados RD1367/2007 Law (dB)
Hospitalario	12 m	14 m	16 m	72
Educativo o cultural	12 m	14 m	16 m	72
Residencial	9 m	10 m	12 m	75

A la vista de los resultados se puede determinar que es previsible que exista superación de los niveles de vibraciones en estos dos edificios, del trazado de ancho ibérico, por lo que habría que acometer medidas correctoras en estas zonas.

TRAMOS EN EL QUE HABRIA QUE APLICAR MEDIDAS CORRECTORAS.		
Nº Edificación	P.K. Inicio-Final	Trazado
6	0+010 MI-0+075 MI	En superficie
54	0+310+375 MI	En superficie

Como medida correctora para las vibraciones producidas por los trenes se propone instalar una vía en placa, basado en una losa flotante de hormigón que descansa sobre elementos discretos (tacos o bandas) elastoméricos antivibratorios.

Este sistema se caracteriza por tener una frecuencia de resonancia de 13 Hz y por tanto responderá adecuadamente a las frecuencias de excitación de vibraciones de este proyecto, que son significativas a 20 Hz y a frecuencias superiores producidas típicamente por el paso de los trenes de mercancías.

Con esta solución antivibratoria propuesta, se comprueba que, a partir de la frecuencia de 20 Hz conseguimos atenuar los niveles de vibración, obteniendo, por ejemplo, una atenuación global de 6 dB (Índice Law), para un paso de tren con frecuencias de excitación iguales o superiores a 20 Hz, en un escenario desfavorable a bajas frecuencias, esto es, trabajando desde el lado de la seguridad.

2.5.- APARATOS DE VÍA

Dentro de la presente actuación se definen dos estaciones con diversos desvíos.

En particular se definen los siguientes desvíos según la estación:

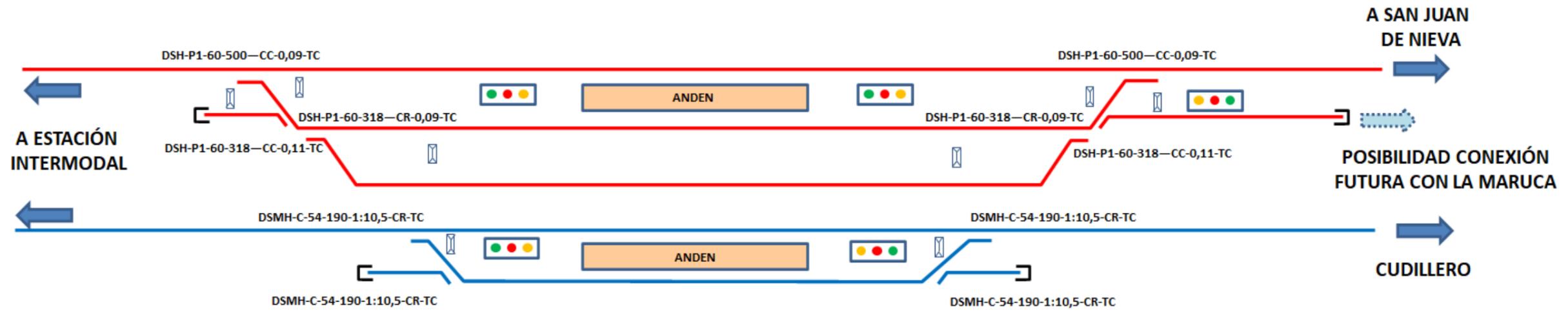
	ESTACIÓN DE AVILES CENTRAL	ESTACIÓN INTERMODAL
DSH-P1-60-500—CC-0,09-TC	2 DESVÍOS	---
DSH-P1-60-318—CR-0,09-TC	2 DESVÍOS	---
DSH-P1-60-318—CC-0,11-TC	2 DESVÍOS	9 DESVÍOS
DSMH-C-54-190-CR-1:10,5-TC	4 DESVÍOS	4 DESVÍOS

Estos desvíos permiten las siguientes velocidades de paso por directa y desviada:

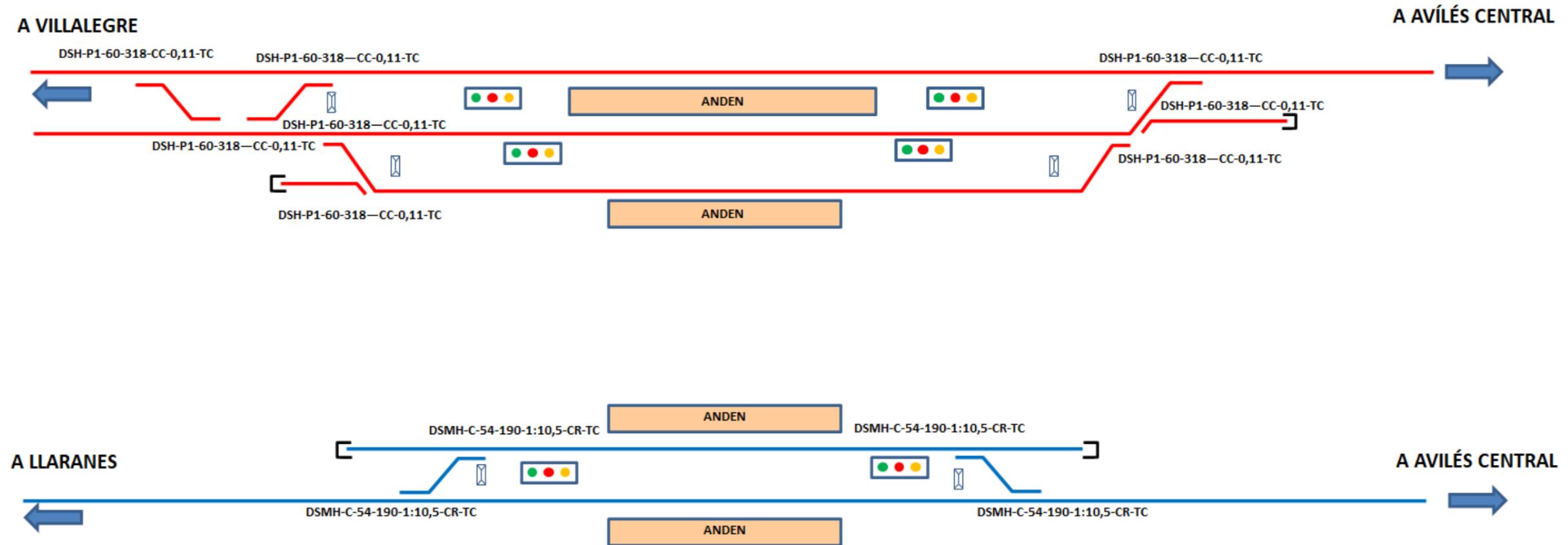
APARATO	VELOCIDAD POR DIRECTA	VELOCIDAD POR DESVIADA
DSH-P1-318-0,11-CC	200 km/h	50 km/h
DSH-P1-318-0,09-CR	200 km/h	50 km/h
DSH-P1-500-0,09-CC	200 km/h	60 km/h
DSMH-C-54-190-CR-1:10,5-TC	160 km/h	40 km/h

A modo de resumen, se muestra en la página siguiente un esquema con la ubicación de los aparatos de vía:

ESTACIÓN DE AVILÉS-CENTRAL



ESTACIÓN INTERMODAL



2.6.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

2.6.1.- Balasto

Considerando el Pliego de Prescripciones Técnicas para el suministro y utilización del Balasto de ADIF, PAV 3-4-0.0 7ª Edición. Enero de 2007, el balasto requerido para su incorporación a la presente actuación es el clasificado como de Tipo "2", al destinarse a una red de ancho convencional y $V_{max} < 200$ km/h según la clasificación vigente a la fecha de edición de las PAV 3-4-0.0.

La granulometría de balasto, según norma UNE-EN 13450 y UNE 146147, se ajustará al huso granulométrico siguiente:

Curva granulométricas del balasto	
Tamaño de tamiz (mm)	% que pasa (en peso)
63	100
50	70-99
40	30-65
31,5	1-25
22,4	0-3 (para recepción de lotes situados en el cetro de producción)
	0-5 (para recepción de lotes situados en obra o acopio intermedio)

Fuente: PAV 3-4-0.0 7ª Edición. Enero 2007.

Además, deberá cumplir los siguientes condicionantes adicionales:

- El porcentaje del peso total que pasa por el tamiz 0,063 mm (polvo), realizado según ensayo UNE-EN-933-1: 1998) será $\leq 0,5\%$ en centro de producción ó bien $\leq 0,7\%$ en obra o acopio intermedio.
- El porcentaje en peso de elementos no cúbicos con respecto al total retenido por el tamiz 22,4 y según ensayo UNE-EN-933-4:200 y UNE 14647, será $\leq 10\%$.
- El coeficiente de desgaste de Los Ángeles (CLA) $\leq 16\%$.
- Resto de requisitos considerados en la PAV 3-4-0.0.

2.6.2.- Carril

Los carriles de las vías definitivas serán de nueva fabricación y tipo UIC-60 E1, realizados con acero de dureza normal (dureza Brinell: 260 HB) y carga mínima de rotura a tracción de 900 N/mm² (conocido como acero "normalmente duro, N.D").

Sus características son las siguientes, referidas a la Norma UNE-EN 13674-1:2012+A1:2018 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Carriles. Parte 1: Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m (EN 13674-1:2011+A1:2017).

Las características de la dureza del carril, según la ET 03.360.161.8 CARRIL, son las siguientes:

Tabla 1. Características según tipo de acero

Grado	Rango de dureza (HBW)	Descripción	Marcado en relieve
Acero			
R260	260 a 300	Carbono – manganeso (C-Mn) Sin tratamiento térmico	—
R350HT	350 a 390	Carbono – manganeso (C-Mn) Con tratamiento térmico	—

Véase Tabla 3 y Tabla 4 para composición química y propiedades mecánicas y Tabla 5 para requisitos de dureza

Tabla 3. Composición química del acero

Grado	Muestra	% en masa									10 ⁻⁴ % (ppm) max en masa	
		C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr	Al max.	V max.	N max	O	H
R260	Líquido	0,62 a 0,80	0,15 a 0,58	0,70 a 1,20	0,025	0,025	$\leq 0,15$	0,004	0,030	0,009	20	2,5
	Sólido	0,60 a 0,82	0,13 a 0,60	0,65 a 1,25	0,030	0,030	$\leq 0,15$	0,004	0,030	0,010	20	2,5
R350HT	Líquido	0,72 a 0,80	0,15 a 0,58	0,70 a 1,20	0,020	0,025	$\leq 0,15$	0,004	0,030	0,009	20	2,5
	Sólido	0,70 a 0,82	0,13 a 0,60	0,65 a 1,25	0,025	0,030	$\leq 0,15$	0,004	0,030	0,010	20	2,5

Tabla 4. Máximos de elementos residuales

	Mo	Ni	Cu	Sn	Sb	Ti	Nb	Cu y 10 Sn	Otros
R260	0,02	0,1	0,15	0,03	0,02	0,025	0,01	0,35	0,35 (Cr+Mo+Ni+Cu+V)
R350HT	0,02	0,1	0,15	0,03	0,02	0,025	0,04	0,35	0,25 (Cr+Mo+Ni+Cu+V)

Tabla 6. Propiedades mecánicas

Grado del acero	Rango de dureza (HBW)	Resistencia a la tracción R_m mín Mpa	Alargamiento A mín %
R260	260 a 300	880	10
R350HT	350 a 390	1175	9

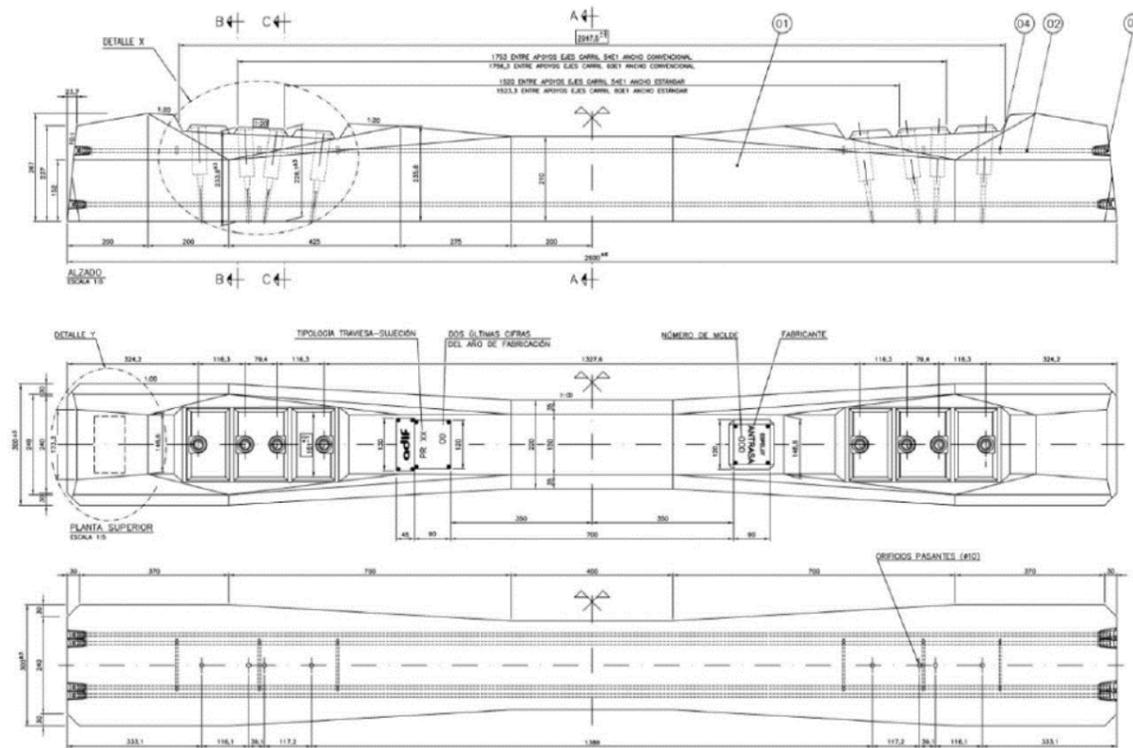
2.6.3.- Traviesas

Las tolerancias en la posición de las traviesas serán:

- Distancia en planta: ± 30 mm.
- Distancia entre ejes: 600 ± 20 mm.
- Distancia entre 6 traviesas consecutivas: 3.000 ± 30 mm.
- Descuadre: ± 10 mm con respecto a la perpendicular de los carriles.

En la presente actuación se adopta la traviesa polivalente PR para constituir el armamento de la vía.

Este tipo de traviesa permitirá, en caso de ser necesario, la adaptación del ancho de vía convencional del estudio (1.668 mm) al ancho de vía internacional (1.435 mm) sin necesidad de cambiar todo el armamento.



2.6.4.- Sujeciones

El tipo de fijación adoptada entre carril y traviesa para el presente estudio es la sujeción elástica V.M.

La sujeción se basa fundamentalmente en:

- La forma y características de la grapa elástica que oprime el patín del carril contra la traviesa a través de su placa de asiento.
- La forma de la placa acodada guía del carril sobre la que ejerce su presión la grapa elástica.
- La inserción del tirafondo de presión en la espiga roscada de material plástico.

El conjunto proporciona una correcta curva de apriete-deformación, de la grapa, para el funcionamiento de la sujeción y un buen aislamiento de los hilos de la vía.

La sujeción V.M. está compuesta de los elementos que se relacionan a continuación:

- 4 Grapas o clips elásticos.
- 4 tirafondos nº 6 galvanizado con arandela.
- 4 espigas roscadas de alojamiento de tirafondo.
- 2 placas acodadas para guía del carril. Estas placas acodadas de las sujeciones en la cabeza de la traviesa quedarán con diferente separación según sean éstas para carril de 54 o de 60 kg/m, por lo que sus dimensiones son invariables
- 2 placas de asiento para carril (Cuyo ancho depende del patín de carril 60 o 54 kg/m sobre el que apoyar).

3.- ANCHO MÉTRICO

3.1.- VÍA SOBRE BALASTO

3.1.1.- Justificación del Diseño de la Sección Transversal.

Tal como se ha comentado anteriormente, se disponen zonas con vía convencional sobre balasto y zonas con vía en placa. En los apartados siguientes se procederá a realizar una descripción de cada uno de los sistemas adoptados, indicando sus características principales.

Para el dimensionamiento de la explanada se ha tomado como referencia la Orden FOM/1631/2015, de 14 de julio, 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".

Para determinar el espesor de las capas de balasto y subbalasto se han analizado y contrastado las distintas recomendaciones contenidas en la normativa de referencia:

- IF-3.
- NAV 3-4.1.0.
- NFI VIA 002

justificando en cada caso las que consideran más adecuadas para el estudio.

3.1.2.- Explanada

De acuerdo con las conclusiones de los anejos de Estudio de Materiales y Geotecnia, el terreno existente se clasifica como QS1.

3.1.3.- Capacidad portante de la Plataforma

Tal y como se ha comentado dentro del apartado correspondiente al ancho ibérico, Como criterio general, en el caso de obra nueva, se deberá disponer siempre de una plataforma con capacidad portante alta, clase P3, con objeto de minimizar los espesores necesarios de balasto y subbalasto y de mejorar el comportamiento a

largo plazo. Para ello será necesario colocar, en general, una capa de forma, con las características recogidas en el apartado siguiente.

La presente actuación se establece la necesidad de obtener una plataforma P3.

3.1.4.- Capa de Forma

Se realiza el dimensionamiento de la capa de forma a partir de la siguiente tabla de la Orden FOM/1631/2015:

CALIDAD DEL SUELO SOPORTE	CLASE DE CAPACIDAD DE CARGA EN LA PLATAFORMA	CAPA DE FORMA PARA OBTENER LA CAPACIDAD DE CARGA DE LA PLATAFORMA	
		CALIDAD DEL SUELO	ESPESOR MÍNIMO (m)
Q S1	P 1	Q S1	-
	P 2	Q S2	0,50
	P 2	Q S3	0,35
	P 3	Q S3	0,50
Q S2	P 2	Q S2	-
	P 3	Q S3	0,35
Q S3	P 3	Q S3	-

Tal y como ya se ha indicado con anterioridad, partimos de un suelo de clase QS1 y se necesita una plataforma de la clase P3.

Podríamos obtener esta categoría de plataforma empleando un espesor de capa de forma de 0,5 metros de suelo QS3, como se ve en la anterior tabla.

El suelo a emplear en la formación de la capa de forma será un suelo seleccionado que cumpla con las condiciones de un suelo QS3.

3.1.5.- Balasto

3.1.5.1.- *Espesor de la Capa de Balasto*

La instrucción IF-3 exige, para una velocidad máxima de circulación de $V < 120$ Km/h, la disposición de un espesor mínimo de la capa de balasto bajo traviesa de $e_b \geq 25$ cm, sin embargo, en la norma NFI VIA 002 se recomienda un espesor de 30 cm. con mínimo de 25 cm.

Dado que se considera en general recomendable la disposición de la capa intermedia de subbalasto para conseguir una adecuada regularización y transición de la rigidez vertical, se adopta 25 cm. de espesor de balasto.

3.1.5.2.- *Hombro, Talud y Terminación de la banqueta de Balasto*

La anchura del hombro lateral de la banqueta adoptado será de 0,90 m, medidos a partir de la cara interna (borde activo) del carril, siguiendo la N.A.P. 1-2-1.0.

Siguiendo esta misma normativa, para el talud del balasto, se fija la relación invariable de 3H: 2V, para el talud exterior de la banqueta.

La banqueta termina en una superficie transversal plana paralela a la superficie de rodadura, es decir, con el mismo peralte que la vía. En la entrevía de las alineaciones curvas esta superficie es quebrada, quedando formada por dos planos, con igual inclinación que el peralte, unidos por otro que corresponde a la inclinación del talud del balasto (3H/2V).

3.1.6.- Subbalasto

En la norma NFI VIA 002 se establece como recomendación la disposición de una capa de subbalasto de 20 cm. asociado a una banqueta con 25 cm. de espesor de balasto.

3.2.- SECCIÓN TIPO EN TIERRAS RESULTANTE:

- Semiancho exterior de plataforma: 4,0 m

- Pendiente transversal de la plataforma: 5%.
- Espesor de balasto: 0,25 m (Hombro de balasto: 0,90 m, Talud: 3H:2V).
- Espesor de subbalasto: 0,20 m.
- Espesor de capa de forma: 0,50 m.
- Talud de las capas ferroviarias: 2H:1V.

3.3.- VÍA EN PLACA

En el tramo de vía soterrado, así como en los adyacentes de rampas entre muros/pantallas, se plantea la necesidad de recurrir a un sistema de vía que atenúe la transmisión de ruidos y vibraciones sobre el entorno inmediato, dada la proximidad de múltiples edificaciones de diverso tipo en su entorno. Para ello se plantea el diseño con un sistema de vía en placa apto para material móvil ligero (carga por eje de hasta 16 Tn., Clase A según la ficha UIC-700) y velocidades de circulación de hasta 100-120 km/h.

En concreto se situará vía en placa en los siguientes tramos:

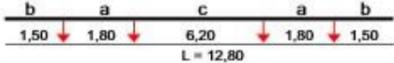
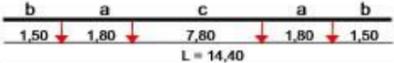
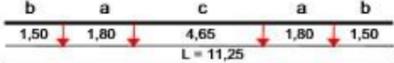
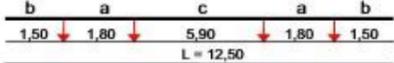
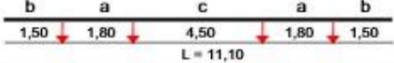
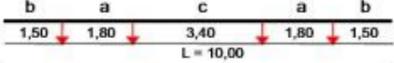
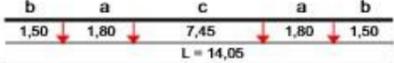
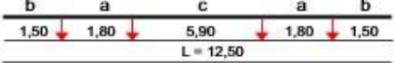
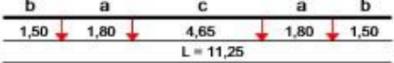
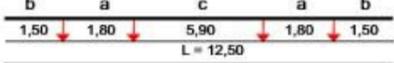
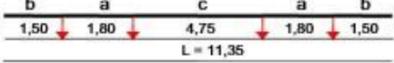
PK DE INICIO	PK FINAL
0+780	1+550

Apéndice A. Clasificación de líneas ferroviarias y Límites de cargas máximas de vagones según el código UIC 700.

Appendices 

Appendix A - Load models (design wagons) representing the line categories

a = distance between axles
 b = distance from end axle to the end of the nearest buffer
 c = distance between the two inside axles
 L = length of wagon over ends of buffers

Category	Mass per axle	Mass per unit length	Geometrical characteristics
A	P = 16 t	$\rho = 5,0 \text{ t/m}$	
B1	P = 18 t	$\rho = 5,0 \text{ t/m}$	
B2	P = 18 t	$\rho = 6,4 \text{ t/m}$	
C2	P = 20 t	$\rho = 6,4 \text{ t/m}$	
C3	P = 20 t	$\rho = 7,2 \text{ t/m}$	
C4	P = 20 t	$\rho = 8,0 \text{ t/m}$	
D2	P = 22,5 t	$\rho = 6,4 \text{ t/m}$	
D3	P = 22,5 t	$\rho = 7,2 \text{ t/m}$	
D4	P = 22,5 t	$\rho = 8,0 \text{ t/m}$	
E4	P = 25 t	$\rho = 8,0 \text{ t/m}$	
E5	P = 25 t	$\rho = 8,8 \text{ t/m}$	

Dentro de los distintos sistemas existentes en el mercado, y teniendo en cuenta por una parte que la sollicitación de cargas por eje de la línea corresponde a un rango de utilización considerada como “trenes “ligeros (LR)” y por otra la necesidad de contar con la posibilidad de configuración del sistema para adecuarse a las exigencias en materia de vibraciones, se considera que uno de los que mejor puede adaptarse al trabajo que nos ocupa es el basado en sistema de bloques embebidos en material elastomérico, aportando además una relativa facilidad de instalación, incluso en las zonas de instalación de aparatos de vía (desvíos y escapes), y el contrastado comportamiento obtenidos en numerosas experiencias tanto a nivel nacional como internacional.

El Sistema de Bloques Embebidos está compuesto por dos unidades de hormigón prefabricado y armado. Por un lado el “taco”, elemento sobre el que se sujeta el carril, y por otro la “bandeja”, dentro e al cual se inserta el taco rodeado de material elastomérico que lo envuelve, proporcionando así las características elásticas del sistema. La continuidad del conjunto taco+bandeja queda resuelta al embeberse sobre la losa de soporte de vía. Las características elásticas del material elastomérico bi-componente son duraderas y diseñadas para aportar al Sistema de Bloques Embebidos una vida útil -libre de mantenimiento de hasta 25 años.

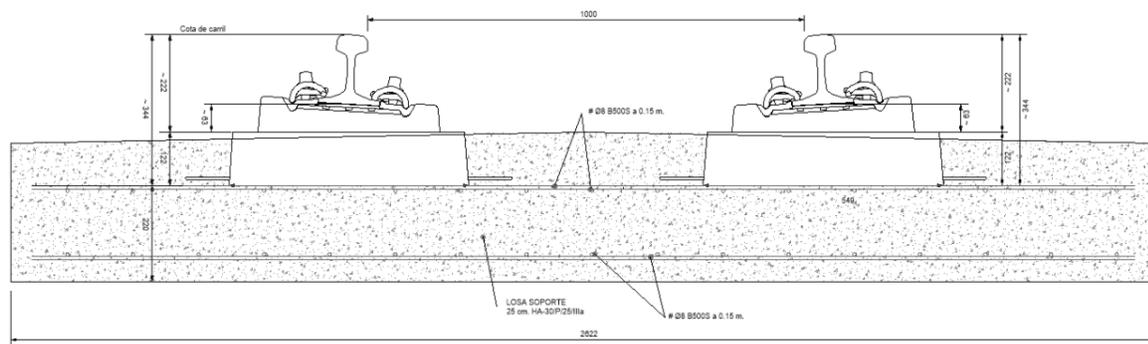
El sistema de vía por lo tanto quedaría conformado por los siguientes elementos:

- Carril UIC 54E1 con inclinación 1:20
- Sujeciones de tipo clip elástico SKL-1
- Vainas plastirail tipo V-2
- Placas acodadas ligeras tipo A2
- Placas de asiento de carril de 7 mm. de espesor
- Bloque elástico compuesto por un conjunto de taco y bandeja adheridos entre sí mediante material elastomérico y hormigonados solidariamente con la losa de soporte del sistema.

Las características del material elástico dispuesto entre el taco y la bandeja condicionan la rigidez del sistema y se diseñan en función de las propiedades de atenuación requerida. Para el caso que nos ocupa se pretende una modificación de la frecuencia propia de vibración del sistema de vía desde la banda de los 50-63 Hz habituales para el caso de sistemas de vía sobre balasto, hasta el entorno de los 16 Hz, para lograr así que las pérdidas por inserción se adecúen a los márgenes disponibles y no se superen los niveles admisibles.

El conjunto integrado por el taco y la bandeja quedan embebidos en una losa de hormigón HA30 que cuenta con un espesor mínimo bajo la cara inferior de la bandeja de 22 cm. Bajo dicha losa se sitúa la capa de relleno de hormigón no estructural (pre-solera) que completa la sección. La cara superior de la losa soporte queda enrasada con la de la parte superior de la bandeja, manteniendo los resguardos adecuados para poder conformar las pendientes transversales necesarias para la evacuación del agua o de eventuales vertidos sobre la vía. En la losa de soporte se dispone una doble parrilla de armado de # Ø8 a 15 cm; la superior para facilitar la colocación y el apoyo y de las bandejas durante la fase de hormigonado de la losa y la inferior para mejorar el reparto de tensiones y el control de fisuración. Se disponen juntas de dilatación transversales a la losa de 20 mm. de espesor y distanciadas un máximo de 50 metros, haciendo coincidir su ubicación con la parte central entre bandejas. Dichas juntas se sellarán con mástick bituminoso o similar para evitar filtraciones indeseadas.

Figura 2 5. Sección tipo de sistema de vía en placa con bloques embebidos



3.4.- APARATOS DE VÍA

Se prevé la instalación de varios aparatos de vía, situados en las cabeceras de las estaciones de Avilés Central e intermodal.

En particular, entre ambas estaciones, se definen 8 desvíos de tipo DSMH-C-UIC54-190-1:10,5-CR-I-TC.

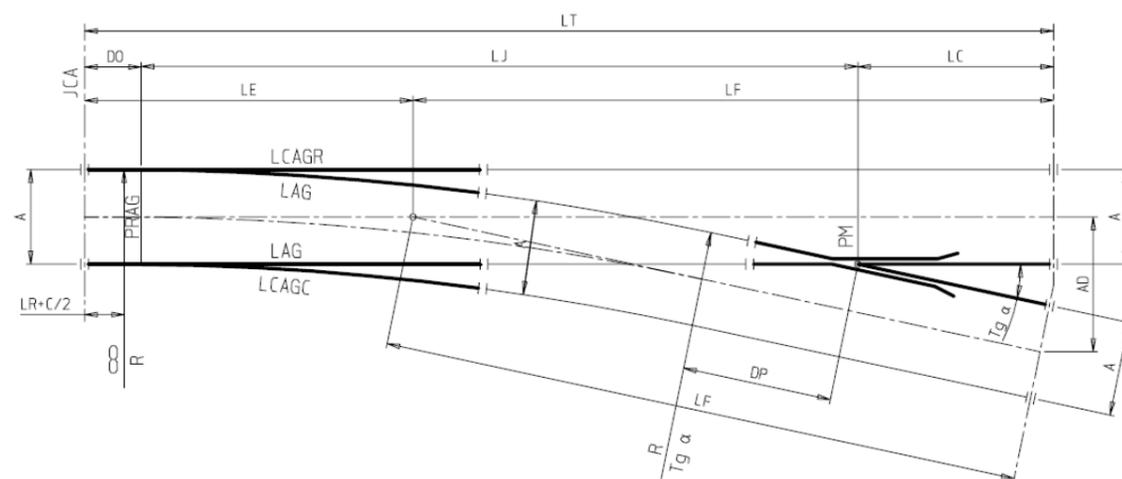
Dado el ámbito urbano por el que discurre el trazado y la ubicación de los aparatos en zonas de soterramiento o de rampas que presentan ciertos condicionantes para el acceso de los equipos de mantenimiento, se propone la instalación de aparatos de vía de nueva tecnología, desarrollados específicamente para la reducción de niveles acústicos así como de durabilidad elevada y bajos requisitos de mantenimiento. De esta manera, se recurre a aparatos de generación “C”, que aportan las siguientes ventajas respecto a los de la generación “B1”:

- Desgaste reducido de las agujas, gracias a su geometría tangente de punta achaflanada.
- Sujeción elástica de las contraguías IBAV.
- Bajo mantenimiento general del aparato, debido a la mayor reserva de material disponible de las agujas por estar construidas con perfil bajo asimétrico, así como por disponer de sujeciones elásticas en todas sus piezas.
- Reducciones de niveles de ruido por optimización del perfil y la geometría de las agujas, con ángulo de ataque prácticamente nulo.

Adicionalmente se incorporan mejoras para la atenuación del desgaste y el incremento de fiabilidad de funcionamiento, tales como:

- Agujas en calidad de acero R350HT
- Corazón de acero al Mn preendurecido

Esquema de desvío tipo DSMH-C-UIC54-190-1:10,5-CR-D/I-TC



Cotas indicadas en mm

Fuente: Catálogo comercial de Talleres JEZ. Sistemas Ferroviarios

3.5.- Características de los materiales de vía

3.5.1.- Balasto

Considerando el Pliego de Prescripciones Técnicas para el suministro y utilización del Balasto de ADIF, PAV 3-4-0.0 7ª Edición. Enero de 2007, el balasto requerido para su incorporación a la presente actuación es el clasificado como de Tipo “3”, al destinarse a una instalación ferroviaria asimilable a una línea de Tipo “C” según la clasificación vigente a la fecha de edición de las PAV 3-4-0.0.

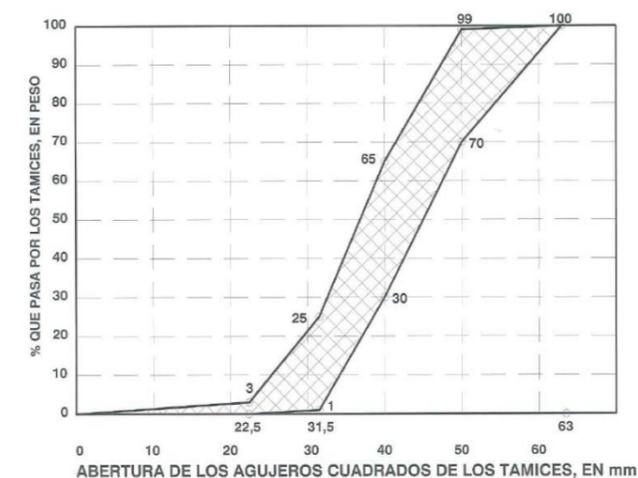
La granulometría de balasto, según norma UNE-EN 13450 y UNE 146147, se ajustará al huso granulométrico siguiente:

Huso Granulométrico del balasto

Curva granulométricas del balasto	
Tamaño de tamiz (mm)	% que pasa (en peso)
63	100
50	70-99
40	30-65
31,5	1-25
22,4	0-3 (para recepción de lotes situados en el centro de producción)
	0-5 (para recepción de lotes situados en obra o acopio intermedio)

Fuente: PAV 3-4-0.0 7ª Edición. Enero 2007.

Huso granulométrico del balasto de categoría A



Además, deberá cumplir los siguientes condicionantes adicionales:

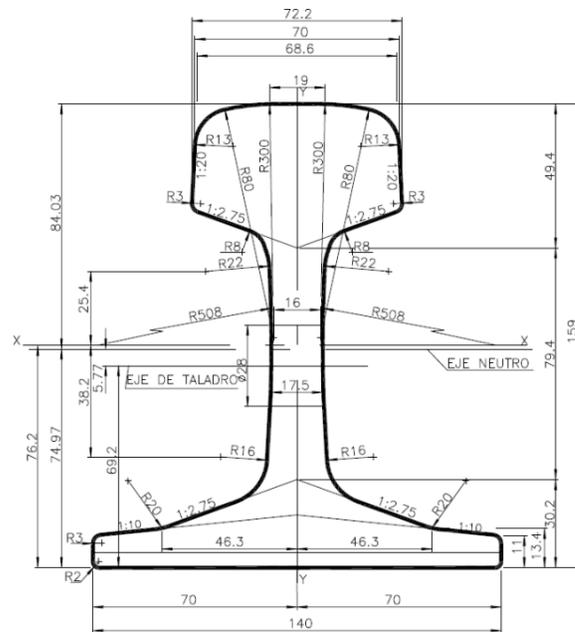
- El porcentaje del peso total que pasa por el tamiz 0,063 mm (polvo), realizado según ensayo UNE-EN-933-1: 1998) será $\leq 0,5\%$ en centro de producción ó bien $\leq 0,7\%$ en obra o acopio intermedio.
- El porcentaje en peso de elementos no cúbicos con respecto al total retenido por el tamiz 22,4 y según ensayo UNE-EN-933-4:200 y UNE 14647, será $\leq 10\%$.
- El coeficiente de desgaste de Los Ángeles (CLA) $\leq 20\%$.

- Resto de requisitos considerados en la PAV 3-4-0.0.

3.5.2.- Carril

Los carriles a emplear serán de nueva fabricación y tipo UIC-54 E1, realizados con acero de dureza normal (dureza Brinell: 260 HBW) y carga mínima de rotura a tracción de 880 MPa.

Carril UIC-54 E1



Fuente: Especificación técnica de ADIF ET 03.360.161.8. 1ª Edición. Mayo 2017

En cualquier caso los carriles serán aptos para la formación de barras largas soldadas (B.L.S). Dependiendo de las posibilidades de ejecución que permita la zona de trabajo y de los procesos constructivos empleados para el montaje de vía, el carril será suministrado en barra larga o en barra corta, previéndose en cualquier caso un correcto acopio y manipulación del mismo.

3.5.3.- Traviesas y Sujeciones

Se emplearán traviesas, placas acodadas y sujeciones conforme a las especificaciones técnicas de ADIF vigentes, en concreto: ET 03.360.571.8. 5ª Edición: Erratum (julio 2015), ET 03.360.578.3. 1ª Edición: Mayo 1998 y ET 03.360.564.3. 1ª Edición: Junio 1981. Los tipos a emplear en la presente actuación se describen en los apartados siguientes.

Se trata de traviesas de hormigón monobloque pretensadas con una longitud total de 1.900 mm, anchura inferior de 260 mm tanto en cabezas como en la parte central, altura de 223 y 175 mm respectivamente en cabeza y parte central, con las tolerancias de fabricación permitidas en las especificaciones técnicas de referencia. Se suministrará dotada con el conjunto de sujeción para carril UIC-54 E1: placas acodadas, placas de asiento, clip elástico, vainas V2 y 22-115 y tornillo indicado en planos.

4.- OTROS ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA

Será necesario además contar con otros elementos, no menos importantes, a disponer en la vía, utilizados en el replanteo, nivelación, kilometraje e indicaciones de la misma.

Estos elementos pasan a describirse a continuación:

4.1.- Piquetes de Vía

El piquete de carril 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.

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, si bien en casos excepcionales debidamente justificados se admitirá la intersección de gálidos límites.

4.2.- 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. Será de aplicación la Norma N.A.V. 5- 0- 1.1 “Señalización Fija relativa al Mantenimiento de Infraestructura y Vía” en todos los aspectos relacionados con la construcción y puesta en obra de estos elementos, encargados del kilometraje y marcaje de la vía y de las indicaciones a los maquinistas de las características geométricas del alzado de la vía en todo momento.

4.3.- Puestas a Tierra

Tiene por objeto proteger a las personas e instalaciones de los efectos derivados de la diferencia de potencial causados por el propio sistema de la tracción eléctrica en condiciones normales y en condiciones anormales (fallos, cortocircuitos, descargas atmosféricas etc.).

En el caso de armaduras de vía en placa, se conectarán entre sí eléctricamente y cada 450 m como máximo deberían dejarse latiguillos para su conexión a la red de tierras general.

5.- MONTAJE DE VÍA

5.1.- MONTAJE DE VÍA EN PLACA

Para el montaje de la vía en placa se acometerán los trabajos de:

- Hormigonado de la losa de fondo o presolera
- Replanteo topográfico
- Transporte y distribución de traviesas y paneles de ferralla dentro del túnel
- Posicionado de traviesas dentro del túnel
- Montaje de carril auxiliar, escuadrado de traviesas, primera alineación y nivelación de la vía
- Hormigonado de la vía, retirada de husillos de alineación y nivelación.

Finalmente, en fases posteriores, se realizará la descarga y montaje del carril en barra larga, las soldaduras y la liberación de tensiones.

5.1.1.- Hormigonado de la Losa de Fondo o Presolera

Para el hormigonado de la losa de fondo se utilizarán camiones hormigonera que accederán a la zona soterrada.

5.1.2.- Replanteo Topográfico

Antes de comenzar los trabajos de montaje de vía es necesario que el replanteo de la misma este suficientemente definido (y comprobado) en planta y en alzado.

Este aspecto es muy importante en este tipo de vía puesto que es básico para evitar errores insubsanables en el montaje. La planimetría se realizará con estación total y la observación altimétrica con un nivel digital.

5.1.3.- Transporte y Distribución de Traviesas

Las traviesas se distribuirán por la traza en el interior del túnel directamente con camiones y retros con útil de descarga. Los paneles de ferralla se distribuyen sobre la solera mediante camiones plataformas y camiones grúa

5.1.4.- Posicionamiento de Traviesas dentro del Túnel

Una vez descargadas las traviesas en paquetes y colocados los paneles de ferralla en la solera, y previa autorización de la Dirección de Obra, se sitúan mediante retro con una separación de 0,60 m a lo largo de la traza en su posición definitiva, con una tolerancia de ± 10 mm.

5.1.5.- Montaje de Carril Auxiliar, Escuadrado de Traviesas,

Para montar la vía se empleará carril auxiliar de segundo uso en barras de 18 m del tipo 60E1.

El carril auxiliar se irá colocando por tramos de 54 m de manera que una vez pasados dos días desde el hormigonado se puede levantar y trasladar.

Con el carril sobre las traviesas, se escuadran las mismas y se comienza con la colocación de los husillos para la primera alineación y nivelación de la vía (Denominada premontaje fino de la vía).

Seguidamente se apeará la vía contra esfuerzos horizontales y verticales.

Esfuerzos horizontales, mediante un sistema de acodamiento. Este sistema consiste en una barra de acero anclada al hastial del túnel por uno de sus extremos y sujeta al carril por el otro, de tal forma que impide el movimiento lateral de la vía en cualquier sentido, garantizando el correcto posicionamiento de esta al paso de las circulaciones (tren carrilero, trenes de trabajo...). La barra de acero se encuentra reforzada en su centro mediante una pieza con dos agujeros excéntricos que permiten girarla sobre su eje. Por ambos extremos de la barra salen barrillas roscadas que permiten regular su longitud.

En el lado que se sujeta al hastial del túnel se coloca una chapa de acero con cuatro agujeros para la colocación de las fijaciones Hilti con que se ancla.

En las fijaciones al hastial del túnel se utilizarán tacos de teflón, que aislarán eléctricamente los anclajes, evitando de esta manera que se pueda dar señal de ocupación de vía.

En el otro extremo, el que va sujeto al carril, la barra de anclaje dispone de una pieza con la forma del patín, por lo que el carril queda sujeto desde abajo. Esfuerzos verticales, mediante bloques de hormigón en masa. Los bloques permiten absorber los esfuerzos horizontales producidos por el paso de las circulaciones (tren carrilero, trenes de trabajo...).

Ambos apeos requieren gran precisión en su montaje.

Para afinar la cota de vía y su alineación se utilizan cuñas de madera.

- Alineación y nivelación vía definitiva

Este es un paso crítico en el conjunto de actividades necesarias para conseguir un posicionamiento y una nivelación perfecta de la vía.

Se pueden emplear dos métodos para alinear y nivelar el conjunto Rheda 2000:

- Nivelación mediante pernos de soporte. (Niveladores de vía clásico).
- Nivelación mediante husillos y gatos de alineación.

A continuación, se describen los dos métodos.

5.1.5.1.- *Nivelación Mediante Pernos de Soporte.*

Los pernos de soporte suponen una solución muy compacta para la alineación y nivelación de vía en placa. La vía se soporta mediante estos pernos, que se apoyan en la subbase hidráulica previamente ejecutada y endurecida. Los pernos disponen de unas abrazaderas que sujetan el carril por el patín, permitiendo a su vez su ajuste vertical y horizontal.

Los pernos se colocan por parejas cada tres traviesas a 1.80 m en el espacio que hay entre ellas. La alineación transversal de la vía se consigue ajustando los tornillos horizontales de la abrazadera, mientras que la nivelación se ajusta mediante el propio perno vertical.

5.1.5.2.- Nivelación Mediante Husillos y Gatos de Alineación.

La alineación y nivelación se realizará mediante husillos y gatos de alineación, mediante un sistema integrado en el diseño de la traviesa. Los husillos están pensados para apoyarse en las esperas que salen de los dados de la traviesa bloque, y los gatos de alineación, están diseñados para apoyarse sobre la cara interior de los dados. Los gatos y husillos se colocan cada tres traviesas (1.80 m). Por tanto, la regulación, tanto en alineación como en nivelación, se realiza cada 1,80 m.

Los husillos de nivelación se apoyan sobre unas chapas soldadas en las esperas que salen de cada uno de los bloques de la traviesa. Estos husillos se untan con grasa para facilitar el roscado y su extracción de la losa de hormigón. Los gatos de alineación ejercen fuerza sobre los dos bloques de la traviesa y se apoyan en unos tubos de acero insertados en el hormigón mediante un taladro, y fijados con mortero de alta resistencia.

Hay una primera fase de alineación y nivelación (en este orden) somera, en la que la vía se queda levantada y en posición para proceder a un ajuste fino.

Después se hace un ajuste fino en nivelación y alineación, mediante los husillos y gatos de alineación. En este punto, la asistencia técnica realiza sus comprobaciones.

A continuación, se sueldan unas chapas con una forma de "U" al tubo que soporta el gato de alineación y se retira éste. De esta manera, se fija la parrilla de vía para hacer frente a movimientos de carril que se puedan producir antes de que el hormigón haya desarrollado la resistencia necesaria para ello. La principal función de estas piezas metálicas es coartar los movimientos transversales ('pandeo').

5.1.6.- Hormigonado de la Vía, retirada de Husillos de Alineación y Nivelación

Comprobada topográficamente la vía y antes de iniciar los trabajos de hormigonado, se realizará una limpieza de la zona a hormigonar mediante soplado y riego.

En el momento de realizar el hormigonado el carril y las sujeciones estarán protegidas.

El vertido se realizará mediante camión hormigonera, de forma continua, bajo y entre las traviesas de hormigón (sostenidas por husillos), llenando los cajones entre traviesas con el fin de integrarlas de forma permanente en la losa armada.

Se terminará con el vibrado exhaustivo del hormigón fresco.

Mientras el hormigón esté aún fresco, el equipo de topografía comprueba la nivelación y alineación de forma que la vía se encuentra dentro de tolerancia, de acuerdo con las normas de ADIF. Si no fuese así se efectuarán las correcciones oportunas.

Aproximadamente 36 h después del hormigonado se retiran los husillos de alineación y nivelación y se trasladarán los elementos de montaje al siguiente tajo.

Como ya se ha comentado, en fases posteriores se realizará la descarga y montaje del carril en barra larga, las soldaduras y la homogeneización de tensiones.

5.2.- MONTAJE DE VÍA SOBRE BALASTO

Para el montaje de la vía en sobre balasto se acometerán los trabajos de:

- Replanteo y piqueteado de vía
- Carga de traviesa en acopio, transporte y descarga en los laterales de la plataforma
- Extendido de lecho de balasto
- Posicionado de traviesas sobre el lecho de balasto

En fases posteriores se realizará la descarga y montaje del carril en barra larga, las soldaduras, Primera y Segunda nivelación y perfilado de vía y Primera y Segunda estabilización dinámica, liberación de tensiones y amolado de vía.

El montaje de vía sobre balasto comprende las siguientes actividades:

5.2.1.- Replanteo y Piqueteado de Vía

Esta actividad recoge tanto el replanteo como el piqueteado de la vía y la colocación de los hitos de replanteo. Las operaciones de replanteo y piqueteado, consisten en el establecimiento de los puntos de marcaje y colocación de piquetes a ambos lados de la plataforma.

Sobre los piquetes se marca normalmente la distancia del piquete al carril más próximo (activo) de la vía, así como la cota que debe de tener el carril, y el p.k. del piquete. La colocación de hitos de replanteo tiene como objetivo el establecimiento de una segunda red de referencia, partiendo de la Red Básica de Vértices del organismo encargado de la explotación de la vía.

Se realizan las siguientes etapas de replanteo durante la ejecución de la vía:

- Replanteo de la capa de balasto (extensión y aproximación en cota).
- Replanteo de la vía, tanto para el montaje de vía como para los sucesivos levantes (por medio de los piquetes anteriormente mencionados).

5.2.2.- Carga de Traviesa en Acopio, Transporte y Descarga

Las traviesas acopiadas por ADIF en la zona de acopio de materiales se cargarán en camiones y se transportarán a tajo donde se descargan en los laterales de la traza.

5.2.3.- Extendido de Lecho de Balasto

Una vez avanzado el replanteo y piqueteado de la vía y acopiadas las traviesas en la traza, el balasto correspondiente al lecho, se transporta en camiones desde acopio y se coloca con la extendedora o motoniveladora según indique la Dirección de Obra.

Tanto en curva como en recta el balasto se extenderá en una capa uniforme horizontal, con 100 mm de espesor sobre la limatesa del subbalasto en vía doble y triple.

La extendedora puede colocar de una pasada todo el ancho de la capa de balasto. La superficie de la capa de balasto se compactará uniformemente.

Para evitar daños en las traviesas hay que rebajar el balasto en la zona central (5 cm de profundidad y 70 de anchura) de las mismas, para que éstas apoyen solamente en la zona de los carriles, para ello se le acopla a una retroexcavadora de orugas un arado que rebaja el balasto antes de iniciar la descarga de traviesas.

5.2.4.- Posicionamiento de Traviesas sobre el Lecho de Balasto

El posicionamiento de traviesas se realiza una vez avanzado el lecho de balasto. La colocación de las traviesas en su posición definitiva sobre el lecho de balasto se realiza mediante una retroexcavadora sobre orugas equipada con útil de descarga. Esta retroexcavadora podrá mover 12 unidades cada vez, cogiendo las traviesas del acopio situado a lo largo de la plataforma y posicionándolas en su lugar definitivo: primero deja las unidades impares, se desplaza hacia atrás 4 m y suelta las pares. Repite el ciclo hasta concluir la colocación de traviesas, quedando todas colocadas a 60 cm. y bien alineado el lateral de las mismas. La retroexcavadora o grúa a utilizar será de cadenas con un ancho de "teja" suficiente para no deteriorar la capa de balasto.

5.3.- DESCARGA Y MONTAJE DE BARRAS LARGAS

Una actuación antes de llevar a cargo la descarga de las barras largas es colocar en las traviesas unos rodillos a una distancia de 15 m para carril UIC 60. Se colocarán en la misma vertical sobre la que caerá el carril en su posición definitiva. Los rodillos tienen como función guiar el carril mientras se descarga y evitar la erosión que supondría el arrastrar el mismo sobre las traviesas. Se colocarán en cada jornada, los rodillos suficientes para no frenar el ritmo establecido para la descarga de carril. La operación de posicionamiento de rodillos se realiza con la ayuda de una

retroexcavadora giratoria de cadenas. Los rodillos, cuyo peso aproximado es de 70 kg, se cargan en un remolque que se engancha en la retro. Colocados los rodillos y conectadas las vías, el tren carrilero avanzará hasta el borde de la vía auxiliar montada, permaneciendo estático durante la descarga

El pórtico, que está situado en la plataforma, tira de las barras hasta depositarlas sobre los rodillos colocados previamente. Para esta primera descarga de carril, el tren carrilero transporta barras de 270 m de longitud.

Como el carril no se taladra bajo ningún concepto, para dar continuidad a la descarga de barras de 270 m, éstas se unen una con otra mediante bridas de embridado rápido. Los carriles se descargarán en su lugar de empleo, teniendo en cuenta el lado activo, definido al efectuar las soldaduras en taller.

Seguidamente se realizará el clavado de carril a traviesas y escuadrado de estas.