

ANEJO N° 16:

SUPERESTRUCTURA DE VÍA Y ELECTRIFICACIÓN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	2
3. SUPERESTRUCTURA	4
3.1 BALASTO	4
3.2 CARRIL 54-900-A	5
3.3 TRAVIESAS Y SUJECIONES	5
3.4 APARATOS DE VÍA	8
4. SECCIÓN TIPO	10
4.1 VÍA SOBRE BALASTO	10
4.2 VÍA EN PLACA	12
4.3 VÍA DE MERCANCIAS SOBRE BALASTO	13
5. ELECTRIFICACIÓN DE VÍA	16

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es la justificación de las características de los componentes de la superestructura de la vía ferroviaria, que deberán disponerse con motivo de las obras asociadas a la redacción del PROYECTO CONSTRUCTIVO DEL METRO DE DONOSTIALDEA. TRAMO ALTZA – GALTZARABORDA.

La infraestructura de vía está constituida por aquellas partes de la vía férrea que forman el cimiento de la línea. Dependiendo de la tipología de la vía, vía en placa o vía sobre balasto, se puede decir que la capa de forma, material drenante y sub-balasto; u hormigón armado (para el caso de la vía en placa), son los materiales que forman la infraestructura ferroviaria.

La superestructura de vía está constituida por los carriles, traviesas sobre las que se apoyan los carriles, a las que hay que añadir el pequeño material de vía (placas de asiento, bridas, soldaduras, sujeciones, etc.) y una superficie donde asentar, ya sea vía en placa o banqueta de balasto.

Se consideran como componentes de la superestructura de vía de una línea de ferrocarril los siguientes elementos, situados encima de la plataforma:

- Balasto (o vía en placa)
- Traviesas
- Sujeciones
- Carriles
- Aparatos de vía

Las diferentes especificaciones acerca de los materiales, ensayos, etc., quedan recogidas en los correspondientes artículos del Documento Nº 3 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En el presente proyecto del tramo Altza – Galtzaraborda perteneciente al Metro de Donostialdea se han diseñado dos tipos de plataformas ferroviarias diferentes con ancho métrico, una vía en placa para la zona de túnel en mina y estaciones y otra sobre balasto para la zona a cielo abierto. Así mismo se ha considerado una sección de tratamiento especial, la zona de transición entre las dos secciones ferroviarias diseñadas.

A continuación se describe brevemente cada una de ellas:

El tramo Altza – Galtzaraborda se ha diseñado principalmente con una típica vía en placa “tipo metro doble vía stedef” modificando la sujeción de manera que se sustituye la placa nabla por un clip. Este tipo de plataforma se dispone en el tramo que discurre soterrado desde la conexión con el tramo anterior (Herrera – Altza) hasta las inmediaciones de la estación actual de Galtzaraborda donde el túnel en mina emerge a la superficie.

Se trata de 1880 m de vía doble en placa con un entreeje de 3,10 m a 3,50 m en función del radio de curvatura.

El tramo se inicia en túnel en mina hasta llegar trascurridos 933,20 m a las pantallas de hidrofresa del “cut and cover” de la estación de Pasaia. La estación se ha diseñado con andenes laterales por lo que la disposición de la vía no cambia guardando el mismo entreeje.

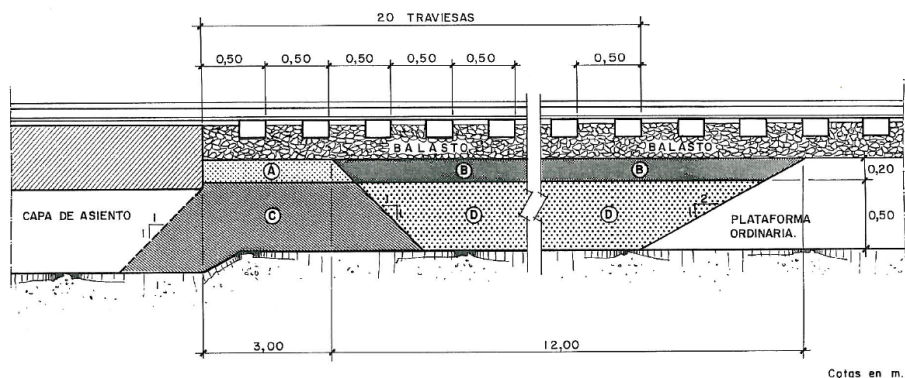
Esta sección de falso túnel se diseña asimismo con vía en placa.

Una vez superada la sección de falso túnel 349,6 m (que engloba la estación de Pasaia y el cruce de la regata Molinao) se prosigue en túnel en mina 724 m con la misma disposición hasta salir a cielo abierto.

Desde este punto hasta la conexión con el trazado existente (235 m a cielo abierto) se diseña una plataforma sobre balasto.

Justo antes de la entrada/salida del túnel en mina y por la diferencia de rigideces que se presentan se diseña una transición Vía en Placa – vía Balasto.

La transición proyectada es esta que a continuación se adjunta:



- A : SUB-BALASTO TRATADO CON CEMENTO (3%), COMPACTADO AL 103% DEL OPN Y CON $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$
- B : SUB-BALASTO COMPACTADO AL 103% DEL OPN Y CON $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$
- C : GRAVA ARENOSA BIEN GRADUADA ($C_u > 6$), TRATADA CON CEMENTO (3%), COMPACTADA AL 100% DEL OPN. $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$
- D : GRAVA ARENOSA BIEN GRADUADA ($C_u > 6$), COMPACTADA AL 100% DEL OPN $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$
 $C_u = d(60) / d(10)$

La configuración de las transiciones entre vía sin balasto y con balasto requiere un estudio especial por la diferencia de rigideces entre una plataforma ferroviaria y otra.

Esta zona de transición abarcará una longitud mínima de $0,4 V$ (en metros), siendo V la velocidad del tramo en km/h. En este caso la longitud de transición se ha estimado en 15 m (35 km/h).

En esta zona no deberán efectuarse cruces transversales a la vía para conducciones.

La transición se puede realizar de varias formas. En este caso se ha realizado prolongando la subbase de hormigón y reduciendo la distancia entre traviesas monobloque en la zona sobre balasto.

Asimismo, las caras laterales de la última traviesa hormigonada y de la primera traviesa sobre balasto deberán estar a 150 y 200 mm respectivamente del final de la placa de hormigón.

3. SUPERESTRUCTURA

En este punto se describen algunos de los componentes que se consideran a la hora de diseñar la plataforma ferroviaria objeto de este Proyecto de Construcción:

- Balasto
- Carril 54-900-A.
- Traviesas bi-bloque con sujeciones elásticas.
- Traviesas monobloque con sujeciones elásticas.
- Aparatos de vía.

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.

3.1 BALASTO

Como se ha mencionado anteriormente, el dimensionado de la banqueta de balasto y su espesor teórico se realizará de acuerdo a la normativa vigente:

- N.R.V. 2-1-0.0. Obras de tierra.- Calidad de la plataforma.
- N.R.V. 2-1-0.1. Obras de tierra.- Capas de asiento ferroviarias.
- N.R.V. 2-1-0.2. Obras de tierra.- Características de las capas de asiento ferroviarias.
- N.R.V. 3-4-0.0. Balasto.- Características determinativas de la calidad.
- N.R.V. 3-4-1.0. Balasto.- Dimensionado de la banqueta.
- UIC 712-2R. Asiento de vía sobre balasto en estructuras de hormigón armado.
- UIC 719-R. Obras de tierra y capas de asiento ferroviarias.

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.

La relación de parámetros que debe cumplir el balasto viene establecida en la ORDEN FOM/1269/2006, de 17 de abril, por la que se aprueban los Capítulos: 6.–Balasto y 7.–Subbalasto del pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF) adaptada a la norma UNE-EN 13450 y a la norma UNE 146147.

Será BALASTO tipo 2. El espesor de balasto bajo traviesa será de 30cm como mínimo.

3.2 CARRIL 54-900-A

El carril utilizado es del tipo 54-900-A en vías generales y de apartado. Una vez en vía se conforman las barras largas soldadas definitivas mediante soldadura aluminotérmica.

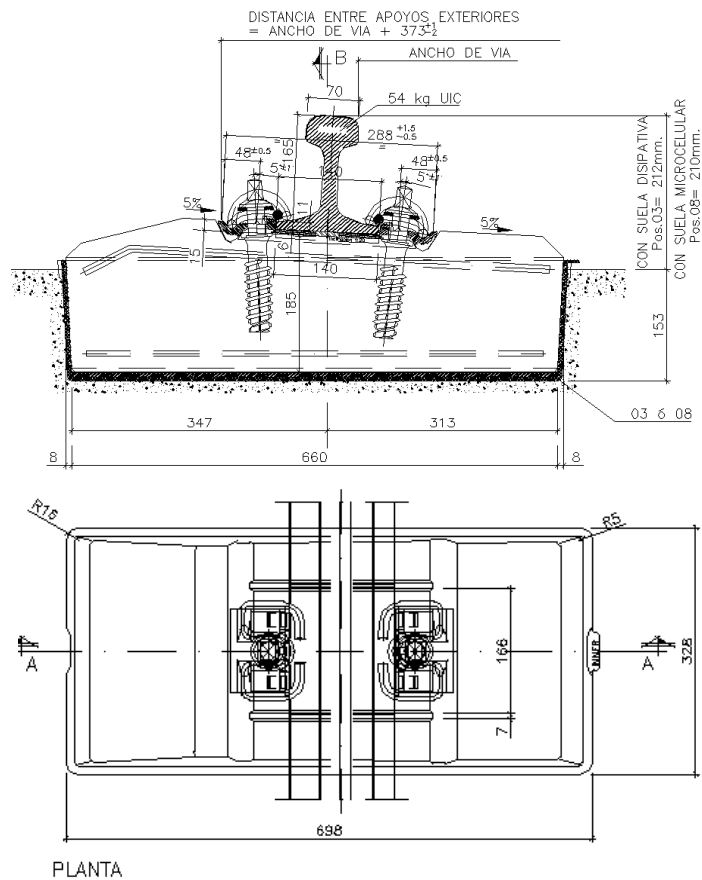
Sus características son las siguientes, referidas a la Norma Europea CEN/TC256/WG4 “Flat Bottom symmetrical railway rails 46 kg/m and above” (Carriles simétricos de base plana de 46 kg/m y superiores) de Marzo de 1998:

- 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 mínima: 260 HBN
- 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

3.3 TRAVIESAS Y SUJECIONES

Las traviesas serán del tipo bi-bloque (para vía en placa sistema Stedef), protegidas por una cazoleta elástica de caucho, y reposando sobre una suela microcelular elástica atenuadora de vibraciones. El conjunto del elastómero y la placa principal realizan las funciones del balasto en las vías tipo metro. Estos bloques presentan una forma más o menos rectangular.



La traviesa a instalar en las vías sobre balasto será del tipo monobloque de hormigón pretensado con armaduras pretesas o postesas, con 4 casquillos o vainas de anclaje Plastirail que se colocan en los moldes antes del hormigonado de la traviesa en cualquiera de las modalidades de fabricación para que queden embutidos en la misma.

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.

Entre dos ejes de traviesas contiguas la separación es de 0,6 m.

Por unidad de traviesa, los componentes del sistema de sujeción son los siguientes, además de las 4 espigas o vainas de anclaje de poliamida 6.6 con 30% de fibra de vidrio indicadas anteriormente:

- 2 placas de asiento bajo carril de 7 mm de espesor de material termoplástico.
- 4 clips elásticos SKL-1 de acero.
- 4 tirafondos Plastirail 2 – 115, tipo 5, de acero.

- 4 placas acodadas ligeras A2 de poliamida 6.6 reforzada con un 35% de fibra de vidrio.

El tipo de fijación adoptada entre carril y traviesa para el presente proyecto (vía en placa y sobre balasto) es la **sujeción elástica H.M.** Esta sujeción se fabrica para ser colocada en traviesas de hormigón tanto para carril UIC-54, como para UIC-60.

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.
- El aislamiento y facilidades de apoyo que proporciona la placa de asiento del carril y la plantilla aislante de la placa acodada guía.
- 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 H.M. está compuesta de los elementos que se relacionan a continuación:

- Tirafondos nº 9 galvanizado con arandela.
- Clips elásticos SKL-1.
- Placas acodadas internas de 54 kg.
- Placas acodadas externas de 54 kg.
- Placas de asiento para carril de 54 kg.
- Plantillas aislantes.
- Suplementos soporte carril.
- Espigas roscadas de alojamiento de tirafondo.

En lo que se refiere al montaje de la propia sujeción y su montaje en vía, se deberá seguir la norma N.R.V. 3-2-2.0 "Sujeciones de carriles.-Sujeción elástica H.M.", destacando las siguientes precauciones:

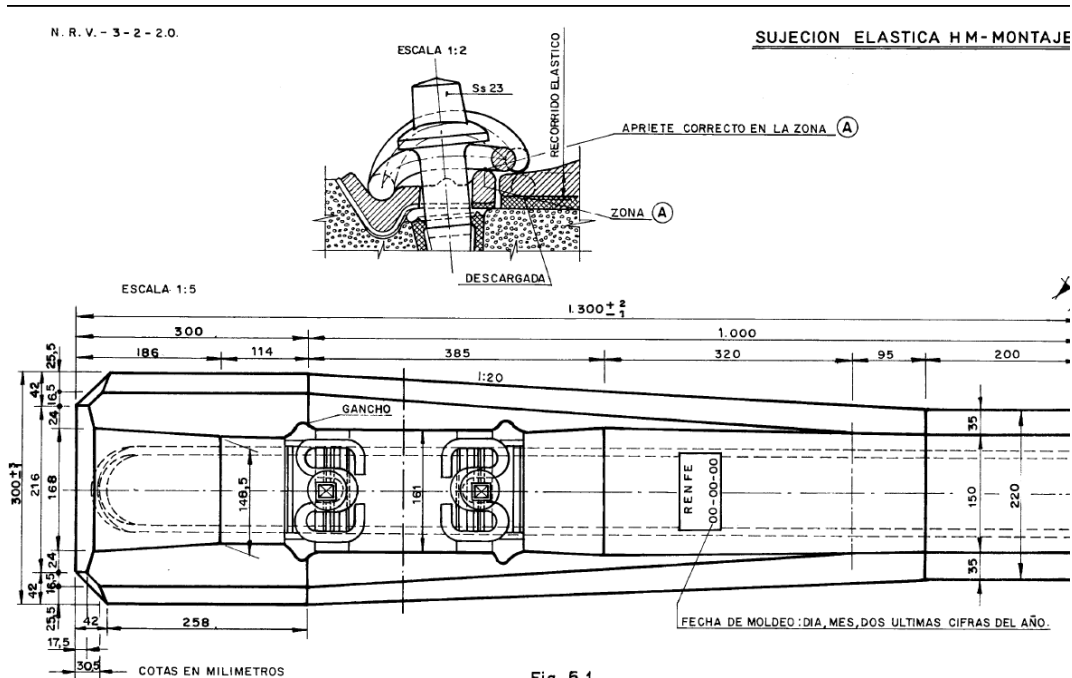


Fig. 5.1.

- El conjunto de la sujeción no debe desmontarse en la obra.
- La parte central de la traviesa no debe apoyar sobre el balasto si no apoya, simultáneamente, en las zonas de carriles. Si la traviesa descansara sobre la explanación directamente, deben disponerse unos cordones de balasto de 0,10 metros de altura bajo la zona de apoyo de los carriles.
- Se evitará que los carriles golpeen o apoyen sobre los tirafondos para no dañarlos.
- Las placas elásticas de apoyo se colocarán correctamente antes de situar el carril suprimiendo cualquier rectificación posterior, a ser posible.
- Los tirafondos no se extraerán nunca de su espiga de alojamiento.
- El apretado del tirafondo, una vez girada la grapa elástica se realizará hasta que quede anulado el juego entre la citada grapa y la placa acodada. En esta posición, la presión de la grapa elástica, sobre el patín, es correcta.
- Las caras superiores de las traviesas deben quedar vistas, sin cubrir por el balasto.

3.4 APARATOS DE VÍA

En este tramo hay un aparato de vía, de tipo DSM-B1-UIC54-190/127-0,110-DR-D, que permite conectar la vía principal y la vía de mercancías existente. Tiene la peculiaridad de que la vía principal entra por la desviada del aparato de vía.

JCA	MATRÍCULA	VÍA PRINCIPAL	VÍA DESVIADA
1	DSM-B1-UIC54-190/127-0.110-CR-D	39	1

JCA 1. PUNTOS SOBRE LA VÍA PRINCIPAL								
JUNTA DE CONTRAAGUJA			CENTRO MATEMÁTICO			TALÓN VÍA PRINCIPAL		
X	Y	PK VÍA PRINCIPAL	X	Y	PK VÍA PRINCIPAL	X	Y	PK VÍA PRINCIPAL
588696,441	4796293,493	0+132,783	588688,890	4796293,820	0+125,225	588675,225	4796294,412	0+111,547

JCA 1. PUNTOS SOBRE LA VÍA DESVIADA		
TALÓN VÍA DESVIADA		
X	Y	PK VÍA DESVIADA
588675,334	4796295,647	2+982,403

JCA 1. PIQUETES DE VÍA LIBRE					
X	Y	PK VÍA PRINCIPAL	DISTANCIA	PK VÍA DESVIADA	DISTANCIA
588653,548	4796297,014	0+089,836	1,853	2+960,705	1,853

4. SECCIÓN TIPO

4.1 VÍA SOBRE BALASTO

Este tipo de vía se dispone en los tramos a cielo abierto del Metro de Donostialdea en el tramo Altza – Galtzaraborda.

La **Unión Internacional de Ferrocarriles U.I.C.** (719-R), propone la siguiente clasificación para establecer, por un lado, la calidad de la plataforma sobre la cual se apoyarán las capas ferroviarias y por otro la composición de la citada plataforma y la calidad del material aportado en la ejecución del mismo.

Table 6 : Determination of the bearing capacity of the subgrade

Embankment or excavation surface		Class of bearing required for the subgrade	Requirements of prepared subgrade		
Quality class of the soil	CBR ^a (min)		Quality class	CBR ^b (min)	Min. thickness: "e _f " (m) (see Fig. 15 - page 37)
QS1	2 ^c -3	P1	QS1	2 ^c -3	-
		P2	QS2	5	0,50
		P2	QS3	10-17 ^c	0,35
		P3	QS3	10-17 ^c	0,50
QS2	5	P2	QS2	5	-
		P3	QS3	10-17 ^c	0,35
QS3	10-17 ^c	P3	QS3	10-17 ^c	-

a. CBR corresponding to the "in situ" conditions of the material (the samples must be saturated during the test)

b. CBR corresponding to a remoulded sample compacted to the design conditions of the material (the samples must be saturated during the test).

c. Proposed values according ERRR Report D117/RP 28 (1983).

A continuación se adjunta un resumen del estudio geotécnico:

De los perfiles longitudinales y transversales realizados en la zona a cielo abierto, observamos lo siguiente:

1-Entre los pk 2+880 -3+115 eje 1, unos 235 m de longitud (perfil longitudinal) el eje 1 se apoyará sobre roca sana (margas con pasadas areniscosas de grado III II), lo que implicaría al menos una plataforma QS2 incluso QS3.

De acuerdo al estudio geotécnico del proyecto, la vía discurre sobre terrenos calificados como QS-2/ QS-3. La plataforma requerida para vía general es P3, por lo que de acuerdo a los criterios de la UIC-719-R, el espesor mínimo necesario de capa de forma es de 0,35m y un material de calidad QS3.

El cálculo del espesor de balasto y subbalasto se realizará según la siguiente expresión:

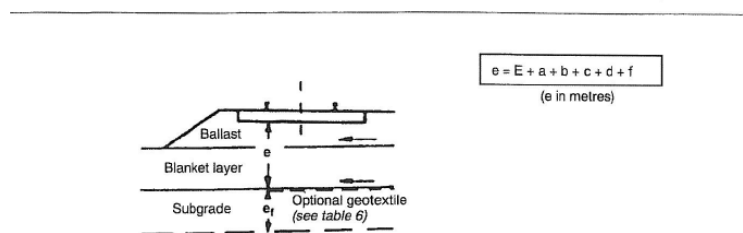


Fig. 15 - Calculation of minimum thickness (e) of track bed

E	= 0,70 m	for soils of bearing capacity class P1 ^a
E	= 0,55 m	for soils of bearing capacity class P2 ^a
E	= 0,45 m	for soils of bearing capacity class P3 ^a
a	= 0	for UIC groups 1-4 ^b
a	= - 0,10 m	for UIC groups 5 and 6 ^b
b	= 0	for wooden sleepers of length 2,60 m
b	= $\frac{2,50 - L}{2}$	for concrete sleepers of length L (b in m, L in m; b possibly negative if L > 2,50 m)
c	= 0	for usual dimensions
c	= - 0,10 m	special case for difficult working conditions on existing lines
d	= 0	when the nominal maximum axleload of hauled vehicles does not exceed 200 kN (see UIC Leaflet 700)
d	= + 0,05 m	when the nominal maximum axleload of hauled vehicles does not exceed 225 kN (see UIC Leaflet 700)
d	= + 0,12 m	when the nominal maximum axleload of hauled vehicles does not exceed 250 kN (see UIC Leaflets 700 and 724)
f	= +	the track bed should include a geotextile if the prepared subgrade is formed from soils of quality class QS1 or QS2 ^c
f	= 0	(no geotextile is required) if the prepared subgrade is formed from soils of quality class QS3 ^d

Los valores a introducir serán los siguientes:

- La plataforma resultante es P3, por tanto, E=0,45 m.
- La plataforma P3 es requerida para grupos de tráfico 1 y 2, por tanto, a=0 m.
- La traviesa para vía en balasto tiene una longitud de 2,60 m. El valor de b=-0,05 m.
- El valor para c=0 m, por ser una línea de nueva ejecución y no presentar condiciones especiales de trabajo.
- La carga máxima por eje para las locomotoras que puedan circular por la vía no excederá de 250 kN). El valor de d=0,12 m.
- La capa de forma se forma con calidad de suelo QS3, por ello no será necesario geotextil entre capa de forma y subbalasto.

El valor de $e=0,52$ m; estableciendo el espesor mínimo de balasto como 0,30m, el espesor mínimo de subbalasto (por la diferencia de los dos valores) será de 0,22m.

La superestructura se completa con los siguientes materiales, espesores y calidades:

- 0,30 m de espesor de balasto bajo traviesa de naturaleza silícea tipo 2.
- Hombro de balasto: 0,75 m
- Pendiente de la banqueta de balasto: 5H / 4V
- Traviesas de hormigón monobloc FHMV54 cada 60 centímetros.
- Carril UIC-54-900-A grado R260, montado en barras elementales de 18 metros
- Fijación elástica con clip, tipo SKL – 1.

4.2 VÍA EN PLACA

Este tipo de vía se dispone en los tramos de falso túnel y túnel en mina del Metro de Donostialdea en el tramo Altza – Galtzaraborda.

La sección tipo de la superestructura en estos tramos es la siguiente:

- Losa de hormigón : (MB-8-NV-1-001)
- Traviesas bloque separadas según el radio de curvatura: (MB-8-NV-1-001)

RADIO (m)	SEPARACIÓN ENTRE TRAVIESAS (m)
100-150	0,70
150-250	0,80
250-400	0,90
> 400	1,00

- Carril UIC-54-900-A grado R260, montado en barras elementales de 18 metros
- Fijación elástica con clip, SKL – 1

4.3 VÍA DE MERCANCIAS SOBRE BALASTO

La vía de mercancías existente en la zona de Galtzaraborda se verá afectada por las obras, por lo que se ha previsto su desvío provisional y su reposición final, en la que se conectará con la vía principal.

La reposición de esta vía de mercancías se plantea con un trazado similar en planta al actual, y se estima que el material de apoyo de la capa de forma estará constituido por los rellenos sobre los que se asienta la plataforma existente. Se considera que dichos rellenos serán de calidad QS1, por lo que de acuerdo con lo recogido en la tabla siguiente, para una plataforma P3 se requiere un espesor de la capa de forma $e_f = 0,50$ m.

Table 6 : Determination of the bearing capacity of the subgrade

Embankment or excavation surface		Class of bearing required for the subgrade	Requirements of prepared subgrade		
Quality class of the soil	CBR ^a (min)		Quality class	CBR ^b (min)	Min. thickness: "e _f " (m) (see Fig. 15 - page 37)
QS1	2 ^c -3	P1	QS1	2 ^c -3	-
		P2	QS2	5	0,50
		P2	QS3	10-17 ^c	0,35
		P3	QS3	10-17 ^c	0,50
QS2	5	P2	QS2	5	-
		P3	QS3	10-17 ^c	0,35
QS3	10-17 ^c	P3	QS3	10-17 ^c	-

a. CBR corresponding to the "in situ" conditions of the material (the samples must be saturated during the test)

b. CBR corresponding to a remoulded sample compacted to the design conditions of the material (the samples must be saturated during the test).

c. Proposed values according ERRI Report D117/RP 28 (1983).

El cálculo del espesor de balasto y subbalasto se realizará siguiendo el mismo procedimiento de la UIC que para la vía principal sobre balasto, recogido en el apartado 4.1. Así, el espesor de balasto y subbalasto se obtiene de la expresión recogida en la siguiente imagen:

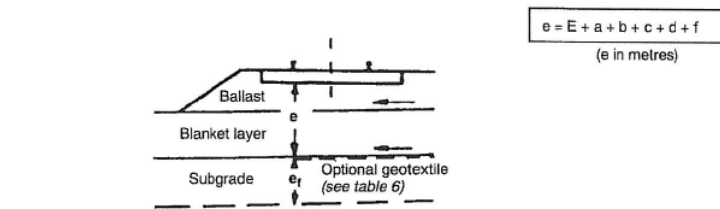


Fig. 15 - Calculation of minimum thickness (e) of track bed

E	= 0,70 m	for soils of bearing capacity class P1 ^a
E	= 0,55 m	for soils of bearing capacity class P2 ^a
E	= 0,45 m	for soils of bearing capacity class P3 ^a
a	= 0	for UIC groups 1-4 ^b
a	= - 0,10 m	for UIC groups 5 and 6 ^b
b	= 0	for wooden sleepers of length 2,60 m
b	= $\frac{2,50 - L}{2}$	for concrete sleepers of length L (b in m, L in m; b possibly negative if L > 2,50 m)
c	= 0	for usual dimensions
c	= - 0,10 m	special case for difficult working conditions on existing lines
d	= 0	when the nominal maximum axleload of hauled vehicles does not exceed 200 kN (see UIC Leaflet 700)
d	= + 0,05 m	when the nominal maximum axleload of hauled vehicles does not exceed 225 kN (see UIC Leaflet 700)
d	= + 0,12 m	when the nominal maximum axleload of hauled vehicles does not exceed 250 kN (see UIC Leaflets 700 and 724)
f	= +	the track bed should include a geotextile if the prepared subgrade is formed from soils of quality class QS1 or QS2 ^c
f	= 0	(no geotextile is required) if the prepared subgrade is formed from soils of quality class QS3 ^d

Los valores a introducir serán los siguientes:

- La plataforma resultante es P3, por tanto, E=0,45 m.
- La plataforma P3 es requerida para grupos de tráfico 1 y 2, por tanto, a=0 m.
- La traviesa para vía en balasto tiene una longitud de 2,60 m. El valor de b=-0,05 m.
- El valor para c=0 m, por ser una línea de nueva ejecución y no presentar condiciones especiales de trabajo.
- La carga máxima por eje para las locomotoras que puedan circular por la vía no excederá de 250 kN). El valor de d=0,12 m.
- La capa de forma se forma con calidad de suelo QS3, por ello no será necesario geotextil entre capa de forma y subbalasto.

Resulta por tanto un valor de e=0,52 m. Estableciendo el espesor mínimo de balasto en 0,30 m, el espesor mínimo de subbalasto (por la diferencia de los dos valores) será de 0,22 m.

La superestructura se completa con los siguientes materiales, espesores y calidades:

- 0,30 m de espesor de balasto bajo traviesa de naturaleza silícea tipo 2.
- Hombro de balasto: 0,75 m
- Pendiente de la banqueta de balasto: 5H / 4V
- Traviesas de hormigón monobloc FHMV54 cada 60 centímetros.
- Carril UIC-54-900-A grado R260, montado en barras elementales de 18 metros
- Fijación elástica con clip, tipo SKL – 1.

5. ELECTRIFICACIÓN DE VÍA

La electrificación a implantar en el futuro tramo Altza - Galtzaraborda del Metro de Donostialdea será de catenaria rígida, por lo que en la fase de ejecución de obra civil no es necesario incluir ninguna actividad concreta.

Únicamente en el tramo final, a cielo abierto, que conecta con la vía existente, electrificada con catenaria convencional, se electrificará con catenaria convencional.