



# Plataforma y Balasto

Ferrocarriles

**Luigi dell'Olio**  
**Borja Alonso Oreña**  
**José Luis Moura Berodia**

Este tema se publica bajo Licencia:  
Creative Commons BY-NC-SA 4.0.



# Índice

---

- Explanación
- Plataforma
- Banqueta
- Balasto
- Subbalasto

# Explanación

---

La ***explanación del ferrocarril*** es la zona de terreno natural o preparado, destinada a contener la totalidad de sus instalaciones (vías, tendidos eléctricos, edificios, etc.).

En un punto de la vía tomado en pleno trayecto, se considera explanación al *terreno comprendido entre los límites de las obras de tierra que soportan el ferrocarril.*

No queda incluida en esta definición la explanación en el caso de los túneles, puentes y viaductos, estaciones, etc.

# Protección Legal de la Explanación

Así, todos los estados protegen al ferrocarril, como a otros medios de transporte, protegiendo su explanación.

En España mediante la Ley de Ordenación del Transporte Terrestre de 30 de Julio de 1987 (LOTT) y el Reglamento de la Ley de Ordenación del Transporte Terrestre de 28 de Septiembre de 1990 (RLOTT).

Las citadas leyes definen la explanación de la siguiente manera (RLOTT. Art. 280):



*Figura 1. Zonas de protección de la explanación (según LOTT y RLOTT).*

# Protección Legal de la Explanación

---

·"Se considera **explanación** la franja de terreno en la que se ha modificado la topografía natural del suelo y sobre la que se construye la línea férrea, se disponen sus elementos funcionales y se ubican sus instalaciones ".

A la hora de materializar la defensa de la explanación, la *LOTT* y el *ROLTT* definen tres bandas de protección que se extiende a ambos lados de ésta (figura 1).

## ZONA DE DOMINIO PUBLICO

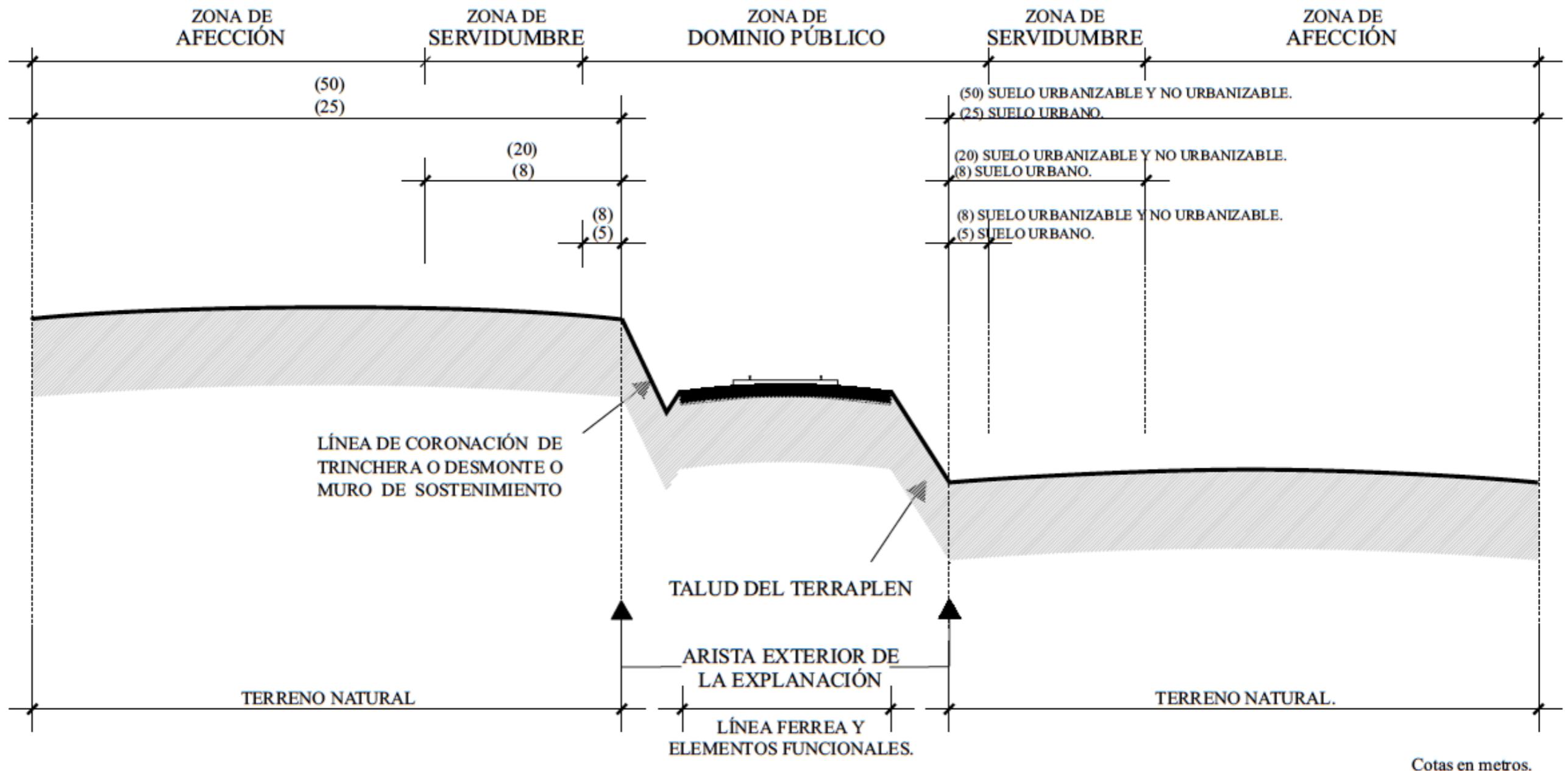
Está constituida la *Zona de Dominio Público* por la propia explanación y una banda de ocho metros a ambos lados de ella.

En la *Zona de Dominio Público* no se puede realizar actividad, obra o instalación de ningún tipo. Quedan excluidas aquellas obras que sean para protección del propio ferrocarril.

# Protección Legal de la Explanación

- LEY 16/1987, de 30 de julio, DE ORDENACIÓN DE LOS TRANSPORTES TERRESTRES. (BOE, número 182, de 31 de julio de 1988)

- REAL DECRETO 1211/1990, de 28 de septiembre, REGLAMENTO DE LA LEY DE ORDENACIÓN DE LOS TRANSPORTES TERRESTRES. (BOE, número 241, de 8 de oct. de 1990)



EXPLANACIÓN: Franja de terreno en la que se ha modificado la topografía natural del suelo y sobre la que se construye la línea férrea, se disponen sus elementos funcionales y se ubican sus instalaciones.

ARISTA EXTERIOR DE LA EXPLANACIÓN: Intersección del pie del talud del terraplén o línea de coronación de trinchera o desmonte o, en su caso, de los muros de sostenimiento con el terreno natural.

# Protección Legal de la Explanación

---

## **ZONA DE SERVIDUMBRE**

Consiste en sendas franjas a ambos lados de la línea férrea, delimitadas interiormente por la *Zona de Dominio Público* y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación y a veinte metros de estas aristas.

***En esta zona solamente se podrán llevar a cabo aquellas actividades que autorice la compañía explotadora del ferrocarril y si ello no conlleva ninguna cesión de derechos.***

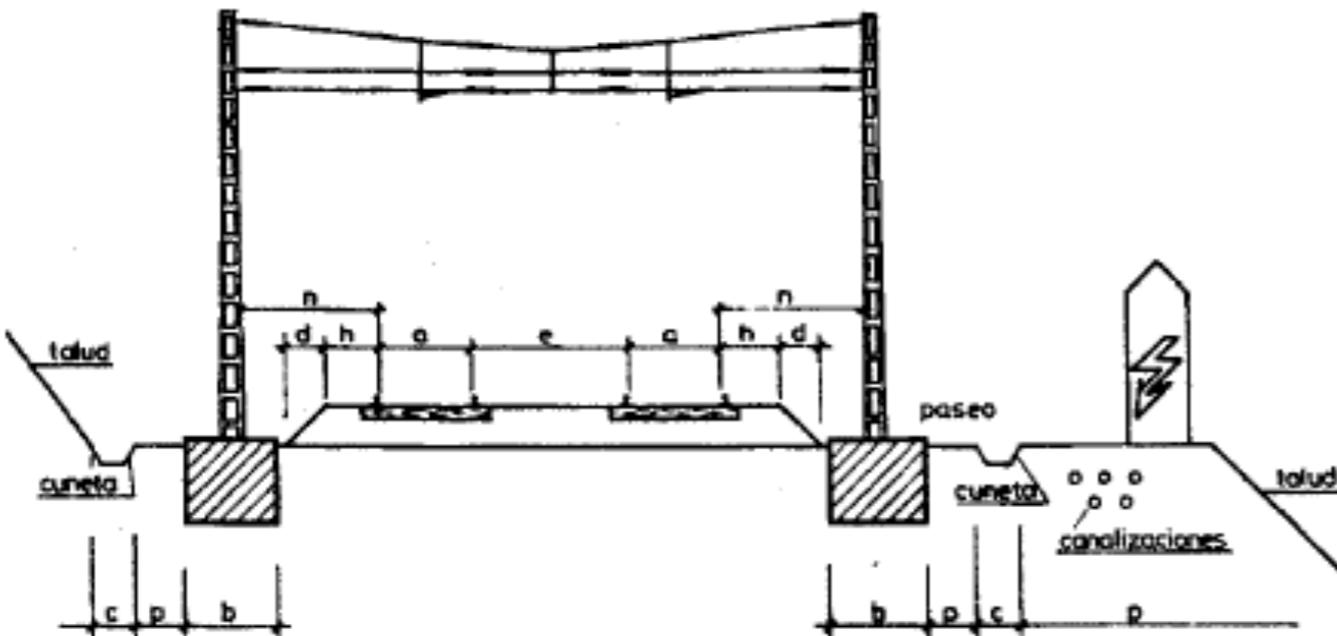
## **ZONA DE AFECCIÓN**

La *Zona de Afección* son dos bandas limitadas exteriormente por unas líneas paralelas al borde de la explanación y separada de estos 50 m.

En la *Zona de Afección* ***se necesita autorización de la Compañía del Ferrocarril*** para efectuar trabajos, obras u otras actividades.

En esta *Zona de Afección*, ***las exigencias*** del Estado y de la Compañías del Ferrocarril ***son menores*** que en la *Zona de Servidumbre*.

# Dimensiones de la Explanación



a: ancho de vía en Renfe 1.668 mm.

b: cimentación de la electrificación (de 1 a 2 m).

c: ancho de la cuneta (de 0,5 a 1 m).

d: derrame de la banqueta (oscila de 0,5 a 1 m, según altura de la banqueta).

e: entrevía (de 2,1 a 3 m, según las necesidades).

h: hombro de la banqueta (de 0,8 a 1 m, según las necesidades de estabilidad).

n: gálibo de electrificación (distancia entre la cara activa del carril y los postes: 2,1 m, mínimo).

p: paseos (pueden ser uno o dos de 0,7 a 1 m de ancho).

Fig. 2. Dimensiones de la explanación. Esquema.

Se observa en el dibujo que una explanación, entre cunetas, debe medir, para una vía doble electrificada, entre 12,70 m a 17,40 m con un solo paseo y sin considerar las necesidades de señalización ni los taludes ni su saneamiento.

- Tradicionalmente se ha admitido que el **espacio** del terreno que necesita el ferrocarril para desarrollar su actividad es **menor que el de otros modos de transporte**.
- Esta idea mantenida al extremo ha llevado muchas veces a construir las líneas de ferrocarril sobre **franjas de terreno insuficiente** para realizar las actividades ferroviarias con desahogo y eficacia.
- En la figura 2 se dimensionan las instalaciones del ferrocarril (*grosso modo*), para que se comprenda mejor lo expuesto hasta ahora.

# Plataforma

---

**Plataforma** es la **parte más profunda de la vía** que debe soportar en último término **todos los esfuerzos producidos por la marcha del tren.**

En una primera aproximación se pueden clasificar en:

- **naturales,**
- **preparadas** y las
- constituidas sobre obras de fábrica que llamaremos **artificiales.**

# Plataforma

---



# Plataforma



## Excavación

### **1. Movimientos de tierras:**

Normalmente en la ejecución de una estructura en una zona urbana la cantidad de metros cúbicos de desmonte de tierras estará muy descompensada, teniendo mucho más desmonte que terraplén.

Es muy importante asegurar que todos los servicios existentes estén desviados.

En caso contrario pueden romperse estos, en casos extremos pueden darse accidentes graves por presencia de servicios de gas natural o redes de alta tensión.

En estos casos es muy interesante para el contratista realizar unos ensayos del material extraído para poder utilizarlo a lo largo de la obra si este cumple con las prescripciones del PG3.

### **2. Replanteo**

El primer paso para comenzar a ejecutar la pantalla de pilotes es el replanteo de los mismos, donde el topógrafo indica la profundidad del pilote, la coronación del mismo y centro geométrico del pilote, sobre la rasante actual.

### **3. Acopio de ferralla y pilotadora:**

Para el comienzo de la ejecución de los pilotes es necesario que se haya realizado un acopio de ferralla en la obra y que la pilotadora esté lista para comenzar los trabajos. En caso de que puedan salir terrenos inestables o con nivel freático alto estos se ejecutarán con camisas.



Movimiento de tierras



Replanteo de pilotes



Acopio de ferralla y pilotadora



CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA DEL NUEVO ACCESO  
FERROVIARIO DE ALTA VELOCIDAD DE LEVANTE.  
MADRID - CASTILLA LA MANCHA - COMUNIDAD  
VALENCIANA - REGIÓN DE MURCIA,  
TRAMO: ALMAZORA - CASTELLÓN

**FASE 1- EXCAVACIÓN**

# Plataforma



#### 1-Excavación:

Una vez realizado todo el replanteo de los pilotes se comienza la excavación. No es conveniente dejar en obra pozos abiertos, es recomendable que se vayan hormigonando conforme vayan excavándose ya que son agujeros de gran profundidad que pueden causar accidentes y caídas.

#### 2-Ferallado:

Conforme se va excavando el pilote se va asegurando la estabilidad de las paredes de la excavación, así como la profundidad del pilote. Este control lo realiza un peón a pie de pilote con una cinta métrica estando en todo momento en contacto con el maquinista para guiarse sobre la profundidad de la excavación. Una vez se llega a la profundidad deseada se mete la armadura en el pilote asegurando los recubrimientos entre la feralla y la pared de la excavación mediante separadores.

#### 3-Hormigonado:

Una vez hemos ferallado el pilote, el siguiente paso es hormigonar el mismo. Este paso se puede realizar de dos formas. Este paso se puede realizar de dos formas. La primera de ellas es con tubo tremie, vertiendo el hormigón sobre el embudo del tubo llegando este al fondo del pilote y hormigonando de abajo hacia arriba, evitándose de esta manera la segregación del hormigón y las coqueiras.

La segunda opción para el hormigonado es mediante bomba. Esta tiene una trompa o tubo que al igual que el tubo tremie llega hasta el fondo del pilote. En los dos procedimientos anteriores es necesario tener la trompa sumergida en el hormigón.

#### 4-Descabezado:

Al ser el hormigonado desde abajo hacia arriba y estando el hormigón en contacto con las paredes de la excavación se pueden producir arañazos de tierra, grava y piedras hacia la superficie del pilote, quedando contaminado. Para eliminar este tipo de pilote contaminado este se descabeza, se entiende por descabezar picar con un martillo rompedor hidráulico.

Una vez aquí se ha conseguido la contención de las tierras mediante el muro pantalla o mediante la pantalla de pilotes. Para ejecutar la parte superior del paso, es decir, el techo, se pueden ejecutar dos procedimientos constructivos que vamos a analizar a continuación, mediante losa o mediante vigas prefabricadas. En ambos casos se ejecutará la parte superior y luego se excavan en mina las tierras que quedan por debajo.

Últimamente la tendencia de la estructura de contención es la pantalla de pilotes, ya que los rendimientos son mucho mayores.

Con una pilotadora se pueden ejecutar del orden de 8 a 10 pilotes al día, llegando a puntas de 12, mientras que con una cuchara bivalva se ejecutan entre 2 y 3 módulos, aproximadamente unos 3 metros al día. Estos valores son aproximados (15 metros de profundidad) ya que dependen en gran medida de la profundidad.



Excavación de pilotes



Ferallado de pilote



Hormigonado con tubo tremie



Descabezado de pilotes

CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA DEL NUEVO ACCESO FERROVIARIO DE ALTA VELOCIDAD DE LEVANTE. MADRID - CASTILLA LA MANCHA - COMUNIDAD VALENCIANA - REGIÓN DE MURCIA. TRAMO: ALMAZORA - CASTELLÓN

FASE 2 - EJECUCIÓN DE LOS PILOTES

# Plataforma



**Vigas de atado (en las zonas que llevan vigas prefabricadas secciones D y E)**

**1-Ferrallado de viga de atado:**

Para ejecutar un tablero de vigas prefabricadas primeramente debemos ejecutar una viga de atado que asegure el trabajo conjunto de los pilotes. Este paso no es necesario en el procedimiento de la losa ya que esta, además de servir como tablero asegura su trabajo conjunto, ya que las esperas de los pilotes quedan dentro de la losa.

**2-Hormigonado y vibrado de viga cargadero:**

Todos los pilotes han de trabajar conjuntamente, en las zonas del paso inferior donde los pilotes han de soportar el peso de las vigas, se ejecuta una viga cargadero, más resistente que la viga de atado.

**3.Ejecución de morteros de nivelación:**

Tras los trabajos de ferrallado y encofrado de la viga y asegurando previamente la limpieza de la viga, de tierras y basuras, se procede al hormigonado de la viga. El hormigonado de estas vigas se realiza con bomba, controlando el correcto vibrado para asegurar la ausencia de coqueas, impidiendo la entrada de agentes nocivos y la estética.

**4-Neoprenos colocados sobre mortero de nivelación:**

Una vez desencofrada la viga cargadero, se repartían los neoprenos. Los neoprenos son aparatos de apoyo donde encargados de transmitir la carga de las vigas prefabricadas a la viga cargadero y esta a los pilotes. Para asegurar la horizontalidad los neoprenos estos se montan sobre unos morteros de nivelación. Los morteros se ejecutan con un pequeño encofrado o parapista.



Ferrallado de viga de atado



Hormigonado y vibrado de viga cargadero



Ejecución de morteros de nivelación



Neoprenos colocados sobre mortero de nivelación

 CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA DEL NUEVO ACCESO FERROVIARIO DE ALTA VELOCIDAD DE LEVANTE. MADRID - CASTILLA LA MANCHA - COMUNIDAD VALENCIANA - REGIÓN DE MURCIA. TRAMO: ALMAZORA - CASTELLÓN

**FASE 3 - EJECUCIÓN DE LA VIGA DE ATADO**

# Plataforma



Vigas prefabricadas (en las zonas que lleven vigas prefabricadas secciones D y E)

Una vez colocados los neoprenos se empiezan a colocar las vigas prefabricadas. Si es necesario pasar servicios por el tablero se pueden disponer vigas prefabricadas con secciones con huecos para aprovechar estos, como por ejemplo sección T invertida.

Una vez colocadas las vigas se comienza a ejecutar el tablero. La ferralla de esta se monta sobre unas prelosas que sujetan la misma así como el hormigón. En el hormigonado del tablero es muy importante dejar juntas de dilatación para evitar tensiones posteriores por la dilatación del tablero.



Junta de dilatación en tablero



Colocación de vigas prefabricadas



Aprovechamientos de huecos en vigas prefabricadas para montaje de servicios



Prelosas y ferralla sobre vigas prefabricadas

 CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA DEL NUEVO ACCESO FERROVIARIO DE ALTA VELOCIDAD DE LEVANTE. MADRID - CASTILLA LA MANCHA - COMUNIDAD VALENCIANA - REGIÓN DE MURCIA. TRAMO: ALMAZORA - CASTELLÓN

**FASE 4 - COLOCACIÓN DE LAS VIGAS Y EJECUCIÓN DE LOSA**

# Plataforma



PRELIMINAR CON DIMENSIONES DE PLANTAS Y CANTIDADES

**Excavación entre pantallas:** Una vez ejecutada la losa superior tanto por el método de vigas prefabricadas como mediante losa ejecutada in situ, dependiendo de la sección en la que se esté trabajando, se comenzará la excavación de las tierras del interior.  
Antes de comenzar la excavación se ejecutará la rampa desde la boca sur, por donde se realizará la extracción de todas las tierras del túnel, siendo imposible su extracción, por la boca norte al estar en funcionamiento la estación de Castellón reduciendo de esta forma las afecciones a la circulación normal del tráfico ferroviario.



CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA DEL NUEVO ACCESO  
FERROVIARIO DE ALTA VELOCIDAD DE LEVANTE,  
MADRID - CASTILLA LA MANCHA - COMUNIDAD  
VALENCIANA - REGIÓN DE MURCIA,  
TRAMO: ALMAZORA - CASTELLÓN

**FASE 5- EXCAVACIÓN ENTRE  
PANTALLAS Y EJECUCIÓN DEL TÚNEL**

# Plataforma



**EJECUCIÓN DE SOLERA Y ACABADOS EN EL INTERIOR:** Tras la excavación de tierras para asegurar la estabilidad de la pantalla de pilotes se gunita esta. El gunitado es un procedimiento que consiste en proyectar con una manguera de alta presión, una lechada de hormigón, con el objetivo de conseguir una mayor resistencia para soportar y contener la presión ejercida por el terreno con cualquier tipo de pendiente. Se consigue buena impermeabilización ya que tiene una baja porosidad. A la lechada se le añaden unas fibras de acero que actúan a modo de mallazo para soportar las tracciones, una vez terminado se realizarán los revestimientos interiores.



CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA DEL NUEVO ACCESO  
FERROVIARIO DE ALTA VELOCIDAD DE LEVANTE.  
MADRID - CASTILLA LA MANCHA - COMUNIDAD  
VALENCIANA - REGIÓN DE MURCIA.  
TRAMO: ALMAZORA - CASTELLÓN

FASE 7 EJECUCIÓN DE SOLERA

# Misiones de la Plataforma

---

Su *misión principal* es **soportar** los **esfuerzos estáticos y dinámicos de los trenes** y de la propia vía que se transmiten a través de la **banqueta**.

Debe, además, evacuar las aguas que dañan la banqueta y la propia plataforma.

El **agua en la plataforma**, además de disminuir su capacidad portante, produce graves alteraciones por diversos motivos:

- Expansión de las arcillas y contaminación del balasto.
- Aumenta el efecto de las heladas disgregando el material.
- En terraplenes y medias laderas llega a cortar completamente la plataforma, con grandes hundimientos y cortes de vía.

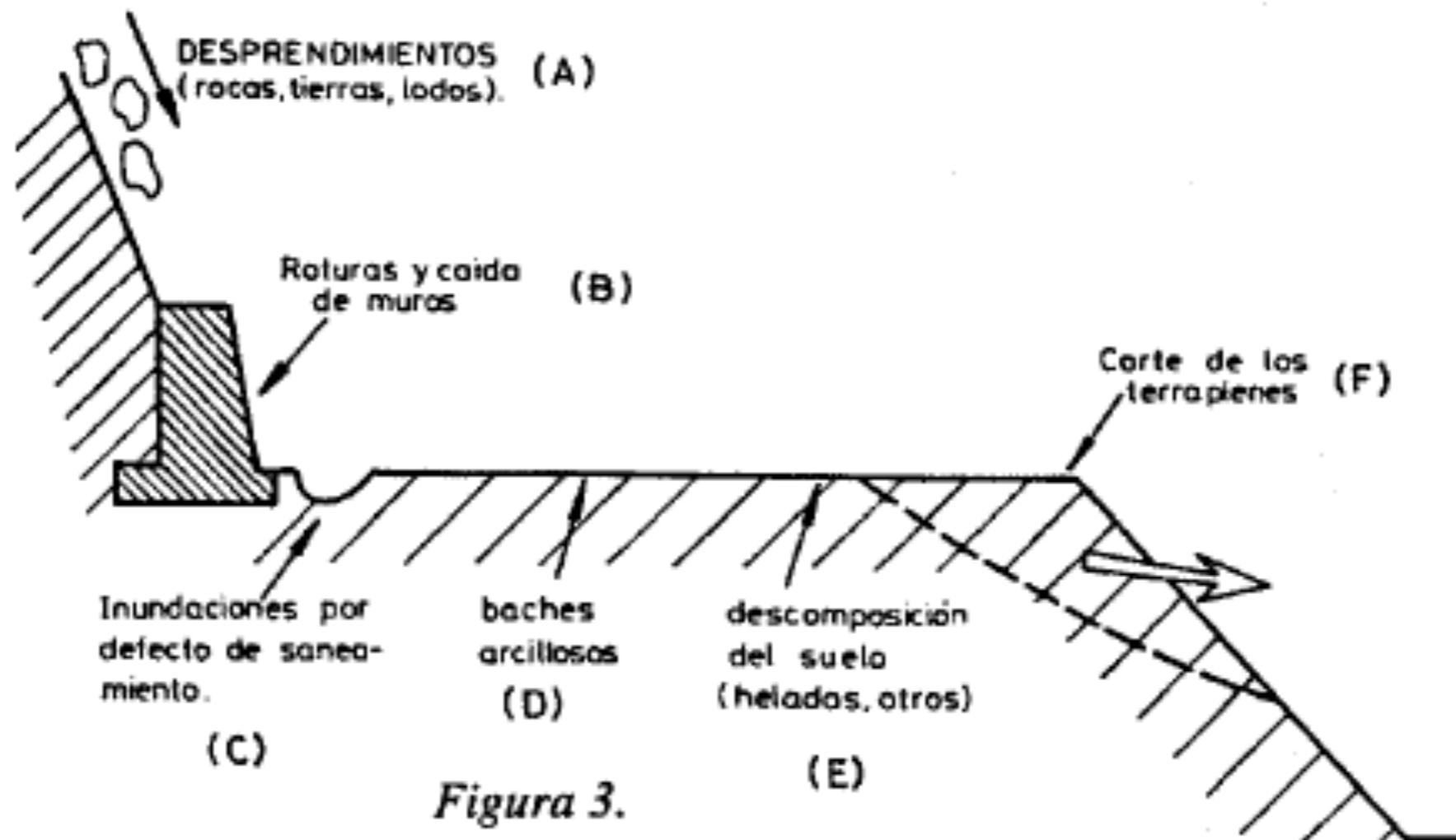
# La Plataforma en Líneas Antiguas

---

- Los constructores de los ferrocarriles de mediados del siglo pasado (casi todas las líneas actuales) se conformaban con realizar las plataformas según las **exigencias de la nivelación longitudinal** de las vías.
- Así hacían los desmontes necesarios para preparar las plataformas en trinchera, en terraplén o en media ladera, únicamente para conseguir la rasante deseada sin preocuparse de la calidad del terreno.
- Hemos heredado plataformas realizadas **cuando las cargas por eje y las velocidades de los trenes eran muy inferiores** a las actuales.
- Ahora, cuando las cargas por eje son de 22 t, las velocidades máximas próximas a los **200 km/h** y las intensidades de tráfico entre **100.000 y 200.000 toneladas diarias**, los problemas de estas plataformas son muy numerosos y de solución incierta.
- Las reparaciones de estas plataformas son obras caras y difíciles. Hay que tener en cuenta que se efectúan los trabajos sin suprimir el tráfico de los trenes y conservando las rasantes primitivas de la vía.

# Problemas Plataformas Antiguas

- En la figura se representan los problemas más comunes de las plataformas antiguas.



# Soluciones Problemas Plataformas Antiguas

---

Para los distintos problemas se aplican a menudo las siguientes soluciones:

## **A. Desprendimientos en las trincheras:**

1. Desmontes masivos.
2. Limpieza del talud (piedras).
3. Construcción muros de recubrimiento.
4. Recubrimiento con redes.
5. Colocación de vallas caza-piedras.
6. Colocación de escolleras o muros de sostenimiento.
7. Construcción de túneles artificiales.

# Soluciones Problemas Plataformas Antiguas

---

## **B. Roturas y caídas de muros:**

1. Demolición y construcción de muros nuevos.
2. Desmontes masivos.

## **C. Inundaciones:**

1. Limpiezas periódicas del saneamiento.
2. Ampliación y ahondamiento de las cunetas.
3. Multiplicación de los desagües transversales.

## **D y E) Baches arcillosos y descomposición del suelo:**

1. Saneamiento con drenas bajo la plataforma y a sus lados.
2. Mejoras del suelo (eliminar el suelo malo y añadir: zahorras, geotextiles, arenas, cal, inyecciones de cemento, etc.).
3. Mejorar y rediseñar las cunetas.
4. Rebajar los paseos y eliminar el agua de ellos.

# Soluciones Problemas Plataformas Antiguas

---

## **F. Corte y hundimiento de los terraplenes:**

1. Escolleras a pie de terraplén y completar la zona hundida.
2. Ídem con muros de pie de terraplén.
3. Montaje de pantallas de carriles mediante hincado de los mismos.
4. Saneamientos mediante pantallas-dren longitudinales o transversales.
5. Recomponer el terraplén con nuevas aportaciones de áridos mejorados, eliminando las tierras primitivas.

# Plataformas de Nueva Construcción

---

A la hora de determinar la plataforma más adecuada a una nueva línea, necesitamos los siguientes datos:

- Calidad del suelo existente.
- Categoría de la línea a construir (velocidad de los trenes y tráfico).
- Capacidad portante deseada.

# Plataformas de Nueva Construcción

---

1. Determinación de la calidad del suelo:

Los suelos se clasifican en cuatro categorías, según la **UIC**.

- **QSO: Suelos de difícil mejora (orgánicos, solubles, arcillas expansivas, etc.).**
- **QS1: Suelos malos (del 40% al 15% de finos, rocas muy evolutivas, margas, etc.).**
- **QS2: Suelos medianos (menos del 15% de finos y rocas de dureza media).**
- **QS3: Suelos buenos (menos del 5 % de finos y rocas duras).**

Según estos datos, se debe calificar previamente el suelo que se va a tratar en una de las cuatro divisiones citadas.

# Plataformas de Nueva Construcción

---

## 2. Elección de la categoría de la línea:

Las líneas se clasifican en categorías conforme al **tráfico que soportan** y a la **velocidad máxima** que se desarrolla en ellas (**calidad**).

En *ADIF* se han clasificado las líneas en siete categorías:

CATEGORÍA		TRÁFICO FICTICIO DIARIO
1	A	$85.000 \geq T_f \geq 50.000$
	B	$50.000 > T_f \geq 28.000$
	C	$28.000 > T_f \geq 14.000$
2		$14.000 > T_f \geq 7.000$
3	A	$7.000 > T_f \geq 3.500$
	B	$3.500 > T_f \geq 1.500$
4		$1.500 \geq T_f$

# Plataformas de Nueva Construcción

---

La expresión de  $T_f$  es la siguiente:

$$T_f = (T_v + T_m \cdot K_m + T_t \cdot K_t) \cdot S$$

$T_v$  = Tráfico de viajeros en toneladas.

$T_m$  = Tráfico de mercancías en toneladas.

$T_t$  = Tráfico locomotoras en toneladas.

$K_m$  = Coeficiente de mayoración por mercancías. Su valor es 1,15; salvo para las vías que soportan un tráfico preponderante de ejes de 20 toneladas, en que toma el valor de 1,30.

$K_t$  = Coeficiente de mayoración por locomotoras (1,40).

$S$  = Coeficiente de calidad de la vía (1,00 a 1,25).

$S = 1,00$  Líneas sin tráfico de viajeros o con este tráfico esencialmente local.

$S = 1,10$  Líneas cuyo tráfico de viajeros se realiza en trenes de velocidad  $\leq 120$  Km/h.

$S = 1,20$  Líneas cuyo tráfico de viajeros se realiza en trenes donde  $120 < v \leq 140$  Km/h.

$S = 1,25$  Líneas cuyo tráfico de viajeros se realiza en trenes con velocidad  $> 140$  Km/h.

# Plataformas de Nueva Construcción

---

3. Elección de la capacidad portante:

Según la capacidad portante deseada en el nuevo suelo, se clasifican las plataformas en tres grupos:

- **P1: Plataformas malas,  $CBR < 5$**
- **P2: Plataformas medias,  $5 < CBR < 20$**
- **P3: Plataformas buenas,  $20 < CBR$**

En el cuadro de la transparencia siguiente se desarrolla el proceso para obtener mediante la construcción de la **capa de forma** (parte superior de la plataforma) la plataforma deseada (**P1, P2, P3**) para cada tipo de línea partiendo de un suelo sin tratar o ya mejorado (**QSO, QS1, QS2, QS3**).

# Espesor de la capa de forma (UIC 719 R)

## CAPACIDAD PORTANTE DE UNA PLATAFORMA

Calidad del suelo soporte	Capa de forma a constituir para obtener una plataforma con capacidad portante determinada		Capacidad portante obtenida en la plataforma
	Calidad del suelo	Espesor mínimo en m	
QS1	QS1	—	P1
	QS2	0,50	P2
	QS3	0,35	P2
	QS3	0,50	P3
QS2	QS2	—	P2
	QS3	0,35	P3
QS3	QS3	—	P3

# Espesor de la capa de forma (NRV 3-4-1.0)

N.R.V. 3-4-1.0.

CALIDAD DEL SUELO SOPORTE	CAPA DE FORMA PARA OBTENER LA CLASE DE CAPACIDAD DE CARGA DE LA PLATAFORMA, QUE MARCA ESTE CUADRO		CLASE DE CAPACIDAD DE CARGA DE LA PLATAFORMA
	CALIDAD DEL SUELO	ESPESOR MINIMO EN METROS	
Q S1	Q S1	—	P. 1
	SUELO FINO TRATADO CON LIGANTES	0.30	P. 2
	Q S2	0.55	P. 2
	Q S3	0.40	P. 2
	Q S3	0.60	P. 3
Q S2	Q S2	—	P. 2
	Q S3	0.40	P. 3
Q S3	Q S3	—	P. 3

P. 1 : CBR  $\leq$  5

P. 2 :  $5 < \text{CBR} \leq 20$

P. 3 :  $20 < \text{CBR}$

# Espesor de la capa de Balasto

---

Existen numerosos estudios sobre el espesor que debe tener la capa de balasto o la capa de balasto más la de subbalasto bajo traviesa. Al final, los resultados obtenidos por los estudios teóricos son los mismos que la experiencia ha conseguido con el paso de los años.

El espesor del balasto depende principalmente del **número de trenes** que pasan, de **su carga por eje** y de **su velocidad**, es decir, de la **categoría de la línea** (recordar el concepto de tráfico ficticio diario  $T_f$ ).

También dependen de la **calidad de suelo** o mejor de la calidad conseguida al formar la plataforma. Ahora bien, conseguida la plataforma descrita como tipo  $P3$ , el espesor de balasto sólo dependerá de la categoría de la línea.

Grupo 1A,  $e = 45$  centímetros;

Grupo 1B,  $e = 40$  centímetros;

Grupo 1C,  $e = 40$  centímetros;

Grupo 2,  $e = 35$  centímetros;

Grupo 3A,  $e = 30$  centímetros;

Grupo 3B,  $e = 25$  centímetros;

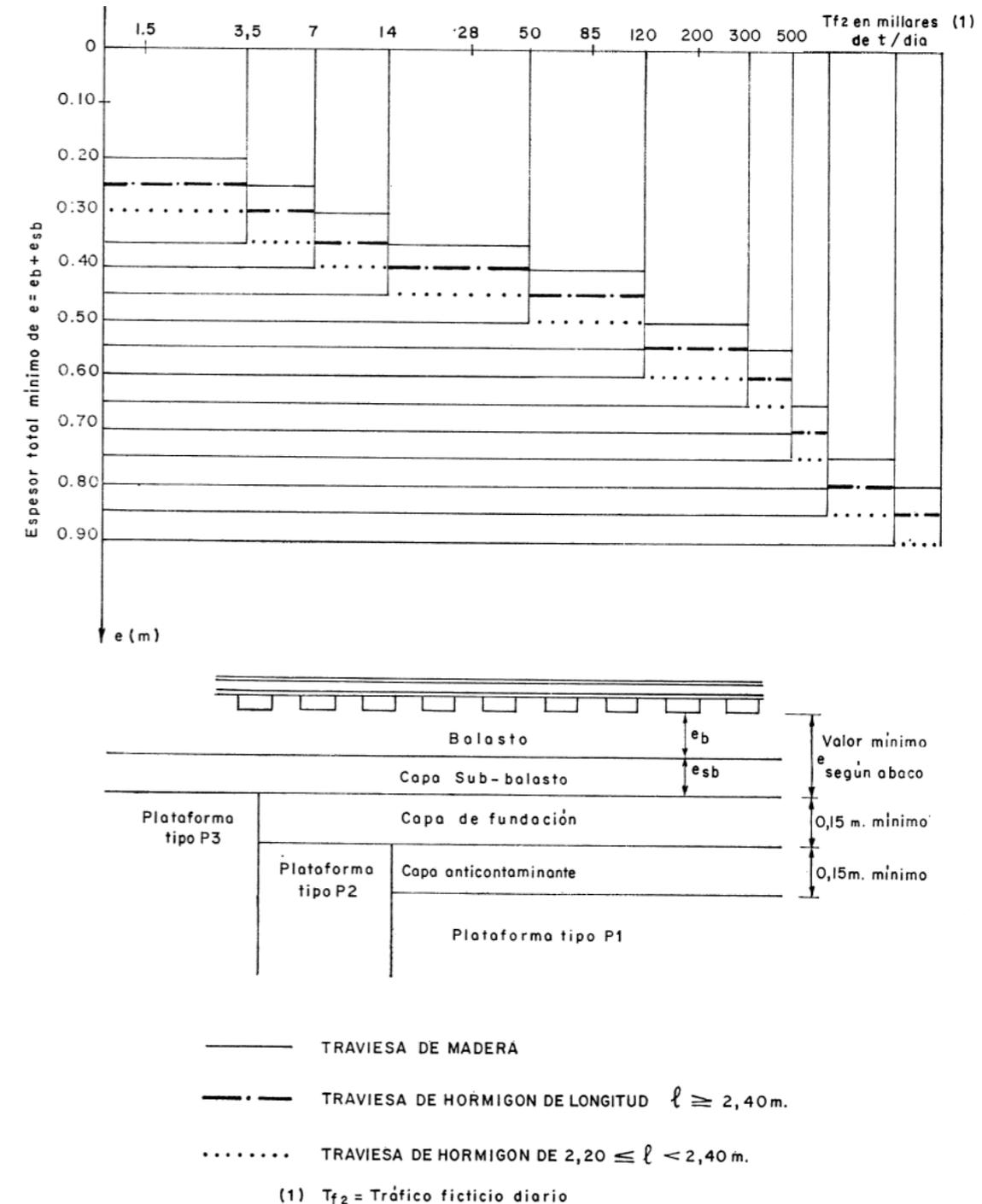
Grupo 4,  $e = 25$  centímetros.

# Espesor de la capa de Balasto

El valor de los **espesores** de **balasto** y de la capa **sub-balasto** se determinan teniendo en cuenta las siguientes prescripciones:

- El **valor mínimo del espesor de la capa sub-balasto** debe ser la **mitad del espesor total, e, del ábaco**. Cuando el espesor de la capa de balasto haya de ser superior a la mitad de e, el espesor del sub-balasto se aumentará en la misma cantidad.
- En las **vías de gran velocidad** (sobrepasando los 200 km/h), el espesor total, e, **no debe descender de 60 centímetros**, aunque, excepcionalmente, puede adoptarse el valor de 50 centímetros.
- El **espesor de la capa** de forma debe estar de acuerdo con los **valores de la tabla anterior**.
- **Según la calidad de la plataforma**, deben disponerse las **capas de asiento señaladas en la Norma 2-1-0.1**.

Para determinar estos espesores en las renovaciones de vía se precisa conocer la capacidad portante de la plataforma y mejorarla siempre que sea posible, ya que se obtienen mejores resultados mejorando esta capacidad que disponiendo mayor espesor en el balasto



# Secciones de la Banqueta

N. R. V. 3-4-1.0.

**ESPESOR DE LAS CAPAS DE ASIENTO EN FUNCION DEL TRAFICO FICTICIO DIARIO**

CLASE DE CAPACIDAD DE CARGA DE LA PLATAFORMA	CLASE DE CALIDAD DEL SUELO SOPORTE		
	QS1 SUELO MALO	QS2 SUELO MEDIO	QS3 <sup>(2)</sup> SUELO BUENO
<b>P1</b> PLATAFORMA MALA CBR ≤ 5	GRUPOS 4y3B      5 ≤ CBR 		
<b>P2</b> PLATAFORMA MEDIA 5 < CBR ≤ 20	GRUPOS 3By3A      5 < CBR ≤ 10 <p>             SUELO TRATADO CON LIGANTES - Espesor 0,30m.              o SUELO QS2 NO TRATADO - Espesor 0,55m.              o SUELO QS3 NO TRATADO - Espesor 0,40m.           </p>	GRUPOS 3Ay2      10 < CBR ≤ 20 	
<b>P3</b> PLATAFORMA BUENA 20 < CBR	GRUPOS 2y1c      20 < CBR ≤ 22 	GRUPOS 1Cy1B      22 < CBR ≤ 24 	GRUPOS 1By1A      24 < CBR 

- (1) SOLO CON CAPA DE FORMA EN SUELO TRATADO O EN SUELO QS2.  
 (2) CUANDO EL SUELO SOPORTE QS3 ESTA BIEN GRADUADO NATURALMENTE, PUEDE SUPRIMIRSE LA CAPA SUB-BALASTO (ES MUY EXCEPCIONAL)

Fig. 5.1.b.

# La Banqueta

---

La banquetta *es la parte de la vía sobre la que se dispone el armazón o armado de ésta (traviesas + carriles + sujeciones).*

Está comúnmente constituida por **áridos** que envuelven y sujetan las traviesas (arenas, tierras, grava, balasto, escorias machacadas, etc.).

La sección transversal de la banquetta es **trapezoidal**, con la base mayor sobre la plataforma y sus dimensiones son las descritas en las figuras de las páginas siguientes (solamente para las banquettas de balasto).

La relativa inmovilización que la banquetta ejerce sobre las traviesas, la produce el rozamiento interno de los áridos y el de las traviesas con estos.

Las **misiones que debe cumplir la banquetta** son las siguientes:

- **Arriostrar las traviesas** y, por lo tanto, los carriles a ellas sujetos, impidiendo los movimientos longitudinales y transversales de la vía y manteniendo la nivelación y alineación de ésta.
- **Amortiguar las acciones de los trenes** sobre el armado de la vía.
- **Repartir las cargas** verticales sobre la plataforma.

# La Banqueta

---

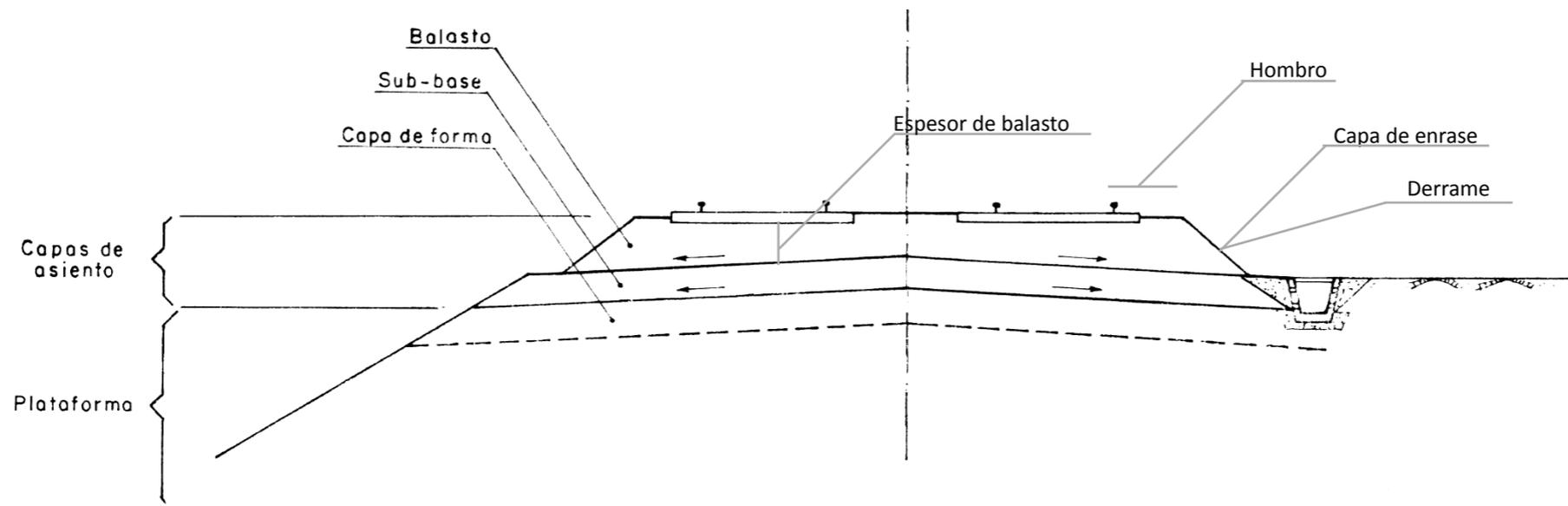
- **Facilitar el paso del agua** a su través para que sea evacuada de la plataforma y no se formen charcos y baches que deshacen la propia banqueteta.
- **Proteger a la plataforma** de las haladas, impidiendo la descomposición de la capa de forma.
- Debe **permitir**, mediante trabajos sencillos, **el mantenimiento** de la alineación y nivelación de la vía, cuando por el uso se degraden estas características (**banquetas bateables**).
- También la banqueteta debe tener la posibilidad de **recuperar su forma geométrica inicial**, mediante trabajos sencillos para que la vía continúe teniendo las mismas características durante todo el tiempo de su utilización (**banquetas perfilables**).

Inicialmente, los ferrocarriles carecían de banqueteta, se disponían las traviesas directamente sobre la explanación o se enterraban en el terreno, de manera que quedasen sujetas.

Cuando se comprobó que surgían grandes problemas de nivelación por insuficiencia de la capacidad portante de los suelos, se decidió disponer de un aviento de grava o arena que repartiese las cargas y facilitara la nivelación.

# Secciones de la Banqueta

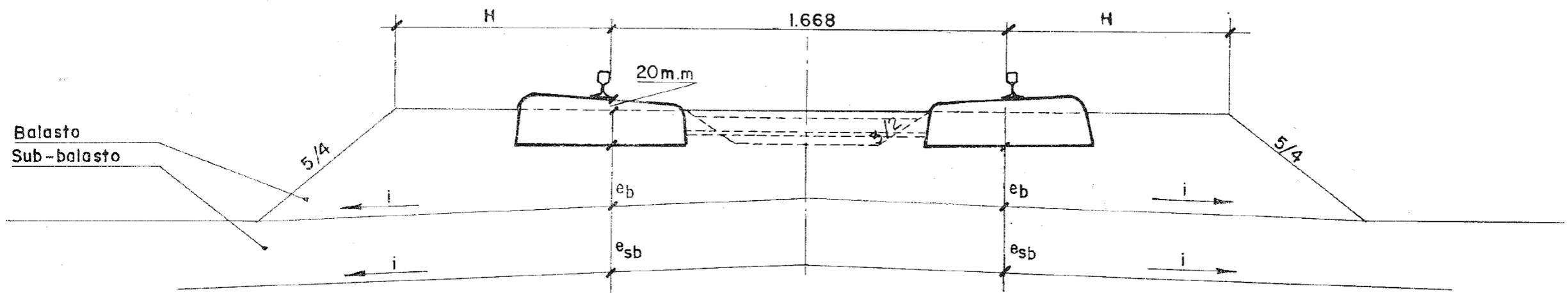
•En la figura se representan los siguientes elementos constitutivos de la misma:



- **Capa de enrase**: superficie que forma el volumen de balasto que constituye la banqueta.
- **Capa de forma**: capa de terminación de la plataforma.
- **Hombro de la banqueta**: distancia entre la arista superior de la banqueta y el carril más próximo.
- **Derrame**: superficie lateral de la banqueta, que es determinada por la caída natural del árido que forma la banqueta.
- **Sobrebanqueta**: elevación de balasto que refuerza el hombro.
- **Espesor de balasto**: distancia entre la cara inferior de la traviesa y la capa de forma (suponiendo que toda la banqueta sea de balasto).

# Secciones de la Banqueta

## Dimensiones de la banquetta exigidas por ADIF

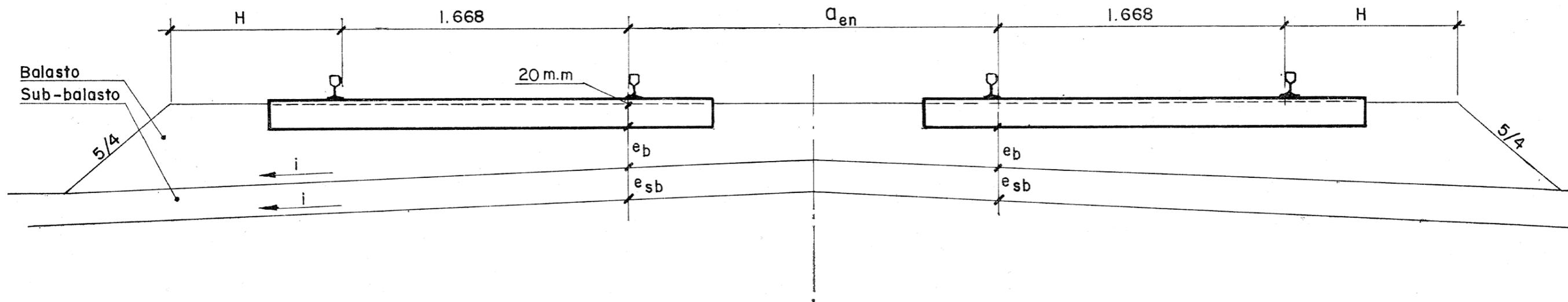


Dimensiones	Grupos. 1A y 1B	Grupos. 1B y 1C	Grupos. 1C y 2	Grupos 2 y 3A	Grupos 3A y 3B	Grupos 3B y 4
Espesores: $e_b = e_{sb}$	23 cm	23 cm	20 cm	18 cm	15 cm	13 cm
Capa de enrase	Superficie: 2 cm por debajo del punto mas bajo del patin del carril					
Hombro: H	105 cm	105 cm	100 cm	100 cm	95 cm	90 cm
Pendiente transversal: i	5 %	5 %	5 %	3 %	3 %	3 %

# Secciones de la Banqueta

## Dimensiones de la banqueta exigidas por ADIF

### VIA DOBLE



Dimensiones	Grupos 1Ay1B	Grupos 1By1C	Grupos 1Cy 2	Grupos 2y 3A	Grupos 3Ay3B	Grupos 3By4
Espesor: $e_b = e_{sb}$	23cm	23cm	20cm	18cm	15cm	13cm
Capa de enrase	Superficie: 2 cm por debajo del punto mas bajo del patin del carril.					
Hombro: H	105cm	105cm	100cm	100 cm	95 cm	90 cm
Ancho de entrevia: $a_{en}$	234cm	234cm	230cm	230 cm	220 cm	210 cm
Pendiente transversal: $i$	5%	5%	5%	3%	3%	3%

# El Balasto

---

**Balasto es un árido formado por piedra o roca machacada y cribada conforme a las normas que cada administración ferroviaria ha definido para su uso.**

En líneas generales, el balasto viene a ser una grava limpia con una dimensión media de sus elementos **entre 30 y 60 mm de diámetro.**

El porcentaje de elementos con tamaños entre 25 y 16 mm determinado a través de este ensayo no debe superar el 27 % en peso respecto a la muestra total.

El porcentaje de elementos con tamaños inferiores a 16 mm determinado a través de este ensayo no debe superar el 5 % en peso respecto a la muestra total. (anexo B de la norma UNE 146147 ).

Con balasto se constituyen las banquetas de los ferrocarriles modernos y por ello **debe existir una correlación clara entre lo que se exige a las banquetas y las características del balasto elegido para formarlas.**

# Forma del Balasto

---

Los elementos del balasto, *pedras*, deben tener **aristas vivas** para que, una vez consolidada la banqueta, tenga ésta el **mayor rozamiento interno posible**, mejorando la **estabilidad longitudinal y transversal de la vía**.

Deben tener **forma poliédrica** y nunca plana (*lajas*) o alargada (*agujas*).

Los elementos aciculares y lajosos tienden a romperse alterando la granulometría inicial de árido y creando zonas plásticas en la banqueta.

# Estudio petrográfico

---

El estudio **geológico – geotécnico** de la *cantera* se acompaña de un estudio petrográfico de muestras representativas del material procedente de la misma, a fin de realizar la **clasificación petrológica de la roca** y evaluar las posibles alteraciones de los minerales que la constituyen.

***El estudio petrográfico también permite destacar las características que determinan el comportamiento físico, químico y mecánico de la roca.***

El estudio constará de dos partes:

- una descripción macroscópica por evaluación visual (UNE-EN 932-3 )
- una descripción microscópica mediante el estudio de láminas delgadas.

Adicionalmente, cuando se considere necesario, se realizará un estudio por difracción de rayos X.

# Homogeneidad

---

El **ensayo de homogeneidad** se realizará cuando, al recoger una muestra de balasto para ensayo, se observe la existencia de partículas meteorizadas o blandas en un porcentaje estimado superior al **5 %** del total.

En estos casos se recogerá el número de muestras necesarias para que, una vez tamizadas por los tamices de aberturas **50 mm, 40 mm y 31,5 mm**, se obtenga un mínimo de **100 kg** de material retenido en el tamiz de **31,5 mm** y otros **100 kg** en el tamiz de **40 mm**.

De cada una de estas fracciones se seleccionan visualmente las piedras más meteorizadas o blandas, hasta conseguir el **5 %** de cada fracción (**5 kg ± 50 g**), conformando una muestra única de 10 kg que se someterá a un ensayo de desgaste Los Ángeles; según se describe en el apartado 2.9 de esta ET. Si el coeficiente de desgaste Los Ángeles cumple con los valores establecidos para el balasto, se considera que la homogeneidad es adecuada y el balasto es apto. En caso contrario, el balasto será rechazado.

Alternativamente, puede realizarse simplemente una extracción manual de los fragmentos meteorizados o blandos de una muestra seca para ensayo de, al menos, 40 kg de masa. **Se considera que el balasto tiene la homogeneidad adecuada cuando la masa de fragmentos meteorizados o blandos no supera el 5 % de la masa de la muestra.**

En este caso, además, debe recogerse una muestra complementaria de 15 kg de material alterado en el mismo lugar que la muestra de 40 kg, por si fuera necesario realizar el ensayo de desgaste Los Ángeles sobre ella.

# Dureza y Resistencia del Balasto

---

La presencia de aristas en el balasto da también elasticidad a la banqueta, acoplándose unas piedras a otras al paso de los trenes. Lo que exige para mayor duración de la elasticidad una determinada ***dureza a la compresión y gran resistencia al desgaste***.

También las ***operaciones de conservación*** de la vía con maquinaria pesada exigen de las *piedras* una ***alta resistencia al desgaste***.

# Limpieza del Balasto

---

El balasto debe estar prácticamente **exento de finos**, que ***cerrarían el paso del agua a través de la banquetta***, formándose ***zonas plásticas***.

Asimismo, no deben formarse finos en el choque entre las piedras porque tendríamos el mismo efecto que una presencia inicial de finos. Otra razón para exigir alta resistencia al desgaste.

# Naturaleza del Balasto

---

Las **rocas** de las que procede el balasto deben ser **homogéneas y no tener facilidad para disgregarse**, por ello no se emplean areniscas, pizarras o rocas sedimentarias similares.

Tampoco rocas que sean susceptibles a la oxidación o ataque químico por el agua o componentes que pueda llevar ésta en disolución (carbónico o sulfatos).

El balasto deberá proceder de la extracción de **rocas de cantera**, seguida de **machaqueo, cribado y clasificación** con o sin posterior tratamiento industrial que implique una modificación térmica.

Las rocas para extracción de balasto serán de naturaleza **silícea** y preferiblemente, de origen **ígneo** o **metamórfico**. Por tanto, no se admitirán las de naturaleza caliza ni dolomítica.

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

Debido al elevado precio de extracción de estas piedras citadas a causa de su dureza, se suele emplear en banquetas de exigencias menores (vías secundarias) balastos a base de **calizas duras**, denominado **balasto de segunda calidad o balasto B**.

Los procedentes de las rocas silíceas o ácidas se llaman *balastos de tipo A*. Resumiendo:

- Balastos A - ácidos - silicatos
- Balastos B - básicos/alcalinos - calizas (**deben evitarse**)

# Valoración de las Características del Balasto

---

Todas las administraciones ferroviarias establecen un ***riguroso sistema de control de las características del balasto.***

Ensayos de:

1. resistencia,
2. de forma y
3. de granulometría son los más frecuentes.

Se toman muestras de las propias canteras, de los acopios de las banquetas ya establecidas, e incluso de los trenes que transportan estas piedras. En cualquier caso, siempre hay que indicar de dónde procede la muestra.

# Ensayo a compresión simple

---

Valora el **comportamiento elasto-plástico de la piedra** y se relaciona directamente con la degradación del balasto.

Se efectúa este ensayo sometiendo una **probeta cilíndrica** (10 cm de alta y 5 cm de diámetro) a una carga axial sobre las caras planas.

***La carga por unidad de sección en el momento de la rotura es el parámetro buscado.***

*ADIF* exige más de 1.200 kp/cm<sup>2</sup>.

# Resistencia de la piedra al choque y desgaste

---

El desgaste del balasto tiene dos **efectos sobre las características de la banquetta**.

- La **producción de polvo** cierra los intersticios que quedan entre las piedras, impidiendo la libre salida del agua, formándose así zonas húmedas (*baches*), que convierten la banquetta en un lecho plástico.
- Y también, la **rotura y desgaste de las aristas** de las piedras hacen perder elasticidad a la banquetta.

Cuanto más resistente es la piedra al desgaste y al choque, más tiempo se mantienen las características de la banquetta.

Mediante el **ensayo de Los Angeles** se determina el coeficiente C (coeficiente de Los Angeles), que mide la característica citada.

Este coeficiente es el **porcentaje de finos** que se producen en una muestra de piedra, normalizada en granulometría y peso, cuando es molturada junto a un número determinado de bolas de acero dentro de un cilindro que gira por eje de revolución.

# Resistencia de la piedra al choque y desgaste

---

Las bolas, su peso, sus dimensiones, las dimensiones del cilindro, el número de vueltas, se fijan según el tipo de ensayo.

El ensayo más usado es el que emplea 10 k de piedra (5 k entre 1" y 1 1/2" y 5 k entre 3/4" y 1") con un cilindro de 508 mm de longitud y 711 mm de diámetro y doce bolas de acero iguales con un peso total de 5 k.

El número de vueltas de este ensayo es de 1.000, a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/s (30-33 r.p.m.).

***Para el balasto se exige un C máximo de 19%.***

# Valoración de la granulometría

---

Un balasto con la granulometría adecuada deberá poder cumplir dos funciones:

- **Primera:** sujetar y arriostrar las traviesas.
- **Segunda:** debe permitir el movimiento de los bates en un bato mecanizado y conseguir una nivelación estable.

La primera característica exige grandes dimensiones para las piedras, rechazando las pequeñas. La segunda exige piedras pequeñas, pero lo suficientemente grandes para que aguante la vibración de los bates, ya que es sabido que las piedras de pequeño tamaño se desmenuzan con más facilidad.

Por ello, compaginando todas las necesidades, se ha llegado a una granulometría del balasto un tanto especial y exigente.

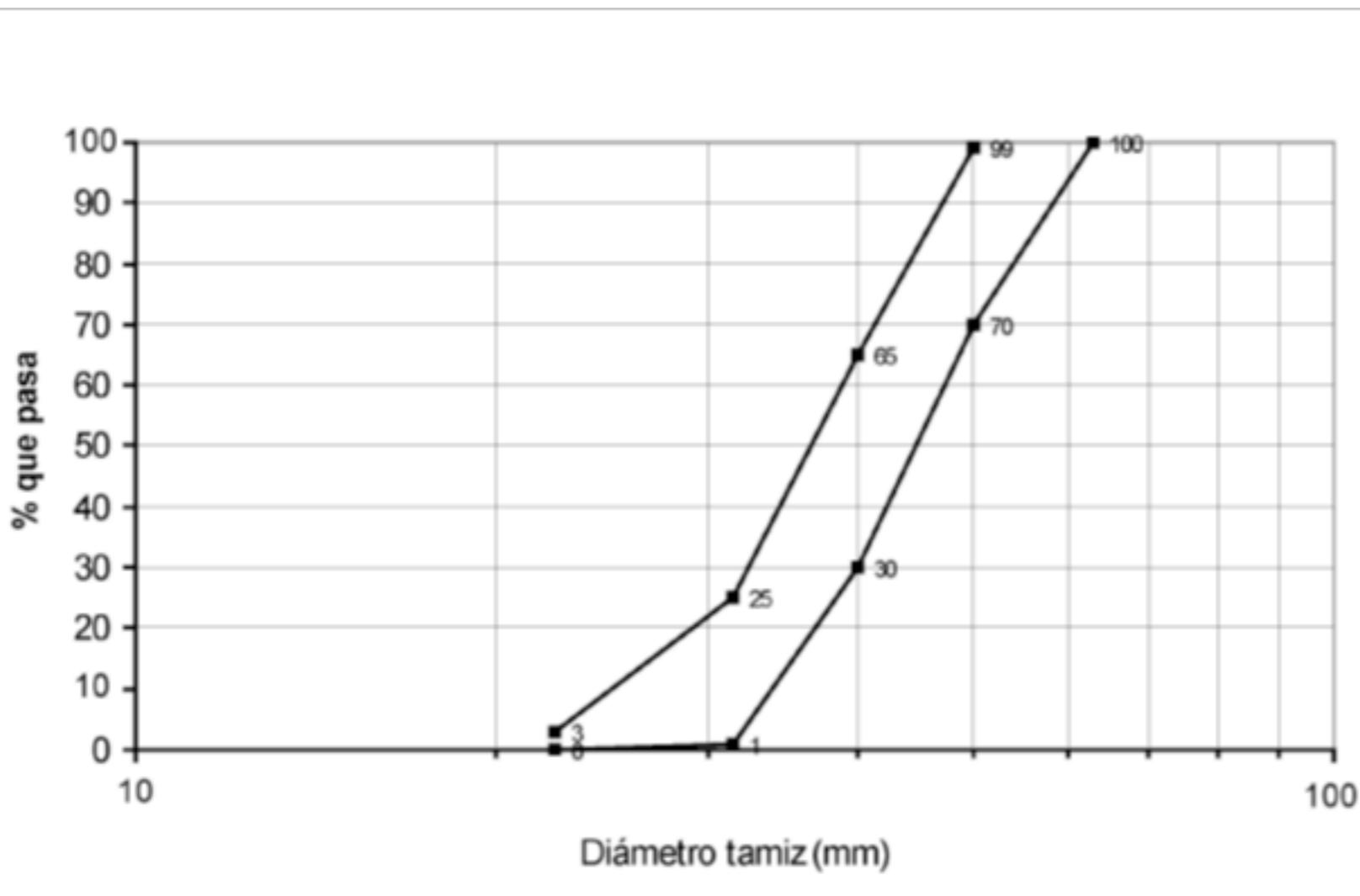
Este ensayo se realiza conforme a las prescripciones de la norma UNE-EN 933-1, por vía seca.

La serie de tamices a utilizar es 63 mm – 50 mm – 40 mm – 31,5 mm – 22,4 mm.

En cada uno de ellos deberá retenerse una cantidad variable de piedra que deberá estar entre unos porcentajes establecidos.

# Valoración de la granulometría

La representación gráfica de estas tolerancias en un diagrama donde en abscisas ponemos los diámetros y en ordenadas los porcentajes retenidos (acumulados), da lugar a los llamados **husos granulométricos**:



Curva granulométrica 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)

# Ensayos de Forma

---

## ELEMENTOS DE ESPESOR MÍNIMO

Este ensayo se realizará conforme a las prescripciones del anexo B de la norma UNE 146147.

El **porcentaje de elementos con tamaños entre 25 y 16 mm** determinado a través de este ensayo no debe superar el **27 % en peso respecto a la muestra total**.

El **porcentaje de elementos con tamaños inferiores a 16 mm** determinado a través de este ensayo no debe superar el **5 % en peso respecto a la muestra total**.

## ELEMENTOS CON DIMENSIÓN MÁXIMA $\geq$ 100 MM

Este ensayo consiste en **seleccionar, mediante calibre o plantilla**, todos los **elementos cuya longitud máxima sea mayor de 100 mm**. Una vez seleccionados dichos elementos se pesan y se calcula el **porcentaje de los mismos respecto de la masa total de la muestra**. No debe exceder dicho porcentaje del **4%** (para validación de canteras) o del 6% (para recepción de balasto).

Como en este ensayo hay que visualizar las piedras una por una, conviene realizarlo al mismo tiempo que se hace el ensayo de determinación de elementos aciculares y lajosos.

## ÍNDICE DE FORMA

El índice de forma de las partículas del balasto permite determinar el **porcentaje de elementos aciculares y lajosos** que contiene. Se calcula según la norma UNE-EN 933-4, utilizando una plantilla móvil (según UNE 146147) o un pie de rey sobre la fracción retenida en el tamiz de 22,4 mm.

**La muestra no podrá contener más del 10 % de elementos no cúbicos.**

# Ensayos de Forma

---

## PARTÍCULAS FINAS

Este ensayo se realiza tomando como **muestra la fracción de balasto que pasa por el tamiz de 22,4 mm** de abertura en el ensayo de granulometría.

Esta fracción se tamiza de nuevo a través de un **tamiz con abertura 0,5 mm**. El material que pase por este tamiz no debe constituir más del **0,6 %** (para validación de canteras) o del **1 %** (para recepción de balasto) en peso del total de la muestra utilizada en el ensayo de granulometría del balasto.

## FINOS

Este ensayo consiste en un tamizado por vía húmeda de una muestra de balasto, siguiendo las prescripciones contenidas en la norma UNE-EN 933-1, por un **tamiz de abertura 0,063 mm**.

La muestra se secará en estufa durante 10 horas y se dejará enfriar durante 2 horas antes de proceder a su lavado según indica la norma anterior.

El material que pase por el tamiz de 0,063 mm no debe constituir más del **0,5 %** (para validación de canteras) o del **0,7 %** (para recepción de balasto) en peso del total de la muestra utilizada.

## RESISTENCIA A LA ACCIÓN DE LA HELADA

## ENSAYO DE EBULLICIÓN

# Subbalasto

---

Se denomina así una **capa de áridos de exigencias técnicas menores que el balasto** que se coloca **entre el balasto y la plataforma** para proteger esta última.

El origen de su uso proviene del **aprovechamiento del balasto viejo en renovaciones o modernizaciones de líneas**. Se deja en estas obras el balasto viejo extendido sobre la plataforma y sobre el que se dispone la nueva banqueta.

Al comprobarse el buen resultado de esta medida, se ha tomado como costumbre el poner una capa de subbalasto en el montaje de líneas nuevas.

# Principales funciones del Subbalasto

---

- Protección de la parte superior de la plataforma contra la erosión que resulta, bien del punzonamiento de los elementos del balasto, bien de la acción del agua de lluvia.
- Protección de la plataforma de los efectos de las heladas.
- Repartición de las cargas transmitidas sobre la plataforma, obteniéndose el nivel de la parte superior de la plataforma las soluciones que tengan valores admisibles bajo el aspecto de la capacidad de carga del suelo o capacidad portante.

Su espesor depende:

- de las características del suelo propiamente dicho (naturaleza, sensibilidad a las heladas, carga portante, etc).
- características geológicas del lugar.
- condiciones climáticas.

# Referencias y Paginas Web

---

- Ferrocarriles. Apuntes de Clase. Jose Manuel Garcia Díaz de Villegas
- Infraestructuras Ferroviarias. Andrés López Pita