

# **PROYECTO FERROCARRIL CENTRAL**

## **Anexo D - Requisitos de calidad de construcción**

**Noviembre 2017**

## INDICE

1.	GESTION DE CALIDAD .....	6
2.	CONTROL DE CALIDAD Y GARANTIA DE LA CALIDAD.....	6
2.1	Procedimiento preliminar para aprobacion .....	6
2.2	Concesion de la aprobacion.....	6
3.	Geometria de la via.....	7
3.1	Geometria relativa de la via.....	7
3.2	Ancho de via y paso a nivel.....	8
3.3	Nivelacion longitudinal y alineación.....	8
3.4	Torceduras .....	8
3.5	Tolerancias .....	8
3.6	Posicion absoluta de via.....	9
3.6.1	Tolerancias .....	9
3.6.2	Mediciones de conformidad.....	9
4.	Superestructura.....	9
4.1	Espaciado del durmiente.....	10
4.2	Espaciado entre portadores.....	10
4.3	Fuera de la cuadratura de los durmientes .....	10
4.4	Anulacion de los durmientes y portadores.....	10
4.5	Fijaciones de riel .....	10
4.6	Soldaduras .....	10
4.7	Seccion transversal del balasto .....	11
4.8	Interruptores y cruces.....	11
4.9	Apisonamiento.....	11
5.	Subestructura de la via, drenaje y proteccion contra la erosion.....	12
5.1	Capa intermedia .....	13
5.1.1	Material.....	13
5.1.2	Construcción .....	13
5.1.3	Dimensiones.....	14
5.1.4	Capacidad de carga .....	14
5.2	Sub-base .....	15
5.2.1	Material.....	15
5.2.2	Construcción .....	15
5.2.3	Dimensiones.....	15
5.2.4	Capacidad de rodamiento .....	15
5.3	Material del terraplén.....	16
5.3.1	Material.....	16
5.3.2	Construcción .....	16
5.3.3	Dimensiones.....	16
5.3.4	Capacidad de rodamiento.....	17
5.4	Drenaje.....	17
5.4.1	Drenajes subterraneos.....	17
5.4.2	Pozos de drenaje .....	18
5.4.3	Zanjas abiertas.....	19
5.4.4	Alcantarillas .....	19
5.5	Protección contra la erosión.....	20
6.	Puentes estruCturas .....	21

## DATOS DE REFERENCIA.

Todas las normas que se mencionan en las ETI, son referencia a los fines del Proyecto Ferroviario y deben considerarse, incluyendo las siguientes normas específicas:

1. EN 13450:2002+AC:2004  
Aridos para balasto de ferrocarril.
2. EN 13848-1:2009+A1 A1 usos ferroviarios. Vía. Seguimiento de calidad de la geometría. Parte 1: Caracterización de la geometría de la vía.
3. EN 13848-2:2006 aplicaciones ferroviarias. Pista. Seguimiento de calidad de la geometría. Parte 2: Sistemas de medición. Seguimiento de registro de vehiculos
4. EN 13848-3:2009 Aplicaciones de ferrocarril. Vía. Seguimiento de calidad de la geometría. Sistemas de medición. Máquinas de construcción y mantenimiento de vías.
5. EN 13848-4:2011 Aplicaciones de ferrocarril. Vía. Seguimiento de calidad de la geometría. Sistemas de medición. Dispositivos manuales y ligeros
6. EN 13848-5:2014 Aplicaciones de ferrocarril. Vía. Seguimiento de calidad de la geometría. Parte 5. Niveles de calidad geométrica. Corriente, interruptores y cruces
7. EN 13848-6:2014 Aplicaciones de ferrocarril. Vía. Seguimiento de calidad de la geometría. Caracterización de la calidad de la geometría de Vía.
8. EN 13231-1:2013 Aplicaciones de ferrocarril. Vía. Recepción de obras. Parte 1: Trabajos en pista con balasto. Corriente, interruptores y cruces.
9. EN 14730-1:2017 Aplicaciones de ferrocarril. Vía. La soldadura aluminotérmica de rieles. Aprobación de procesos de soldadura
10. EN 14730-2:2006 Aplicaciones de ferrocarril. Vía. La soldadura aluminotérmica de rieles. Calificación de soldadores en aluminotérmica, aprobación de los contratistas y la aceptación de las soldaduras.
11. EN 14587-1:2007 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldadura en tope de rieles. Nuevos rieles grado, R220, R260, R260Mn y R350HT en planta fija.
12. EN 14587-2:2009 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldadura en tope de rieles. Nuevos rieles de grado R220, R260, R260Mn y R350HT hecho por máquinas de soldadura móviles en sitios que no sean una planta fija.
13. EN 14587-3:2012 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Soldadura a tope de rieles. Soldadura en asociación con la construcción de cruces.
14. EN 932-1: 1997 pruebas de propiedades generales de los áridos. Parte 1: Metodo para el muestreo.
15. EN 932-2: 1999 pruebas de propiedades generales de los áridos. Parte 2: Métodos para la reducción de muestras de laboratorio.
16. EN 932-3 + A1: 2003 Test de propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la Descripción petrográfica simplificada.
17. EN 932-5: 2012 Test de propiedades generales de los áridos. Parte 5: Equipo y calibración común.
18. EN 932-5/AC: 2014 Pruebas para propiedades generales de agregados. Parte 5: equipo comun y calibracion.
19. EN 932-6: 1999 pruebas de propiedades generales de los áridos. Parte 6: Definiciones de la repetibilidad y la reproducibilidad.
20. EN 933-1:2012 Pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 1: Determinación de la granulometría. Método de tamizado.

21. EN 933-2:2012 Pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 2: Determinación de la granulometría. Tamices, tamaño nominal de aberturas.
22. EN 933-3:2012 pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 3: Determinación de la forma de la partícula. Índice de descamación.
23. EN 933-4:2008 Pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 4: Determinación de la forma de la partícula. Índice de forma.
24. EN 933-5:2005 pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 5: Determinación del porcentaje de superficie machacada y rota en las partículas gruesas de agregado.
25. EN 933-6:2014 pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 6: Evaluación de las características de superficie. Coeficiente de flujo de agregados.
26. EN 933-7:1998 pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 7: Determinación del contenido de cáscara. Porcentaje de conchas en agregados gruesos
27. EN 933-8:2015 pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 8: Evaluación de las multas. Prueba equivalente de arena.
28. EN 933-9:2013 pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 9: Evaluación de las multas. Prueba de azul de metileno
29. EN 933-10:2009 Pruebas para las propiedades geométricas de los agregados. Parte 10: Evaluación de las multas. Clasificación de los agregados de relleno (tamizado de chorro de aire)
30. EN 12407:2009 Métodos de prueba de piedra natural. Examen petrográfico.
31. EN 13242 + A1: 2008 Áridos para materiales no ligados y ligados hidráulicamente para uso en trabajos de ingeniería civil y construcción de carreteras.
32. EN 13598-2:2016: Sistemas de tuberías de plástico para drenaje subterráneo sin presión y alcantarillado. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE). Parte 2: Especificaciones para pozos de registro y cámaras de inspección.
33. EN ISO 10147: 2013 Tuberías y accesorios hechos de polietileno reticulado (PE-X). Estimación del grado de reticulación por determinación del contenido de gel. (ISO 10147:2011)
34. EN 13251:2016: Geo textiles y productos relacionados con el geo textil. Características requeridas para su uso en terraplenes, cimientos y estructuras.
35. EN 10025 EN 10025-1:2004 Productos laminados en caliente de aceros estructurales. Parte 1: condiciones generales de entrega técnica.
36. EN 10025-2:2004 Productos laminados en caliente de aceros estructurales. Parte 2: Condiciones técnicas de entrega para aceros estructurales no aleados
37. EN 10025-3:2004 Productos laminados en caliente de aceros estructurales. Parte 3: Condiciones técnicas de entrega para aceros estructurales de grano fino soldables normalizados / normalizados
38. EN 10025-4:2005 Productos laminados en caliente de aceros estructurales. Parte 4: Condiciones técnicas de entrega para los aceros estructurales laminados termo mecánicos de grano fino soldables
39. EN 10025-5:2005 Productos laminados en caliente de aceros estructurales. Parte 5: Condiciones técnicas de entrega para aceros estructurales con resistencia a la corrosión atmosférica mejorada

40. EN 10025-6 + A1:2009 Productos laminados en caliente de aceros estructurales. Parte 6: Condiciones técnicas de entrega para productos planos de aceros estructurales de alta resistencia en estado templado y revenido.
41. EN 10346 Productos planos de acero revestidos por inmersión continua en caliente para conformación en frío. Condiciones técnicas de entrega.
42. EN 13476-3 + A1:2009 Sistemas de tuberías de plástico para drenaje subterráneo sin presión y alcantarillado. Sistemas de tuberías de pared estructurada de poli (cloruro de vinilo) (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE) no plastificados. Requisitos generales y características de rendimiento.
43. EN 10080 Acero para el refuerzo de hormigón. Acero de refuerzo soldable. General.
44. EN 10138-1:2000 Aceros pretensados - Parte 1: Requisitos generales
45. EN 13369 Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón.
46. EN 13670 Ejecución de estructuras de hormigón.
47. EN 124-1:2015 Topes de hilos de agua, tapas de alcantarilla, para áreas vehiculares y peatonales. Definiciones, calificación, principios generales de diseño, requisitos de rendimiento y métodos de prueba.
48. EN 508-1:2014 Productos de techado y revestimiento de chapa metálica. Especificación para auto portante de chapa de acero, aluminio o acero inoxidable.
49. EN 1916:2002 Tuberías y accesorios de hormigón, sin refuerzo, fibra de acero y reforzado.
50. EN 1917:2002 Bocas de inspección de hormigón y cámaras de inspección, no reforzadas, fibra de acero y reforzadas.
51. EN 206:2013+A1:2016 Hormigón. Especificación, rendimiento, producción y conformidad.
52. EN 9969:2016 Tubos termoplásticos. Determinación de la rigidez del anillo

#### Euro códigos para puentes y estructuras

53. EN 1990 Euro código: Bases de diseño estructural
54. EN 1991 Euro código 1: Acciones en estructuras (Parte 2: cargas de tráfico en puentes)
55. EN 1992 Euro código 2: Diseño de estructuras de hormigón
56. EN 1993 Euro código 3: Diseño de estructuras de acero
57. EN 1994 Euro código 4: Diseño de estructuras de acero y hormigón compuesto
58. EN 1995 Euro código 5: Diseño de estructuras de madera
59. EN 1996 Euro código 6: Diseño de estructuras de mampostería
60. EN 1997 Euro código 7: Diseño geotécnico
61. EN 1998 Euro código 8: Diseño de estructuras para resistencia sísmica
62. EN 1999 Euro código 9: Diseño de estructuras de aluminio

## 1. GESTION DE CALIDAD

Este documento establece requisitos de calidad para la fase de construcción del proyecto ferroviario. El contratista ferroviario deberá describir en un plan de calidad (el "**Plan de calidad**"), todas las acciones de aseguramiento de la calidad que se realizarán durante la construcción y puesta en marcha del proyecto ferroviario.

Las acciones mencionadas incluyen, pero no están limitadas, a los requisitos mencionados en este anexo y otras acciones necesarias, ensayos, pruebas y documentación que se requieren para asegurar la calidad de construcción y prueba del proyecto de ferrocarril. El Plan de calidad deberá ser aprobado por el administrador de la infraestructura que puede solicitar modificaciones, adiciones o aclaraciones al documento en cualquier momento durante la construcción y puesta en marcha.

## 2. CONTROL DE CALIDAD Y GARANTIA DE LA CALIDAD

El administrador de la infraestructura deberá comprobar y aprobar la calidad y el cumplimiento técnico de la construcción durante todas sus fases. Con el fin de la aprobación dada por el administrador de infraestructuras cada vía será inspeccionada por los expertos designados por el administrador de infraestructura. El contratista ferroviario deberá realizar las mediciones e informes de control de calidad. Los controles de calidad y registros documentales estarán disponibles para el administrador de la infraestructura en tiempo real. Las medidas o control se llevarán a cabo como se define en este anexo, el administrador de infraestructura puede solicitar mediciones documentadas adicionales o controles, o restringir la elección de los aparatos de medición. La aprobación no se dará hasta que se complete el trabajo de acuerdo a los requisitos establecidos en el presente documento.

Todos los materiales de construcción serán aprobados por el administrador de infraestructuras antes de la construcción.

### 2.1 Procedimiento preliminar para aprobacion

Después de terminados los trabajos de construcción, el contratista del ferrocarril informará por escrito que podrá realizar el procedimiento preliminar para lograr la aprobación del administrador de infraestructura. El administrador de la infraestructura llevará a cabo el procedimiento preliminar para aprobar las obras.

El procedimiento consistirá en lo siguiente:

- Comprobación de la lista y cuantificación de los trabajos realizados;
- Comprobación de los registros de mediciones y pruebas;
- Verificación de documentos según el contrato (por ejemplo, planos, notas de cálculo, certificados, control de calidad, etcétera)
- Listado de trabajos no realizados que estuvieran en el contrato;
- Listado de no conformidades.

El contratista deberá garantizar el personal y equipo solicitado por el administrador de la infraestructura para permitir la realización del procedimiento preliminar.

### 2.2 Concesion de la aprobación.

Los resultados del procedimiento preliminar serán:

- Se concede la aprobación; o
- La aprobación se concede con reservas.

Si se concede la aprobación, la decisión se notificará al contratista del ferrocarril.

Si la aprobación se otorga con reservas, se notificará al contratista ferroviario la decisión, el contratista tendrá la oportunidad de presentar una propuesta de plan de acciones correctivas al administrador de infraestructura. Una vez que las acciones correctivas sean aprobadas por el administrador de infraestructura, el contratista del ferrocarril llevará a cabo las acciones necesarias para corregir los defectos. Luego de tomar estas acciones, el Procedimiento Preliminar se aplicará de nuevo para verificar la corrección de los no cumplimientos o reservas y garantizar que estos han sido corregidos.

### **3. GEOMETRIA DE LA VIA.**

La Norma EN 13231-1 especifica los requisitos técnicos mínimos y las tolerancias para la aprobación de trabajos en la vía incluyendo requisitos y tolerancias para una vía de trocha estandar de 1435 mm, sea en tramos de construcción de una nueva vía y/o renovación de vías. Más particularmente, la Norma EN 13231-1 da los requisitos para la documentación de los parámetros de trabajo, para las tolerancias en la geometría de la vía y la posición del trazado y además para los procedimientos de aprobación. La geometría de la vía debe estar de acuerdo con la Norma EN 13231-1.

Antes de la aprobación de la geometría de la vía, se llevarán a cabo, registrarán y documentarán las siguientes mediciones o comprobaciones sea manualmente o por medios automáticos:

- Geometría relativa de vía única, interruptores y cruces según se especifica en el párrafo 4.4 de EN 13231 1; y
- Posición absoluta de la vía de vía única, interruptores y cruces según lo especificado en el párrafo 4.5 de EN 13231-1.

Se podrán utilizar otros mecanismos de medición alternativos a los propuestos siempre que estos se realicen con equipos certificados y que cumplan con Normas Técnicas Internacionales aprobadas por el administrador de la infraestructura.

#### **3.1 Geometria relativa de la via.**

Las mediciones de geometría de vía se efectuarán según se define en la Norma EN 13848-1.

La geometría de la vía se medirá mediante un vehículo de registro de vía o por una máquina de mantenimiento y construcción de vías con equipo de medición de acuerdo con EN 13848. También se podrá utilizar mediciones con dispositivos ligeros o manuales, de acuerdo con EN 13848.

La medición de la geometría del trazado según EN 13848 se realizará antes de la finalización del proyecto ferroviario.

### 3.2 Ancho de vía y paso a nivel.

La medición de ancho de vía y de cruces de nivel se efectuará:

- Mediante un vehículo de registro de vía que cumpla con EN 13848-2; o
- Mediante máquinas de construcción y mantenimiento de vías de acuerdo con los requisitos de EN 13848-3; o
- Mediante carros o dispositivos de medición de vía de operados manualmente, de acuerdo con los requisitos de EN 13848-4, con un mínimo de 10 mediciones en durmientes sucesivos, cada cien (100) metros.

### 3.3 Nivelación longitudinal y alineación.

Las mediciones para la nivelación longitudinal se emprenderán en ambos rieles. Se realizará la medición para la alineación en ambos rieles en la vía recta y en el riel exterior en las curvas:

- Mediante un vehículo de registro de vía que cumpla EN 13848-2; o
- Mediante máquinas de construcción y mantenimiento de vías de acuerdo con los requisitos de EN 13848-3; o
- Mediante carros o dispositivos de medición de vía de operados manualmente, de acuerdo con los requisitos de EN 13848-4.

### 3.4 Torceduras

Las mediciones de torceduras se efectuarán:

- Mediante un vehículo de registro de vía que cumpla con EN 13848-2; or
- Mediante máquinas de construcción y mantenimiento de vías de acuerdo con los requisitos de EN 13848-3; o
- Mediante carros o dispositivos operados manualmente, de acuerdo con los requisitos de EN 13848-4, Las mediciones se realizarán al menos cada tres (3) metros.

### 3.5 Tolerancias

Los requisitos de aprobación de geometría de vía aparecen EN 13231-1. La vía aprobada deberá cumplir con las tolerancias mostradas en la tabla 1 de EN 13231-1. El tipo de clase que se utilizará será la número dos. Las tolerancias serán para las medidas de la vía cargada.

Todas las mediciones deberán muestrearse a intervalos constantes basados en distancias no mayores de 0,5 metros o la que el administrador de la infraestructura defina. Para las máquinas de construcción de vías que se mueven de manera no continua y miden la geometría de la vía mientras se trabaja, el intervalo de muestreo puede extenderse hasta 1,5 metros o la que el administrador de la infraestructura defina.

El ancho de vía entre dos durmientes adyacentes no debe variar más de 1 milímetro (mm). Para mediciones realizadas por vehículos de registro de rieles, máquinas de construcción y mantenimiento de rieles o carros rastreadores de medición, el riel no debe variar en más de 3 milímetros (mm) por 1,5 metros.

En cuanto al nivel longitudinal y la alineación de vías planas:

- a) las mediciones se realizarán utilizando el rango de longitud de onda D1 de acuerdo con EN 13848-1;
- b) el método de análisis será 'de media a máxima'; y
- c) para mediciones de cuerda, se aplicara lo siguiente:



- 1) en los resultados de medición de cuerda, la media de deslizamiento para cada punto se tomará en una longitud no mayor a 40 metros considerando un intervalo simétrico;
- 2) para la alineación, el corredor definido por la media y las tolerancias debe incluir el valor de diseño; De lo contrario, se tomará el defecto entre el valor de diseño y el pico;
- 3) las mediciones de cuerda mediante vehículos de registro o máquinas de mantenimiento de vías y se realizarán mediante una cuerda asimétrica con una relación del 40% al 60%, que debe ser de 10 metros de largo; para medidas en carros o dispositivos operados manualmente, se puede permitir una cuerda simétrica con 10 metros (en curvas) y 20 metros en vías rectas;
- 4) en vehículos de registro, máquinas de construcción y mantenimiento de vías, fabricadas antes de emisión de esta norma, se pueden usar una cuerda simétrica; y
- 5) para las mediciones realizadas por un sistema de cuerdas con longitudes de base distintas a 10 metros, los resultados se convertirán en cuerda asimétrica de 10 metros (40% a 60%)...

La longitud de la base de torsión será normalmente de 3 metros, y el método de análisis será 'de cero a pico'. En las curvas de transición con una torsión de diseño, las tolerancias se considerarán a partir de la torsión de diseño, pero no desde la línea cero, sin exceder los valores límite de intervención establecida en EN 13848-5.

El administrador de la infraestructura podrá aprobar métodos alternativos basados en Norma Técnicas autorizadas.

### **3.6 Posición absoluta de vía**

#### **3.6.1 Tolerancias**

La vía aceptada, cumplirá con la clase AP3 (EN 13231-1 Tabla 3), que define las tolerancias para la desviación de la posición de diseño de vía, o la que el administrador de la infraestructura defina

#### **3.6.2 Mediciones de conformidad.**

Las mediciones de conformidad deben referirse a un punto de referencia definido en la vía, y el punto de referencia debe definir la posición exacta de la vía. Los requisitos para la medición de cumplimiento se describen con más detalle en el Apéndice B3 (Sistema de referencia geodésico, red de control geodésico y mediciones de construcción ferroviaria).

## **4. SUPERSTRUCTURA**

EN 13231-1 especifica los requisitos técnicos mínimos y las tolerancias para la aprobación de obras en vías de balasto situadas en una vía llana y en interruptores, cruces y dispositivos de expansión de rieles, como parte de la vía, para ferrocarriles de vía de 1.435 milímetros de ancho de vía, con respecto tanto a la construcción de una nueva vía como a la renovación de la vía.

El administrador de la infraestructura podrá aprobar métodos alternativos basados en Norma Técnicas autorizadas.

Antes de la aprobación de la infraestructura ferroviaria terrestre (la "Superestructura"), se

realizarán las siguientes mediciones o comprobaciones cuando corresponda, manual o por medios automáticos, y se documentarán:

- la posición del durmiente o del portador, la anulación de durmientes o portadores según lo especificado en los párrafos 4.6.2, 4.6.3, 4.6.4 y 4.6.5 de EN 13231-1;
- El ensamblaje correcto y la integridad de las sujeciones, almohadillas y aisladores de los rieles especificados en el párrafo 4.6.6 de EN 13231-1;
- soldaduras según lo especificado en el párrafo 4.6.7 de EN 13231-1 (superficie de rodadura y borde de rodadura);
- sección transversal del balasto según lo especificado en el párrafo 4.6.10 de norma EN 13231-1;
- las medidas o verificaciones específicas para interruptores y cruces y dispositivos de expansión de rieles, según se especifica en los párrafos 4.7 y 4.8 de norma EN 13231-1;
- trabajos de apisonamiento como se especifica en el párrafo 5.2 of EN 13231-1;
- trabajo de estabilización dinámica como se especifica en el párrafo 5.3 of EN 13231-1;
- compactación de balasto como se especifica en el párrafo 5.4 de EN 13231-1;
- el daño causado a los rieles, durmientes, fijaciones, cierres, cables y otros equipos, o donde el proceso de trabajo haya desplazado a los durmientes, a las fijaciones o a las almohadillas de rieles; y
- todo el seguimiento del cumplimiento de los materiales con los criterios o especificaciones de aprobación relevantes del Administrador de Infraestructura, en particular la aprobación de las obras asociadas, así como la aprobación del material proporcionado por el proveedor.

#### **4.1 Espaciado del durmiente**

La desviación permitida del espacio entre durmientes diseñada, será de  $\pm 20$  mm y se comprobará mediante muestreo al menos cada 200 m o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga. El número de durmientes dentro de 1000 metros estará dentro del 0.5% del número designado.

#### **4.2 Espaciado entre portadores**

La desviación admisible del espaciado del portador diseñado en casos individuales deberá ser  $\pm 10$  mm|.

#### **4.3 Fuera de la cuadratura de los durmientes**

La desviación admisible de la cuadratura de los durmientes debe ser de  $\pm 10$  mm.

#### **4.4 Anulación de los durmientes y portadores**

La calidad del apisonamiento se comprobará mediante muestreo del 10% de los durmientes y fijaciones o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga. Todos los durmientes y fijaciones deben estar completamente apoyados debajo de los rieles.

#### **4.5 Fijaciones de riel**

Todos los sistemas de sujeción deben estar completos y correctamente instalados.

#### **4.6 Soldaduras**

La aprobación de los trabajos de soldadura en combinación con los trabajos de vía está

cubierta por las Normas EN 14730 y EN 14587 o las que el administrador de la infraestructura disponga. Se requerirán pruebas no destructivas para verificar la integridad de las soldaduras.

#### 4.7 Sección transversal del balasto

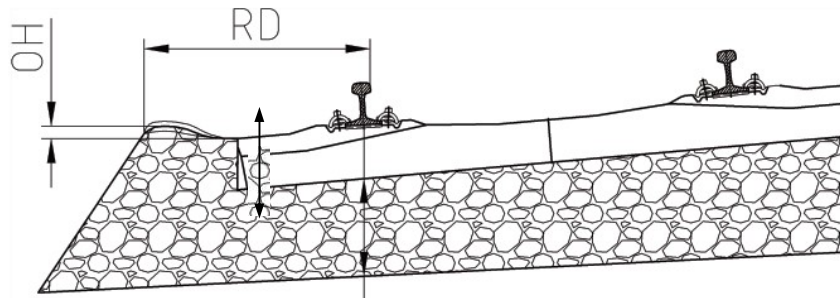
Cada tipo de sección transversal del balasto se comprobará en cada kilómetro o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga y se documentará. La sección transversal del balasto de la vía aceptada deberá cumplir con las tolerancias en la Tabla 1, a continuación. No se permite balasto encima de durmientes.

**Tabla 1 Tolerancias para la sección transversal del Balasto**

Parámetro	Desviación del valor de diseño
Espesor de balasto (BT) <sup>a)</sup>	+ 15% / 0%
Distancia entre el eje de riel y el hombro de balasto (RD)	+ 10 cm / 0 cm
Inclinación de pendiente de balasto (SB)	+ 10 %
Altura sobre hombro de balasto (OH)	+ 2 cm / 0 cm

a) Espesor de balasto (altura) debe medirse debajo de la almohadilla del riel, instalada entre durmiente y riel

Los parámetros de la **Tabla 1** se definen en la **Figura 1**.



Indicadores

- BT Espesor de balasto
- RD distancia entre el eje de rodadura del riel y el hombro de balasto
- SB Inclinación de pendiente de balasto
- OH Altura sobre el hombro de balasto

#### Figura 1 Sección transversal del balasto

Los requisitos para material de balasto se muestran en el Anexo B (*Especificaciones técnicas*) y otros requisitos para el balasto se describen en las Normas EN 13450 y EN 932.

#### 4.8 Interruptores y cruces

Los requisitos de mediciones específicas y controles de calidad para interruptores y cruces se muestran en EN 13231-1.

#### 4.9 Apisonamiento

Los requisitos del trabajo de apisonamiento se describen en EN 13231-1. Las máquinas

de apisonado deben estar equipadas con sistemas capaces de medir los parámetros de trabajo de apisonamiento. La calidad del trabajo de las máquinas apisonadoras se debe evaluar y documentar midiendo la geometría relativa de la vía. La información sobre las tolerancias y la resolución de los parámetros de trabajo se documentará en el manual del fabricante de la máquina. Las verificaciones de calibración y validez se llevarán a cabo de acuerdo con el manual del fabricante de la máquina. El contratista del Ferrocarril enviará los siguientes parámetros de compactación al Administrador de Infraestructura para su aprobación. Las obras no se realizarán antes de que se haya recibido la aprobación del Administrador de la infraestructura con respecto a lo siguiente:

- Duracion del trabajo de compactcion;
- Frecuencia de herramientas de compactacion; y
- Presion dinamica de compactacion.

La consolidación del balasto será necesaria después del apisonamiento para restaurar la resistencia lateral completa de la vía. Esto puede lograrse naturalmente por la acción del tráfico o por otras medidas, por ejemplo el uso de un estabilizador de rastreo dinámico.

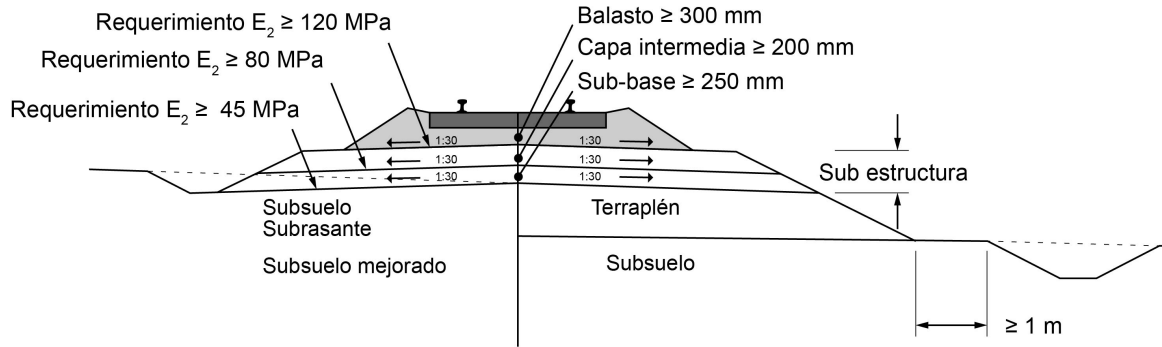
## **5. SUBESTRUCTURA DE LA VIA, DRENAJE Y PROTECCION CONTRA LA EROSION.**

Los agregados de subestructura de vías, drenaje y protección contra la erosión deben construirse de acuerdo con el Anexo B (Especificaciones técnicas). Las propiedades generales de los áridos se someterán a ensayos de acuerdo con la norma EN 932. Las propiedades geométricas de los áridos se analizarán de acuerdo con él EN 933. El administrador de la infraestructura podrá aprobar metodos alternativos basados en Norma Técnicas autorizadas.

EN 13242 especifica las propiedades de los agregados obtenidos por proceso natural, manufacturado o materiales reciclados para materiales hidráulicamente consolidados y no consolidados que se utilicen en la construcción de obras de carretera y de ingeniería civil. La evaluación de la conformidad de los agregados de la subestructura de vía se efectuará según EN 13242. El administrador de la infraestructura podrá aprobar metodos alternativos basados en Norma Técnicas autorizadas.

No se permite la mezcla de diferentes materiales agregados en balasto y capas intermedias. El material no deberá estar contaminado o contener impurezas como materias orgánicas.

Una sección transversal típica de las estructuras de vía deberá ser como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2 Capas de vía**

### 5.1 Capa intermedia

La capa intermedia debe formar un sustrato plano y de soporte para la superestructura. Además, evita que la capa de soporte se mezcle con las capas estructurales subyacentes.

#### 5.1.1 Material

Los requisitos de material para el agregado se muestran en el Anexo B (Especificaciones técnicas).

La granularidad total se examinará de acuerdo con EN 933. La frecuencia mínima de prueba de la granulometría en cada sitio de construcción individual es una vez por día, o cada 2000 toneladas, dependiendo de qué requisitos se cumplan primero, o las que el administrador de la infraestructura disponga. La granularidad también se probará siempre cuando se cambie la fuente de suministro del material.

#### 5.1.2 Construcción

La colocación de la capa agregada se realizará como se muestra en la Figura 3.

**Figure 2.7: Illustration of Incorrect Layer Plac**

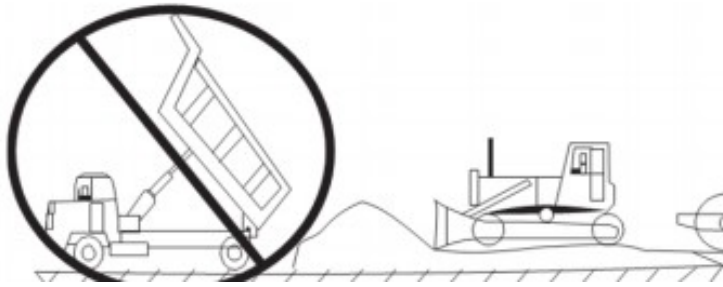
would lead to non-uniform lift thickness, poor mixing effort.



**Figura 3 Colocacion correcta de la capa.**

La colocación incorrecta de la capa puede generar un espesor de elevación no uniforme y un esfuerzo de compactación no uniforme, por lo que este método de colocación no está permitido (Figura 4).

orrect and the correct method respectively.



**Figura 4 Colocación incorrecta de la capa**

El agregado seco se irrigará durante la compactación.

### 5.1.3 Dimensiones

El perfil de la capa intermedia será como se muestra en el documento "Secciones transversales del ferrocarril".

Las desviaciones admisibles de las secciones transversales de la capa intermedia serán las siguientes:

- Desviación individual de la superficie superior de la capa -35 mm ... 0 mm;
- Desviación media de la superficie superior de la capa -20 mm ... 0 mm; o
- Ancho de capa 0 mm ... 50 mm.

Las dimensiones de la capa intermedia se verificarán cada 20 metros o la distancia que el administrador de infraestructura disponga.

### 5.1.4 Capacidad de carga

La capacidad de rodamiento describe la calidad de la estructura. Cada capa de una capa intermedia debe tener un módulo E de  $E_2 \geq 120$  MPa y la relación debe ser  $E_1 / E_2 \leq 2,3$ . Las mediciones se realizarán utilizando la prueba de carga de placa estática. Las pruebas se realizarán cada 100 metros desde la línea central de la capa intermedia y cada 300 metros desde ambos bordes de la capa intermedia, o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga.

Por encima de la secuencia de prueba establecida siempre se aplicará al mínimo sobre el primer kilómetro de la capa construida. En caso de que todos los resultados de medición cumplan con los requisitos establecidos, el Contratista de Ferrocarriles puede acordar con el administrador de infraestructura que el método de prueba se debe cambiar a un método de topografía. La topografía del método se puede aplicar cuando no hay cambios en los materiales, la maquinaria o los métodos de trabajo. Siempre que se cambie uno de los requisitos previos para utilizar el método de topografía, se realizarán pruebas cada 100 metros desde la línea central de la capa intermedia y cada 300 metros desde ambos bordes de la capa intermedia por lo menos a una distancia de un kilómetro antes del método o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga. La topografía puede aplicarse de nuevo si se repiten las condiciones arriba descritas o lo dispone el administrador de infraestructura.

Cuando se aplica el método de topografía, las pruebas de carga de placas estáticas se realizarán cada 300 metros desde la línea central de la capa intermedia y cada 600 metros por turno desde un borde de la capa intermedia o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga. Los requisitos para los resultados de las pruebas permanecen invariables.

## **5.2 Sub-base**

### **5.2.1 Material**

Los requisitos de materiales para el agregado se muestran en el Anexo B (Especificaciones técnicas).

La granularidad total se examinará de acuerdo con EN 933. La frecuencia mínima de prueba de la granularidad en cada sitio de construcción individual es una vez por día o por 5.000 toneladas, dependiendo de los requisitos que se cumplan primero o la frecuencia que el administrador de la infraestructura disponga. La granularidad también se probará siempre cuando se cambie la fuente del material.

### **5.2.2 Construcción**

La construcción de la sub-base debe realizarse como se describe en la Figura .

Se colocara roca triturada seca, durante la compactacion.

### **5.2.3 Dimensiones**

El perfil de la sub-base será como se muestra en el documento "Secciones transversales del ferrocarril".

Las desviaciones admisibles de las secciones transversales de subbase, seran las siguientes:

- Desviación individual de la superficie superior de la capa -35 mm ... 0 mm;
- Desviación media de la superficie superior de la capa -20 mm ... 0 mm; y
- ancho de capa 0 mm ... 100 mm.

Las dimensiones de la sub-base se verificarán cada 20 metros o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga.

### **5.2.4 Capacidad de rodamiento**

La capacidad de rodamiento describe la calidad de la estructura. Cada capa de sub-base debe tener un módulo E de  $E_2 \geq 80$  MPa y la relación debe ser  $E_1 / E_2 \leq 2,5$  DPR de densidad de procesador  $\geq 96\%$ . Las mediciones se realizarán utilizando la prueba de carga de placa estática y la prueba de densidad de proctor modificada. Las pruebas se realizarán cada 150 metros desde la línea central de cada pista y cada 300 metros a una distancia de 1,0 metros desde ambos bordes de la base secundaria o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga.

Por encima de la secuencia de prueba establecida siempre se aplicará al mínimo sobre el primer kilómetro de la capa construida. En caso de que todos los resultados de medición cumplan con los requisitos establecidos, el Contratista de Ferrocarriles puede acordar con el Administrador de Infraestructura que el método de prueba se debe cambiar a un méto-

do de topografía. La topografía del método se puede aplicar cuando no hay cambios en los materiales, la maquinaria o los métodos de trabajo. Siempre que se cambie una de las ventajas para utilizar el método topográfico, se realizarán pruebas cada 100 metros desde la línea central de la base secundaria y cada 300 metros desde ambos bordes de la base secundaria por lo menos a una distancia de un kilómetro antes el método topográfico puede aplicarse de nuevo.

Cuando se aplica el método de topografía, las pruebas de carga de placa estática se realizarán cada 300 metros desde la línea central de la base secundaria y cada 600 metros desde 1.0 metro del borde de la base secundaria o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga. Los requisitos para los resultados de las pruebas permanecen invariables.

### **5.3 Material del terraplén**

#### **5.3.1 Material**

Los requisitos de materiales para el agregado nuevo se muestran en el Anexo B (Especificaciones técnicas).

La granularidad total se examinará de acuerdo con EN 933. Las pruebas se llevarán a cabo:

- Para cada 4000 m<sup>3</sup>;
- siempre que se observe una desviación visual de la granularidad; y
- Siempre que la fuente del material esté cambiando.
- O la frecuencia que el administrador de la infraestructura disponga

#### **5.3.2 Construcción**

Para el control de asentamiento, todos los nuevos terraplenes donde la nueva elevación de la vía debe ser  $\geq 3.5$  metros por encima de la superficie terrestre existente, el terraplén se construirá primero hasta el nivel inferior de la base secundaria y se dejará en su lugar durante al menos cuatro meses antes de construcción de las siguientes capas o el tiempo que el administrador de la infraestructura disponga.

La calidad del suelo y el nivel de las aguas subterráneas se supervisarán constantemente y se compararán con los diseños detallados. Si se detectan cambios, se interrumpirá el trabajo y se realizarán investigaciones adicionales. El nivel de agua subterránea se reducirá a 0,5 metros por debajo de la superficie de corte si el nivel de agua subterránea está por encima de la superficie de corte.

La construcción del terraplén se realizará como se describe en la Figura 2. El espesor máximo de una capa será de 500 mm. La capa superior de suelo y las piedras de más de un (1) m<sup>3</sup> se deben eliminar por completo y el nivel inferior se nivelará y compactará. No debe haber manchas de recolección de agua en la superficie. El fondo del corte se realizará de acuerdo con las "Secciones transversales del ferrocarril". Las piedras que se elevan por encima de la superficie de corte deben quitarse.

#### **5.3.3 Dimensiones**

El perfil del terraplén será como se muestra en "Secciones transversales del ferrocarril".



Las desviaciones admisibles de las secciones transversales del terraplén serán las siguientes:

- Nivel de corte -100 mm ... 0 mm;
- Distancia horizontal desde la línea central del riel hasta el borde inferior de la pendiente 0 mm ... + 200 mm;
- Posición horizontal de la zanja  $\pm$  150 mm; y
- Altura del fondo de la zanja: 100 mm ... 0 mm.

Las dimensiones del terraplén se verificarán cada 20 metros o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga.

#### **5.3.4 Capacidad de rodamiento.**

La capacidad de rodamiento describe la calidad de la estructura. Cada capa de terraplén debe tener un módulo E de  $E_2 \geq 45$  MPa y la relación debe ser  $E_1 / E_2 \leq 3,0$  DPR de densidad de proctor  $\geq 95\%$ . Las mediciones se realizarán utilizando la prueba de densidad de proctor modificada por la prueba de carga de placa estática. Las pruebas se realizarán cada 150 metros desde la línea central de cada pista y cada 300 metros a una distancia de 1,0 metros desde ambos bordes del terraplén.

Por encima de la secuencia de prueba establecida siempre se aplicará al mínimo sobre el primer kilómetro de la capa construida. En caso de que todos los resultados de medición cumplan con los requisitos establecidos, el Contratista de Ferrocarriles puede acordar con el Administrador de Infraestructura que el método de prueba se debe cambiar a un método de topografía. La topografía del método se puede aplicar cuando no hay cambios en los materiales, la maquinaria o los métodos de trabajo. Siempre que se cambie una de las ventajas para utilizar el método de levantamiento, se realizarán pruebas cada 100 metros desde la línea central del terraplén y cada 300 metros desde ambos bordes del terraplén, por lo menos a una distancia de un kilómetro antes de que el método de topografía se pueda aplicar de nuevo o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga.

Cuando se aplica el método de topografía, las pruebas de carga de placas estáticas se realizarán cada 300 metros desde la línea central del terraplén y cada 600 metros en turnos a partir de 1,0 metros desde un borde del terraplén o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga. Los requisitos para los resultados de las pruebas permanecen invariables.

### **5.4 Drenaje**

El sistema de drenaje consistirá en zanjas, desniveles, alcantarillas, taludes de terraplenes y bombas.

El drenaje en diferentes secciones de la línea del Ferrocarril debe diseñarse basándose en levantamientos de terreno o en un modelo de terreno lo suficientemente preciso.

La ubicación de las estructuras de drenaje debe medirse durante los trabajos. La ubicación de un sistema de drenaje se marcará en los planos 'como están construidos'. Cuando se instala debajo de la vía, la parte superior de la estructura de drenaje debe estar debajo de la capa sub-base.

#### **5.4.1 Drenajes subterráneos**

El diámetro interior de las tuberías de drenaje puede ser un 10% más pequeño que el diámetro de diseño.

Los requisitos de materiales para los drenajes subterráneos serán los siguientes:

- En las áreas de tráfico por carretera y junto a este, los drenajes subterráneos deben ser SN8 grado PE o tuberías PP;
- El tubo de desagüe de drenaje (alternativa 1) sin perforar al menos el diámetro del tubo de plástico SN4 PE  $\geq$  250 mm; y
- El tubo de desagüe de drenaje (alternativa 2) diámetro del tubo de hormigón  $\geq$  300 mm.

La excavación de la nivelación de los drenajes subterráneos debe ser  $\pm$  20 mm. El fondo del pozo se compactará de acuerdo con los requisitos de compactación de la subestructura. El espesor del sustrato debe ser de al menos 150 mm

Las tuberías se deben conectar a los pozos y a las tuberías de inspección con firmeza para garantizar que el material de tierra no pueda entrar al pozo. Al conectar los pozos, se debe usar un tubo de plástico rígido si el tubo de drenaje no es lo suficientemente rígido. El tubo de protección se debe instalar de modo que se extienda al menos a 0,5 metros del pozo a la tierra dura.

Al final de la tubería de descarga, Quedará aproximadamente 0,3 metros de longitud y el borde inferior será de al menos 200 mm por encima del fondo de la zanja. El punto de descarga se debe proteger contra la erosión.

La inclinación de los drenajes subterráneos debe ser de al menos 0.4% grados. La desviación admisible de inclinación será  $\pm$  0,2 x del gradiente que se muestra en los documentos de diseño. La desviación de la posición horizontal admisible de los documentos de diseño es  $\pm$  200 mm. La desviación de altura admisible de los documentos de diseño es de  $\pm$  50 mm.

#### **5.4.2 Pozos de drenaje**

El diámetro interno de los pozos de drenaje (DN / ID) debe ser de al menos 600 mm y el volumen de la trampa de arena debe ser de al menos 55 l. El tubo de inspección DN / ID debe ser al menos de 300 mm.

En las áreas de tráfico, los desagües y las tuberías de inspección tendrán capacidad de carga de D400 (400 kN). En otras partes, la capacidad de carga debe ser al menos C250 (250 kN). El grosor de la cubierta debe ser tal que permanezca firmemente en su lugar.

Las cubiertas de los pozos en las áreas de tráfico de carreteras, deberán fabricarse y probarse según EN 124. Los requisitos de material para tanques y tuberías deben estar de acuerdo a norma EN 13598-2.

Los pozos y las tuberías de inspección deben instalarse en un fondo nivelado. El grosor de la capa de relleno bajo el pozo debe ser de 150 mm. El fondo de la excavación se compactará de acuerdo con los requisitos de compactación de las subestructuras. Los pozos se construirán a intervalos de al menos 50 metros o la distancia que el administrador de la infraestructura disponga. La profundidad del fondo del pozo debe ser 500 mm

más baja que la superficie del agua más baja. El anillo de pozo más bajo debe tener 1 metro de alto, incluida la losa inferior.

El espesor del material de relleno alrededor de los pozos debe ser al menos de 400 mm y el tamaño máximo permitido del agregado es de 64mm. Para la compactación del material de relleno, el requisito de densidad de proctor modificado será de  $\geq 95\%$  DPR. La inclinación vertical del pozo y el tubo de inspección, no deben superar los 10mm en la distancia de 1 metro. Los pozos y la desviación de la posición horizontal de las tuberías de inspección, no deben exceder  $\pm 100$  mm.

#### 5.4.3 Zanjas abiertas

Las zanjas se excavarán de acuerdo con las dimensiones dadas en los documentos de diseño, teniendo en cuenta la excavación adicional requerida por la protección contra la erosión. La parte inferior del ancho de la zanja debe ser al menos de 0.5 m y la inclinación de las laderas debe ser de acuerdo con los documentos de diseño. Las zanjas deberán tener una inclinación mínima de 0.3%.

La zanja no debe tener ninguna desviación funcional o apariencia diferenciada del formulario que se muestra en los documentos de diseño. El fondo de la zanja no debe tener más de 50 mm, y el fondo no debe estar por encima de la altura especificada en los documentos de diseño:

- Ubicación de los puntos de plegado – 0,15 m ... +0,15 m;
- Posición horizontal -0,1 m ... 0 m; and
- Bottom level -0,1 m ... 0 m.

#### 5.4.4 Alcantarillas

Se permiten alcantarillas de hormigón, acero o piedra debajo de las estructuras de vías. La resistencia a la corrosión admisible de los tubos de alcantarilla de acero debe presentarse en los diseños de construcción. El uso de plástico solo está permitido en el lado de las vías.

El diámetro no debe reducirse cuando está aguas abajo. El requisito de uniformidad para la plataforma de instalación de la alcantarilla es  $\pm 15$  mm 3 m en gradientes planos. El nivel y el nivel de cimentación deben asegurarse antes de la instalación de la tubería. La alcantarilla tiene una inclinación longitudinal de al menos 1.0%. Excepcionalmente, se puede usar pendiente de 0.5%.

El extremo de la alcantarilla se hará de acuerdo con los diseños previstos. Si el material de protección contra la erosión no se detalla en los documentos de diseño, la protección contra la erosión debe estar hecha de balasto.

La desviación admisible del nivel vertical de la alcantarilla es + 0... 50 mm y la desviación horizontal  $\pm 100$  mm. La desviación admisible de la línea central (rectitud) de la alcantarilla es de  $\pm 15$  mm en 3 metros.

La diferencia de nivel entre los extremos de la alcantarilla no debe diferir en más de  $\pm 20$  mm de la diferencia de nivel indicada en los Documentos de diseño.

La ubicación y la altura de cada alcantarilla se medirán durante el montaje. Los resultados de la medición se registrarán en la lista de alcantarillas.

La de cama balasto se realizará de acuerdo con los documentos de diseño. El lecho debe ser de grava o roca triturada de tamaño de agregado 0/32 o con un tamaño de grano máximo de no más de 2/3 del espesor del lecho, pero no más de 150 mm. Cuando se requiera un geo textil para la cama, el requisito mínimo es el producto de la categoría N4. El lecho se extenderá más allá del espesor de la cama en los extremos de la alcantarilla.

La excavación debe mantenerse seca durante el trabajo de compactación. El lecho de piedra debe compactarse en capas de  $\leq 300$  mm.

A nivel del suelo, la cama debe extenderse al menos 1200 mm más allá del borde exterior de la alcantarilla.

La desviación máxima permitida del nivel de la cama a una distancia de 3 metros será de  $\pm 20$  mm. La desviación admisible del espesor del lecho debe ser + 0.1 m y el ancho + 0.2 m. La resistencia de la cama se presentará en los Documentos de diseño.

La tasa de compactación será  $\geq 95\%$  Dpr. Se deben hacer al menos dos (2) mediciones de compactación cada una para la estructura y la capa.

Los requisitos para tuberías de concreto se presentarán de acuerdo con la Norma EN 1916, y los requisitos de los pozos de acuerdo con la Norma EN 1917.

El material de la alcantarilla de acero debe estar de acuerdo con la Norma EN 10025.

Los materiales para tubos de acero galvanizado y galvanizado con aluminio deben cumplir los requisitos de EN 10346.

La materia prima de los tubos plásticos de polietileno y polipropileno utilizados para las alcantarillas debe cumplir con los requisitos de la norma EN 13476-3. De acuerdo con estos estándares, los tubos de plástico deben clasificarse en clases de rigidez de anillo.

La rigidez del anillo se determinará de acuerdo con EN 9969.

En los casos que el administrador de la infraestructura lo entienda conveniente podrá fijar otras Normas Técnicas de referencia.

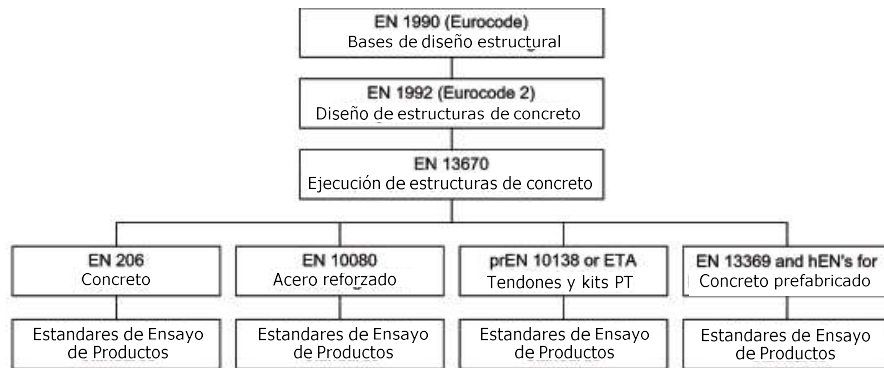
## **5.5 Protección contra la erosión**

El Contratista del Ferrocarril establecerá en los Documentos de diseño cómo se implementará la protección contra la erosión de las estructuras de vías, que incluirá:

- Cómo construir protección para la erosión;
- Criterios de calidad, tolerancias y documentación de calidad.

## 6. PUENTES ESTRUCTURAS

Todos los puentes y estructuras de concreto se deben diseñar y construir de acuerdo con los estándares EN en la Figura 5 a continuación. La Figura 5 se refiere solo a las partes principales de las normas EN, sin embargo, el Contratista Ferroviario debe encontrar y considerar todas las sub partes de las Normas EN para la Fase de Construcción del Proyecto Ferroviario.



**Figura 4 Estándares europeos para obras de hormigón**

Los puentes y las estructuras deben diseñarse de acuerdo con los Euro códigos 1...9 (Euro code EN 1990 - 1999).

Todos los puentes nuevos deben diseñarse con una capa de balasto de al menos 550 mm medida desde la parte superior de la cama. El modelo de carga para nuevos puentes y estructuras ferroviarias será LM71-25 (Euro código EN 1991- Parte 2 Cargas en puentes). El modelo de carga para los puentes y estructuras ferroviarias existentes debe ser LM71-22,5 (Euro código EN 1991- Parte 2 Cargas en puentes).

El modelo de carga para nuevos puentes y estructuras de carreteras deberá estar de acuerdo con las normas vigentes y utilizadas en Uruguay.

**Nota: Todas las verificaciones deberán realizarse de acuerdo a las cantidades y distancias establecidas, pero podrán realizarse verificaciones adicionales en caso de que el Administrador de Infraestructura así lo disponga.**