



Dimensionado de la sección transversal en vías sobre balasto

Apellidos, nombre	Villalba Sanchis, Ignacio (igvilsan@cam.upv.es)
Departamento	Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes
Centro	Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

Durante los últimos años, el avance producido en el ferrocarril en términos de velocidad de explotación y cargas inducidas por los vehículos materializados en gran parte en los trazados de alta velocidad, ha propiciado que los tradicionales métodos de dimensionamiento de secciones ferroviarias no puedan ser aplicados.

Así pues, a lo largo del presente artículo se analiza la formulación para el cálculo de los espesores de las capas de asiento de la vía sobre balasto (balasto, subbase, capa de forma y otros), de acuerdo con lo establecido en la ORDEN FOM/1631/2015, de 14 de julio.

2 Introducción

La ORDEN FOM/1631/2015 establece los elementos constitutivos de la sección transversal, la clasificación de los suelos, las clases de capacidad portante de la plataforma y los criterios para el cálculo de los espesores de las capas de asiento de la vía sobre balasto (balasto, subbase, capa de forma y otros), que constituyen parte de dicha sección transversal ferroviaria, siendo el objeto de este artículo facilitar el proceso de dimensionado de las secciones ferroviarias sobre balasto.

3 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este artículo, será capaz de:

- Diseñar y calcular una sección transversal ferroviaria de toda obra nueva ferroviaria.
- Aplicar los conocimientos adquiridos con este análisis en futuras concepciones de diseños geométricos de trazados ferroviarios.

4 Desarrollo

El procedimiento a seguir se puede esquematizar como sigue:

1. Clasificación del terreno que constituye la plataforma.
2. Determinación de la clase de plataforma según su capacidad portante.
3. Dimensionado del espesor de la capa de forma.
4. Dimensionado del espesor de la banqueta de balasto.
5. Dimensionado del espesor de la subbase.

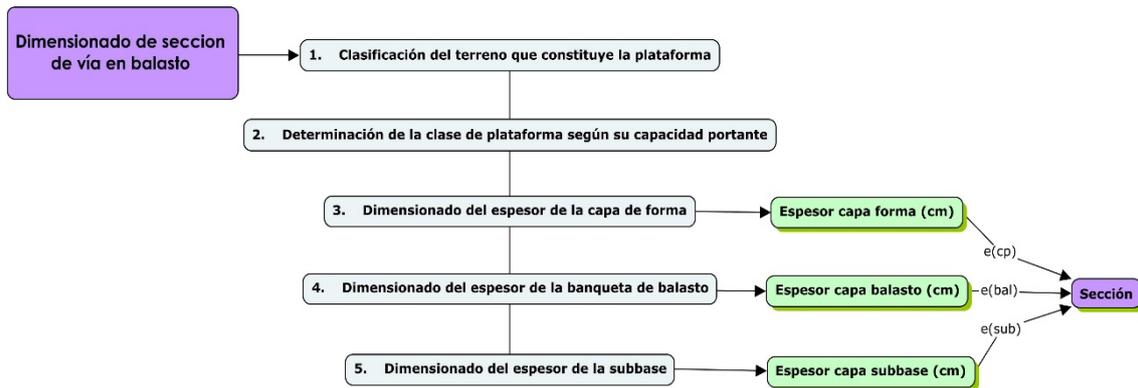


Gráfico 1. Esquema de dimensionamiento de capas.

4.1 Clasificación del terreno de la plataforma

Como primer paso se establece la clasificación de los suelos que constituyen la plataforma. ¿Cómo se realiza esto? Los materiales se clasifican según su calidad según la tabla 1:

Tipología de suelo	Clase de suelo
Suelos con alto contenido de materia orgánica, blandos, tixotrópicos, con material soluble, contaminados o de lata plasticidad	QS0
Suelos con finos (> 40%), rocas susceptibles a meteorización (cretas, margas, esquistos meteorizados)	QS1
Suelos con algo de finos (entre 15% y 40%), rocas moderadamente meteorizables, rocas blandas (MDH >40 y LA > 40).	QS2*
* cuando las condiciones hidrogeológicas e hidrológicas son buenas	
Suelos con pocos finos (entre 5% y 15%), uniformes (CU ≤ 6), rocas medias (25 < MDH40 ≤ 40) y 30 < LA ≤ 40).	QS2
Suelos bien graduados (finos < 5%), rocas duras (MDH4 ≤ 25) y LA ≤ 30).	QS3

Tabla 1. Características del terreno de la plataforma.

Serán aptos para su uso como plataforma ferroviaria aquellos suelos que se clasifiquen como QS3, QS2 y algunos que se consideran QS1, con ciertas limitaciones.

4.2 Determinación de la clase de plataforma según su capacidad portante

Según la calidad de su material constituyente de la plataforma es posible distinguir tres tipos de plataformas, denominadas P1, P2 y P3. Como criterio general, en el caso de obra nueva es necesario disponer una plataforma con capacidad portante alta (P3). En casos excepcionales (falta de disponibilidad de materiales, bajo tráfico, etc.), se podrán admitir plataformas de capacidad portante inferior (P1 y P2), siendo en ese caso necesario colocar mayores espesores de subbalasto que en el caso de plataformas de alta capacidad (P3).

Tipo de plataforma	Capacidad portante
P1	Baja
P2	Media
P3	Alta

Tabla 2. Tipos de plataforma.

4.3 Dimensionado del espesor de la capa de forma

El espesor de la capa de forma se obtiene según la calidad del material de la explanada y del que conformará la capa de forma, según la tabla siguiente:

Tipo de terreno de la plataforma		Clase de plataforma	Capa de forma		
Clase de terreno	CBR mínimo		Clase de suelo utilizado	CBR mínimo	Espesor (m)
QS1	> 2	P1	QS1	> 2	-
		P2	QS2	> 5	0,5
		P2	QS3	> 17	0,35
		P3	QS3	> 17	0,5
QS2	> 5	P2	QS2	> 5	-
		P3	QS3	> 17	0,35
QS3	> 17	P3	QS3	> 17	-

Tabla 3. Determinación de la capacidad portante de la plataforma.

4.4 Dimensionado del espesor de la banqueta de balasto

El espesor mínimo a disponer para la capa de balasto bajo traviesa se determina según la velocidad máxima de circulación en la línea ferroviaria, según:

V (km/h)	Espesor de balasto (cm)
$V < 120$	25
$V \geq 120$	30

Tabla 4. Espesor de la capa de balasto.

4.5 Dimensionado del espesor de la subbase

El espesor de la subbase (capa existente entre el balasto y la capa de forma) se determina según la Ecuación 1:

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

Ecuación 1. Definición de velocidad.

donde:

- **E** = Factor corrector por clase de plataforma, que toma valores de 0,70 m para plataformas P1, 0,55 m para P2 y 0,45 m para P3.
- **a** = Factor corrector por tráfico medio diario equivalente, que toma valores de 0 m para un tráfico > 20.000 t/día y -0.10 m para tráfico ≤ 20.000 t/día.
- **b** = Factor corrector por tipo de traviesa, que toma valores de 0 m para traviesas de madera de longitud $L \geq 2,60$ m y de $(2,5 - L)/2$ para el resto de casos, donde L es la longitud de la traviesa en metros.
- **c** = Factor corrector por dificultad de ejecución, que toma valores de 0 m para una situación normal y -0.10 m para condiciones de trabajo difíciles.
- **d** = Factor corrector por cargas máximas por eje, que toma valores de 0 m para un eje máximo ≤ 20 t, 0,05 m para ejes máximos ≤ 22,5 t y de 0,12 m para ejes hasta 25 t.
- **f** = Toma valor 0 en todos los casos. Si la capa de forma es QS1 o QS2, es necesario dispone un geotextil.
- **e_b** = espesor de la banqueta de balasto

Así pues, en cualquier caso, el espesor de la capa de subbalasto no será nunca inferior a 15 cm ($e_{subbase} \geq 15$ cm).

Ejemplo práctico de aplicación

A continuación, se realiza el dimensionamiento para una vía nueva de alta velocidad ($v_{max} = 350$ km/h) y con tráfico medio diario equivalente de 25.000 t/día, una carga por eje de 25 t, con una calidad de explanada de QS2 y traviesas de hormigón con $L = 2,6$ m y en condiciones normales de ejecución.



Solució:

En primer lugar, dado que se trata de una nueva construcción de vía de alta velocidad, es necesario disponer una plataforma con capacidad portante alta, por lo que se tiene una clase P3.

Tras esto, conociendo la calidad del suelo (QS2) y la clase de plataforma (P3), y suponiendo que el suelo utilizado para la capa de forma es un QS3, se obtiene que el espesor mínimo de la capa de forma es igual o mayor a 0,35 m.

A continuación, considerando que las velocidades máximas de circulación son de 350 km/h, se tiene que el espesor mínimo de la capa de balasto debe ser de 30 cm.

Finalmente, se obtiene el espesor de la capa de subbase como:

$$e_{subbase}(m) = E + a + b + c + d + f - e_b = 0,45 + 0 + \frac{(2,5 - 2,6)}{2} + 0 + 0,12 - 0,3 \\ = 0,22 \geq 0,15$$

Con ello, se tiene que:

- Espesor capa de forma: 0,35 m
- Espesor capa de subbase: 0,22 m
- Espesor capa de balasto: 0,3 m

5 Conclusiones

En el presente objeto de aprendizaje hemos aprendido a dimensionar las capas de asiento de la vía sobre balasto (balasto, subbase y capa de forma), que constituyen parte de dicha sección transversal ferroviaria.

A lo largo del proceso se puede observar que, partiendo de una calidad de la plataforma y de unas condiciones de explotación (tráfico y vel. máxima), se obtienen los diferentes espesores que conforman las capas portantes de la sección, de acuerdo con lo establecido en la ORDEN FOM/1631/2015.

Finalmente, se ha desarrollado un ejemplo típico, obteniendo los espesores mínimos a disponer en la sección.

6 Bibliografía

6.1 Manuales:

España. Orden FOM/1631/2015, de 14 de julio. Instrucción para el Proyecto y Construcción de Obras Ferroviarias IF-3. Vía sobre Balasto. Cálculo de Espesores de Capas de la Sección Transversal.