

MINISTERIO DE TRANSPORTE
VICEMINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA



MinTransporte
Ministerio de Transporte

MANUAL DE NORMATIVIDAD FÉRREA

Parte I

**DEFINICIÓN DE ASPECTOS TÉCNICOS DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN,
OPERACIÓN, CONTROL Y SEGURIDAD**

2013

Contenido

1.0	OBJETIVO.....	4
2.0	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	5
2.1	ESPECIFICACIONES GEOMÉTRICAS DE TRAZADO	5
2.1.1	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DEL TRAZADO.....	5
2.1.2	PARÁMETROS DE TRAZADO.....	6
SECCIÓN 1.	ALINEACIÓN DE VÍA.....	6
SECCIÓN 2.	RADIO DE CURVA EN PLANTA	6
SECCIÓN 3.	PERALTE.....	7
SECCIÓN 4.	INSUFICIENCIA DE PERALTE.....	11
SECCIÓN 5.	CURVAS DE TRANSICIÓN EN PLANTA	13
SECCIÓN 6.	TROCHA	16
SECCIÓN 7.	SOBREANCHO DE VÍA.....	17
SECCIÓN 8.	TRAZADO EN ALZADO. PENDIENTES.....	18
SECCIÓN 9.	TRAZADO EN ALZADO. ACUERDOS VERTICALES	19
SECCIÓN 10.	GÁLBO ESTRUCTURAL.....	23
SECCIÓN 11.	. GÁLBO DE MATERIAL RODANTE.....	31
SECCIÓN 12.	DISTANCIA ENTRE EJES DE VÍA	32
2.2	ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA FERROVIARIA.....	34
SECCIÓN 1.	SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA	34
SECCIÓN 2.	DIMENSIONAMIENTO DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA	38
2.3	DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	43
SECCIÓN 1.	SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VÍA FÉRREA	43
SECCIÓN 2.	DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN TRASVERSAL DE VÍA FÉRREA	43
2.4	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE ESQUEMAS DE VÍA. LOCALIZACIÓN DE CAMBIAVIAS Y APARTADEROS.	52
SECCIÓN 1.	ESQUEMAS DE VÍA, CAMBIAVÍAS Y APARTADEROS.....	52
SECCIÓN 2.	RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA LOCALIZACIÓN DE ESTOS ELEMENTOS EN UNA LÍNEA FÉRREA	52
2.5	RECOMENDACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE ESTACIONES Y PATIOS DE MANIOBRA.....	53

SECCIÓN 1. ESTACIONES Y APEADEROS	53
SECCIÓN 2. INSTALACIONES EN ESTACIONES.....	55
 3.0 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN	 61
 3.1 EXCAVACIONES Y MOVIMIENTO DE TIERRAS	 62
SECCIÓN 1. DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO	62
SECCIÓN 2. EXCAVACIONES	63
SECCIÓN 3. SUPLEMENTO POR TRANSPORTE DE MATERIAL	80
 3.2 CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	 81
SECCIÓN 1. RELLENOS DE TIERRAS	81
SECCIÓN 2. CONTROL DE LA COMPACTACIÓN DE OBRAS DE TIERRA	102
 3.3 CONFORMACIÓN DE INFRAESTRUCUTRA Y SUPERESTRUCUTRA DE VIA.....	 103
SECCIÓN 1. INFRAESTRUCTURA	103
SECCIÓN 2. SUPERESTRUCTURA	113
 3.4 OBRAS DE DRENAJE	 114
SECCIÓN 1. ELEMENTOS DE DRENAJE	114
SECCIÓN 2. OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL. ALCANTARILLAS	124
 3.5 INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA. RECOMENDACIONES GENERALES	128
SECCIÓN 1. ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA SUPERESTRUCTURA FERROVIARIA.....	128
SECCIÓN 2. LOGÍSTICA DE SUMINISTROS DE COMPONENTES A OBRA	128
SECCIÓN 3. PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN POR FASES	130
 3.6 INSTALACIÓN DESVÍOS, CAMBIAVÍAS Y APARTADEROS. RECOMENDACIONES GENERALES ...	 138
SECCIÓN 1. INSTALACIÓN DE CAMBIAVÍAS	138
SECCIÓN 2. APARTADEROS	139
 3.7 ESPECIFICACIONES PARA EL BALASTO.....	 140
SECCIÓN 1. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA EL BALASTO	140
SECCIÓN 2. RECEPCIÓN DEL BALASTO EN OBRA.....	143
SECCIÓN 3. PUESTA EN OBRA DEL BALASTO	145
 3.8 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE LA VÍA. CALIFICACIÓN DE VÍA	 146
SECCIÓN 1. ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE UNA NUEVA VÍA.	146
SECCIÓN 2. ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE VÍA EXISTENTE.....	148

SECCIÓN 3. CALIFICACIÓN DE VÍA	149
3.9 OTRAS RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS	162
SECCIÓN 1. RECOMENDACIONES EN LO REFERIDO A PROTECCIÓN DE TALUDES	162
<u>4.0 ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN Y CONTROL FERROVIARIO</u>	<u>167</u>
SECCIÓN 1. LIMITACIONES A LA CARGA Y OTROS ASPECTOS.....	167
SECCIÓN 2. INSTRUCCIONES PARA EL PERSONAL A CARGO DE LA OPERACIÓN	168
SECCIÓN 3. VELOCIDADES DE OPERACIÓN SEGÚN EL TIPO DE SERVICIO.....	171
SECCIÓN 4. CAPACIDAD TEÓRICA Y REAL DE UN CORREDOR FERROVIARIO	172
SECCIÓN 5. OPERACIÓN FERROVIARIA.....	174
SECCIÓN 6. OPERACIÓN DEL MATERIAL RODANTE	194

1.0 OBJETIVO

El objeto de este documento es la elaboración de capítulos de normatividad férrea para Colombia teniendo en cuenta aspectos técnicos de diseño, construcción, operación y control ferroviario, así como la complementación del glosario de términos técnicos ferroviarios, con el objetivo de regular las especificaciones mínimas de diseño, a ser utilizadas o acatadas por las empresas de construcción, mantenimiento y operación férrea en el territorio nacional.

2.0 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Estas especificaciones tienen por objeto guiar al proyectista durante el proceso de diseño de las infraestructuras ferroviarias en lo que se refiere a los campos de proyecto del trazado, superestructura ferroviaria, dimensionamiento de la sección transversal y recomendaciones para diseño de estaciones.

2.1 ESPECIFICACIONES GEOMÉTRICAS DE TRAZADO

2.1.1 Factores que influyen en el diseño del trazado

Los principales factores que influyen en el diseño del trazado ferroviario son los siguientes:

- Velocidad de proyecto de la línea férrea en cuestión.
- Criterios de seguridad frente al descarrilamiento.
- Orografía del terreno por la que discurre el trazado.
- Clasificación de la línea: mercancías, pasajeros o mixto.
- Gálibos de elementos fijos de la infraestructura y gálibos del material rodante.
- Aceleraciones transversales en curvas en planta.

2.1.2 Parámetros de trazado

Sección 1. Alineación de vía

Artículo 1. El radio de curva y la pendiente de la vía principal son determinantes para asegurar el rendimiento de alta capacidad y alta velocidad del transporte ferroviario, teniendo en cuenta el esfuerzo de tracción y la velocidad máxima de diseño.

Artículo 2. El radio de la curva de la vía principal (excluyendo las curvas dentro de un desvío y próximas a un desvío, denominadas en adelante como “curva incidental a un desvío”) y la pendiente de la vía principal, teniendo en cuenta el rendimiento del material rodante y otros factores, será determinada para obtener aproximadamente al menos el 80% de la velocidad máximo de diseño, excluyendo los casos prohibidos por la topografía, es decir rodeo de obstáculos naturales (ríos, gargantas, montañas, etc.) donde sea costoso la construcción de túneles y viaductos. Sin embargo, la pendiente de la vía principal de la línea en cual la operación es llevada a cabo por tracción locomotora será tal que permita la carga de tracción de diseño para esta línea, teniendo en cuenta el rendimiento de la locomotora y otros factores.

Sección 2. Radio de curva en planta

Artículo 3. El radio de curvatura será fijado para no perjudicar la explotación segura, teniendo en cuenta la capacidad de rendimiento del tren en curvas, la velocidad de la operación, y otros factores relevantes.

Artículo 4. La curva en planta a lo largo de una plataforma de vía principal será fijada con el mayor radio posible.

Artículo 5. Un radio de curva que no perjudica la explotación segura en la vía principal cumplirá con los siguientes criterios, teniendo en cuenta la magnitud de la inclinación, la velocidad de explotación y otros factores:

(1) Radio de curva de las vías ordinarias:

El radio de la curva (excluyendo una curva incidental a un desvío) de las vías ordinarias (incluyendo todas las líneas de trocha yárdica y de trocha internacional) no será menor que 160 m, y el radio de una curva incidental a un desvío no será menos que 100 m.

(2) Radio de curva de las vías especiales:

El radio de la curva de las vías especiales (excluyendo una curva incidental a un desvío) no será menos que 100 m. Esto no es aplicable a los casos prohibidos por la topografía.

- (3) Sin perjuicio de las provisiones de (1) y (2), en secciones donde únicamente operan material rodante con una construcción que toma en consideración el paso por curvas cerradas, el radio de curva mínimo puede tener un valor correspondiente al rendimiento de curvatura de dicho material rodante.
- (4) Sin perjuicio de la provisión de (1), el radio de curva de las vías ordinarias puede ser un valor correspondiente al rendimiento de curvatura del material rodante cuando el radio de la curva está prohibido por la topografía y (i) cuando el valor calculado del radio de coeficiente de descarrilamiento estimado es superior a 1.2, o (ii) cuando dicho valor es menor que 1.2, y un dispositivo anti descarrilamiento estará previsto.

El Radio de coeficiente de descarrilamiento estimado se entiende como:

$$\text{Radio de coeficiente de descarrilamiento estimado} = \frac{(\text{Coeficiente de descarrilamiento crítico})}{(\text{Coeficiente de descarrilamiento estimado})}$$

Donde,

Coeficiente de descarrilamiento = Y/Q

Y = Carga de rueda lateral

Q = Carga de rueda vertical

Todas las disposiciones referentes al artículo 5 deben ser analizadas y justificadas por un profesional especialista en trazados férreos, de manera que se justifique que el proyecto de la línea férrea ha tenido en cuenta estos aspectos de seguridad.

- (5) Sin perjuicio de las provisiones (1) a (4), para la parte útil del andén, excluyendo las partes finales del mismo donde hayan pocos pasajeros o no existan puertas de andén que conecten con el material rodante, se establece que:
- a) Los andenes deberán estar preferentemente en planta recta, aceptándose andenes con planta curva en casos justificados
 - b) En el caso de que se precisen andén de planta curva por causa justificada, se recomienda que la curva en planta del andén no sea inferior a 400 m, por motivos de accesibilidad al material rodante.
 - c) Para el caso de ferrocarriles urbanos de viajeros, se respetará la provisión 5-a. En el caso justificado de que el andén precise planta curva, el diseñador justificará el radio mínimo según la tipología del material rodante previsto.

Sección 3. Peralte

Artículo 6. Para prevenir el vuelco del material rodante (criterio de seguridad) y por criterio de confort de pasajeros, el peralte será proporcionado según el gálibo, el radio de curva, la velocidad de circulación, etc., para

resistir la fuerza centrífuga y la fuerza del aire ejercida sobre ellos. Esta regla no se aplica, sin embargo, a zonas como las agujas, curvas incidentales a una aguja, y vías laterales que no permiten la provisión del peralte pero que son protegidos por medidas de protección incluyendo restricciones de velocidad para que no haya peligro de vuelco de unidades.

Artículo 7. El peralte será aumentado o disminuido progresivamente a lo largo de una distancia determinada antes, durante y después de una curva de forma justificada por un técnico especialista en trazado ferroviario, teniendo en cuenta la cantidad de peralte y la velocidad y estructura del material rodante, para que no haya posibilidad de intromisión en la operación segura de la unidad.

Artículo 8. El peralte suministrado a las curvas circulares de los ferrocarriles, cumplirán con los siguientes criterios, teniendo en cuenta la fuerza centrífuga ejercida sobre el material rodante durante su desplazamiento. El especialista en trazado ferroviario chequeará la condición de vuelco en reposo y con diferentes velocidades según el tipo de material rodante, trocha, radio de la curva y la acción del viento.

- (1) El peralte teórico para vías ordinarias será el valor calculado usando la siguiente fórmula. Sin embargo, en el caso de una curva incidental a un desvío o similar, ésta no se aplica con la provisión de que ha sido verificado que no haya peligro de vuelco del material rodante debido a medidas como la restricción de la velocidad,

$$e = B V^2 / 32,16 R \quad (8.1)$$

En esta fórmula, e, B, V y R representan los siguientes valores.

e: Peralte de equilibrio (unidad: pies)

B: distancia entre ejes de rieles (unidad: pies)

V: Velocidad promedio de un tren atravesando la curva (unidad: en pies por segundo)

R: Radio de la curva (unidad: pies)

- (2) Esta fórmula dará, para ángulos pequeños donde el seno y la tangente son aproximadamente iguales, el valor teórico de la sobreelevación de equilibrio del riel exterior de la curva respecto del nivel del riel inferior. De lo anterior, se puede deducir la siguiente fórmula aproximada:

$$E = 0.0007 \cdot V^2 \cdot D \quad (8.2)$$

Dónde:

E = Elevación de equilibrio entre rieles medido entre ejes de rieles (unidad: pulgadas)

D = grado de la curva (unidad: grados sexagesimales)

V = velocidad (unidad: millas por hora)

Artículo 9. Se define la velocidad de equilibrio en curva como aquella para la cual, la dirección de la fuerza resultante del peso del vehículo y la fuerza centrífuga es perpendicular al plano de la vía. Por tanto, las componentes de la fuerza centrífuga y el peso en el plano de la vía están equilibrados. Si fuese posible operar todo tipo de tráficos a la misma velocidad en curva, la condición ideal de conducción suave y mínimo desgaste del riel se obtendría por simple equilibrio de fuerzas. Sin embargo, la vía en curva soporta varios tipos de tráfico diferentes circulando a distintas velocidades, generando que los trenes lentos produzcan un desgaste mayor del ordinario en el hilo bajo o riel interior, mientras que los trenes más rápidos causan un desgaste mayor en el riel exterior o hilo alto.

Artículo 10. La caja del vehículo asume una posición diferente cuando la velocidad del mismo es mayor que la velocidad de equilibrio. En este caso, el peralte no será lo suficientemente efectivo para compensar la fuerza centrífuga generada por el movimiento circular del vehículo. Con esta fuerza no compensada actuando en el centro de gravedad de la caja del vehículo, la misma será desplazada hacia el lado exterior de la curva y péndula mediante muelles y resortes hacia este lado. En condiciones normales, cuando el vehículo circula a una velocidad mayor que la de equilibrio, la caja no se inclinará un ángulo mayor, medido desde la vertical que el ángulo de inclinación del plano de la vía. La diferencia entre el ángulo de inclinación de la vía y el ángulo de inclinación de la caja del vehículo se denomina ángulo de balanceo. Cuanto menor es el ángulo de balanceo, mayor es el confort obtenido dentro de la caja del vehículo en curvas.

Artículo 11. La seguridad y confort son los condicionantes que limitan la velocidad de paso de un tren de pasajeros por una curva. Cualquier nivel de velocidad que proporciona comodidad en la circulación por una curva se encuentra dentro de los límites por seguridad. La experiencia ha demostrado que los vehículos convencionales de pasajeros circularían con una conducción confortable por una curva a una velocidad tal, que requeriría un incremento aproximado de 76 mm por encima de la posición de equilibrio de fuerzas. El equipamiento diseñado con rodamientos de gran diámetro, estabilizadores de balanceo y perchas laterales abatibles pueden circular por curvas cómodamente con un peralte no compensado de más de 76 mm porque hay menos balance de la caja del vehículo. Se sugiere que las unidades de pasajeros equipadas con los equipos anteriores, se sometan a pruebas para determinar la magnitud de balanceo de la caja del vehículo. Estas pruebas se deberán realizar en vías rectas, mediante la colocación de cuñas de madera en un lado del vehículo y utilizando tornos para mover el coche dentro y fuera de estas cuñas. Los vehículos se elevarán hasta 3 alturas: usualmente 50 mm, 100 mm y 150 mm. Si el ángulo de balance es menor de 1 grado y 30', la experiencia indica que el vehículo puede circular por curvas cómodamente entre 100 y 300 mm de peralte sin compensar.

Artículo 12. El hilo bajo o riel interior de la curva se debe mantener preferiblemente en un nivel correcto¹.

Equilibrium Elevation for Various speeds on Curves																				
D = Degree of Curve	V = Speed in Miles per Hour																			
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
0° 30'	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2	1/2	3/4	3/4	1	1-1/4	1-1/2	1-1/2	1-3/4	2	2-1/4	2-3/4	3	3-1/4	3-1/2	
1° 00'	1/4	1/4	1/2	1/2	3/4	1	1-1/4	1-1/2	1-3/4	2-1/4	2-3/4	3	3-1/2	4	4-1/2					
1° 30'	1/4	1/4	1/2	3/4	1	1-1/2	1-3/4	2-1/4	2-3/4	3-1/4	4	4-1/2								
2° 00'	1/4	1/2	3/4	1	1-1/2	1-3/4	2-1/4	3	3-1/2	4-1/4										
2° 30'	1/4	1/2	3/4	1-1/4	1-3/4	2-1/4	3	3-3/4	4-1/2											
3° 00'	1/4	1/2	1	1-1/2	2	2-3/4	3-1/2	4-1/2												
3° 30'	1/4	3/4	1	1-3/4	2-1/4	3-1/4	4	5												
4° 00'	1/2	3/4	1-1/4	1-3/4	2-3/4	3-1/2	4-1/2													
4° 30'	1/2	3/4	1-1/2	2	3	4														
5° 00'	1/2	1	1-1/2	2-1/4	3-1/4	4-1/2														
5° 30'	1/2	1	1-3/4	2-1/2	3-1/2	4-3/4														
6° 00'	1/2	1	1-3/4	2-3/4	4															
6° 30'	1/2	1-1/4	2	3	4-1/4															
7° 00'	1/2	1-1/4	2	3-1/4	4-1/2															
7° 30'	3/4	1-1/4	2-1/4	3-1/2	4-3/4															
8° 00'	3/4	1-1/2	2-1/4	3-1/2																
9° 00'	3/4	1-1/2	2-3/4	4																
10° 00'	3/4	1-3/4	3	4-1/2																
11° 00'	1	1-3/4	3-1/4	5																
12° 00'	1	2	3-1/2																	

$$E = 0.0007V^2D$$

Based on rounding up to nearest 1/4"

The formula within this table can be used to calculate additional values.

Fig. 12.1. Peralte de equilibrio. Unidades en pulgadas

(1) El peralte de vías especiales será el siguiente.

A. El radio del peralte para ferrocarriles colgantes, monorraíles, ferrocarriles de riel de guiado será el valor calculado usando la siguiente fórmula como estándar, pero no será superior al 12.

$$i = V^2 / 1.27 \cdot R \quad (12.1)$$

En cual i, V y R representan los siguientes valores.

i: Radio de peralte (unidad: %)

V: Velocidad promedio de un tren atravesando la curva (unidad: km/h)

R: Radio de la curva (unidad; mm)

(2) El peralte de ferrocarriles se disminuirá de acuerdo con los siguientes criterios.

¹ Se entiende como "correcto" al indicado en el diseño de trazado de la vía. Esta disposición hace referencia al restablecimiento del peralte para curvas con cierto tiempo de servicio y que han perdido el valor de diseño, puesto que es más fácil elevar el riel

- A. En el caso en el cual la curva de transición está suministrada, la disminución será llevada a cabo a lo largo de todo su longitud.
- B. En el caso en cual la curva de transición no está suministrada (excluyendo el caso en el cual dos curvas sucesivas con la misma orientación son conectados), el peralte disminuirá gradualmente en la sección de la tangente adyacente, cuya distancia del inicio o final de la curva circular es (i) más que 300 veces el valor del peralte cuando la distancia máxima entre ejes del material rodante circulando en esta curva es 2,5m o inferior, (ii) más que 400 veces el valor del peralte cuando supera 2,5m.
- C. En el caso B., y dando por sentada variaciones en el peralte dependiendo de la forma de la curva, la pendiente máxima de transición será (i) 1/300 cuando la distancia entre ejes del material rodante circulando en esta curva es 2,5m o inferior, (ii) 1/400 cuando supera 2,5m.
- D. En el caso de dos curvas sucesivas con las mismas orientaciones no conectadas sin una curva de transición, la diferencia en los valores del peralte de estas dos curvas circulares disminuirá gradualmente en la curva circular con el radio de curva más grande, y habiendo sido hecho en una distancia superior a 400 veces la diferencia en valor del peralte. En este caso, suponiendo variaciones en el peralte dependiendo de la forma de la curva, la pendiente máxima de transición será 1/400.

Sección 4. Insuficiencia de peralte

Artículo 13. Para una velocidad determinada, la magnitud de peralte requerido para el equilibrio se determina por la formula (8.1) del Artículo 8 de estas especificaciones. El peralte excesivo para velocidades de operación puede generar excesivo desgaste del riel o incluso podría causar vuelco hacia el hilo bajo o riel interior. Un peralte insuficiente para la velocidad de operación generará un desgaste excesivo en el hilo alto o incluso podría causar descarrilamiento hacia el exterior de la curva. Las unidades circulan a diferentes velocidades en una línea ferroviaria, por ello la administración ferroviaria o explotador deberá especificar la magnitud de peralte no compensado utilizada para regular el máximo permitido. La máxima aceleración sin compensar permitida será determinada por el organismo correspondiente.

Como orientación para la determinación de los peraltes se puede utilizar en los servicios de pasajeros y mixtos el rango de aceleración sin compensar entre $0,4 \text{ m/s}^2$ y $0,65 \text{ m/s}^2$. Para líneas exclusivamente de mercancías no es necesario aplicar la condición de confort, permitiendo un máximo de 3 m/s^2 . A título orientativo, la insuficiencia de peralte por criterios de seguridad al descarrilamiento es de 6 m/s^2 y por vuelco de $6,5 \text{ m/s}^2$.

Artículo 14. A continuación se presentan algunas consideraciones que deberán ser tenidas en cuenta para determinar la aceleración sin compensar final en una curva.

exterior aportando balasto y mantener el riel inferior.

- (1) La velocidad media del tren en cada dirección comparada con la limitación de velocidad del tramo.

La velocidad media de circulación por una curva se ve afectada por los siguientes factores:

- Vía doble o vía única y condiciones de operación
 - Tráfico de carga: dirección de trenes cargados frente a dirección de trenes en vacío.
 - Criterios de operación ferroviaria
 - Localización de señales, desvíos, estaciones, cruces a nivel, travesías, restricciones permanentes de velocidad.
 - Condicionantes físicos como estructuras, túneles u obras de tierra.
- (2) La frecuencia y el radio de peso entre tráfico de carga y de pasajeros y la diferencia de velocidades entre estos tráficos. Por ejemplo, en líneas férreas con tráfico de pasajeros predominante, la velocidad será el factor determinante para el peralte a aplicar en contraposición del ratio del peso en líneas de tráfico de carga o mercancías.
- (3) La apariencia de los trenes y sus equipamientos. Por ejemplo, cargas frente a pasajeros, o vagones de mercancías estándar frente a vagones de carga de doble altura o coches de pasajeros de doble altura.
- (4) Condicionantes físicos que limitan la longitud de las curvas de transición.
- (5) Áreas con problemas crónicos de alineación o relacionados con la superestructura.
- (6) Políticas económicas de mantenimiento de las infraestructuras ferroviarias. Los ferrocarriles basados en su patrón de tráfico prefieren maximizar el peralte y minimizar la aceleración sin compensar para reducir el efecto de la fuerza centrífuga sobre los vehículos, estructuras y la superestructura de vía.
- (7) Tolerancias de mantenimiento de vía. Las tolerancias de mantenimiento de vía, definidas por el Administrador o Gestor de las Infraestructuras Ferroviarias, así como la regulación de la operación son normalmente mayores que las tolerancias iniciales de construcción y, por tanto, tienen preferencia al determinar gálibos en estructuras como túneles o viaductos donde el peralte afecta a estos gálibos.
- (8) En algunas administraciones ferroviarias y para ciertas vías principales tráfico de toneladas muy elevado un software determina la operación de las unidades sobre secciones específicas de la vía y también puede determinar el peralte necesario en curvas, longitudes de curvas de transición, tramos de velocidad elevada o restricciones de velocidad. Cuando no se tiene este software, el peralte deseado puede ser determinado primero calculando el peralte de equilibrio según la fórmula (1) del Artículo 8 de estas especificaciones y, después. Estableciendo un peralte real basado en la selección de la aceleración sin compensar correcta2.
- (9) La relación entre la insuficiencia de peralte y la velocidad se muestra a continuación (según AREMA):

$$V_{max} = \sqrt{\frac{(Ea+U)}{(0.0007 \cdot D)}} \quad (14.1)$$

Donde,

V_{max} = velocidad del tren (máxima permitida en MPH)

E_a = peralte real (pulgadas)

U = Insuficiencia de peralte (pulgadas)

D = Ángulo de curvatura (grados decimales)

Sección 5. Curvas de transición en planta

Artículo 15.

a. La curva de transición es un elemento fundamental en el alineamiento ferroviario y debe ser utilizado siempre que sea posible en vías con un tráfico considerable constante, ya sean de cargas o de pasajeros. Este elemento geométrico se ha de disponer entre una alineación recta y una curva circular de radio determinado, o bien entre dos alineaciones curvas de radios o dirección diferentes.

Hay varios tipos de curvas de transición en planta, siendo las más generalizadas la clotoide, la parábola cúbica y la espiral.

La ecuación paramétrica de la clotoide es:

$$A^2 = R \times L \quad (15.1)$$

En que:

A es la constante que caracteriza la clotoide

L es el desarrollo de la curva desde su origen

R es el radio de curvatura en un punto dado (L) de la curva

A su vez, la ecuación de la parábola cúbica es:

$$y = \frac{x^3}{6RL} \quad (15.2)$$

En que:

L es la longitud de la curva de transición

R es el radio de la curva circular

La ecuación de la espiral es:

² La norma AREMA obtiene el peralte real restando entre 1 y 4 pulgadas al peralte teórico (Volumen 1, capítulo 5, apartado 3.3.2), y añade que es orientativo y no vinculante. Será el diseñador el que determine cual es el peralte real en cada curva dependiendo de las políticas de gestión de tráfico de la administración ferroviaria para la que diseñan.

$$R = a + b \cdot \vartheta^{1/x} \quad (15.3)$$

En donde: R es el radio de la curva
a, b, x son constantes de la curva espiral. Si $x=1$ se trata de una espiral de Arquímedes.
 ϑ es el ángulo en radianes

b. La forma de la curva espiral deberá ser tal que su curvatura aumente directamente con su longitud. En vías en las que no exista peralte, esta curva permite la adaptación gradual de la caja del vehículo a su posición de rotación (requerida por una curva) en lugar de hacerlo de forma instantánea. Ello ayuda a prevenir la distorsión de la alineación como consecuencia de la aparición del cuerpo principal de la curva o círculo, debida a la fuerza requerida para producir aceleración angular. En vías con peralte, esta curva de transición permite un radio uniforme de cambio de peralte del riel exterior en la curva y promueve mejores condiciones de circulación, manteniendo en la transición de recta a círculo la relación deseada entre magnitud de peralte y radio de curvatura.

Artículo 16. La longitud deseable para las curvas de transición en vías sin peralte es la máxima posible como compromiso entre los recursos económicos y el trazado correcto.

Artículo 17. La longitud deseable para las curvas de transición en vías con peralte, cuando la alineación ha sido reconstruida o cuando el coste de la realineación de la vía existente no es excesivo, será tal que permita que la aceleración sin compensar en coches de pasajeros no exceda de $0,03g \text{ m/s}^2$ en la fórmula 17.1. Es necesario también tener en cuenta que la longitud deseable de la curva de transición en este caso deberá ser tal que limite los posibles esfuerzos de torsión producidos, de modo que la pendiente longitudinal del hilo bajo o riel interior no podrá exceder de $1/744$ (fórmula 17.2), que está basada en un vehículo de 25 metros de longitud.

(1) Las formulas recomendadas para obtener los resultados especificados arriba son las siguientes:

$$L = 1.63 \cdot E_u \cdot V \quad (17.1)$$

Donde,

$L(\text{min})$ = longitud deseable de la espiral (pies)

E_u = peralte no compensado (pulgadas)

V = velocidad máxima del tren (MPH)

NOTA: Si la espiral se diseña para líneas predominantes de pasajeros con cajas cuyo movimiento de balanceo es controlado por dispositivos específicos, la longitud vendrá determinada por el método establecido en las páginas 94, 516 y 517, Vol. 65, de la norma AREMA.

$$L = 62 E_a \quad (17.2)$$

Donde,

L(min) = Longitud deseable de la espiral (pies)

E_a = peralte real en pulgadas

- (2) Al utilizar las formulas expuestas para determinar la longitud de la curva de transición, deberá ser elegido el mayor de los dos resultados obtenidos.

En el caso de realineación de vías existentes, la fórmula 17.1 puede producir longitudes de espiral excesivas. Por tanto, en estos casos la longitud deberá ser tal que la aceleración sin compensar en coches de pasajeros no exceda de 0,4 m/s².

En este caso, la condición de pendiente máxima de la fórmula 17.2 deberá considerarse.

La fórmula recomendada en este caso, en sustitución de 17.1 será entonces:

$$L = 1.22 E_u V \quad (17.3)$$

Donde,

L(min) = longitud deseable de la espiral (pies)

E_u = peralte no compensado (pulgadas)

V = velocidad máxima del tren (Millas por hora)

- (3) Al utilizar las formulas (17.2) y (17.3) expuestas para determinar la longitud de la curva de transición, deberá ser elegido el mayor de los dos resultados obtenidos.

Artículo 18. El diagrama fig.18.1 muestra la espiral y sus parámetros geométricos principales.

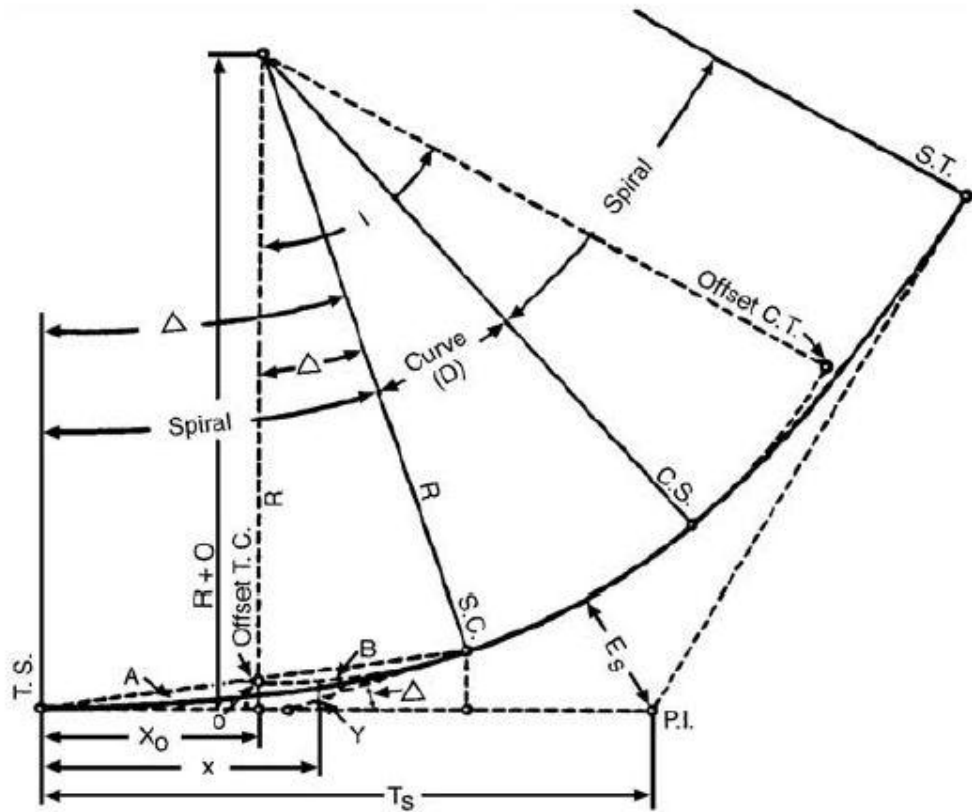


Fig. 18.1. Curva de transición en planta: Espiral

Para el desarrollo de la formulación de la curva en espiral, se deberá consultar la norma AREMA, volumen 1, capítulo 5, apartado 3.1.4.

Sección 6. Trocha

Artículo 19. La trocha deberá ser capaz de mantener operaciones de vehículo seguras y estables, dada la estructura del material rodante, la velocidad máxima diseñada y otros factores relevantes.

Artículo 20. La trocha de vía será del siguiente modo para asegurar la operación segura del material rodante, y tendrá en cuenta la estructura del material rodante, como la anchura, y registros de rendimiento pasado.

- (1) La trocha para líneas férreas ordinarias existentes es de 1 yarda, (914.4 mm) y de 1435.0 mm, según la línea considerada.
- (2) La trocha para líneas férreas de nueva construcción que forman parte de la Red Férrea Nacional será construida preferentemente en trocha estándar de 1.435 mm y, excepcionalmente y por causa justificada en trocha de 914.4 mm, según la decisión técnica que se determine. Sus parámetros característicos se determinarán y se justificarán en los proyectos particularizados realizados a tal efecto.

- (3) Será posible la construcción de vías de trocha dual 914/1435 mm, aptas para ambos tipos de circulaciones, mediante la implantación de un tercer riel, según la decisión técnica que se determine y sus parámetros característicos se determinarán y se justificarán en los proyectos particularizados realizados a tal efecto.
- (4) Se podrán emplear otros tipos de trocha, según la decisión técnica que se determine y sus parámetros característicos se determinarán y se justificarán en los proyectos particularizados realizados a tal efecto.

Sección 7. Sobreancho de vía

Artículo 21. El sobreancho de la vía será realizado en secciones de curva circular para prevenir fuerzas laterales excesivas en la vía, teniendo en cuenta el radio de la curva y la distancia entre ejes del bogie del material rodante. Esta regla no se aplica, sin embargo, a los casos en los que el radio de la curva es elevado, la distancia entre ejes del bogie del material rodante es corta y/o no hay condiciones para que se genere una fuerza lateral excesiva.

Artículo 22. El sobreancho de la vía será disminuido gradualmente a lo largo de una distancia considerable para no perjudicar las operaciones seguras del vehículo ferroviario, teniendo en cuenta la distancia entre ejes del bogie del material rodante.

Artículo 23. El sobreancho de la vía en líneas normales será determinado como indica a continuación, teniendo en cuenta el radio de la curva, la distancia entre ejes, el número de ejes y otros factores del material rodante circulando en esta sección de curva.

- (1) Sobreancho de la vía no excederá el valor calculado resultado de la siguiente fórmula.

- A. Por secciones de línea donde circula solamente material rodante con dos ejes,

$$S_{max}=1000 (B^2 / (2R)) - \eta \quad (23.1)$$

- B. Por otras secciones de línea que no sean A.

$$S_{max}=1000 (9B^2 / (32R)) - \eta \quad (23.2)$$

En lo cual S_{max} , B, R y η representan los siguientes valores:

S_{max} : Valor máximo de sobre ancho de trocha (unidad: mm)

B: Distancia máxima entre ejes del material rodante circulando en dicha curva (unidad: m)

R: Radio de la curva (unidad: m)

η : Movimiento tolerado entre rueda y riel (unidad: mm)

- C. Sin perjuicio a las provisiones A. y B. arriba, el valor máximo para el sobreancho de la trocha será 25 mm (16 mm por un ferrocarril con una trocha yárdica).

(2) El sobreancho de la vía será disminuido gradualmente de acuerdo con los siguientes criterios:

- A. En el caso en que existe curva de transición, la disminución se materializará a lo largo de su longitud completa.
- B. En el caso en que no exista curva de transición, el sobreancho de la vía será disminuido gradualmente en la sección adyacente, donde la distancia desde el inicio o fin de la curva circular es igual o superior a la distancia máxima entre ejes del material rodante circulando en dicha curva. Esto no se aplicará a las curvas dentro de un desvío.

Sección 8. Trazado en alzado. Pendientes

Artículo 24. La pendiente será fijada de manera que el vehículo pueda ser puesto en marcha, operando continuamente a una velocidad determinada y frenar dentro de su distancia de frenado requerida, teniendo en cuenta consideraciones como el rendimiento del dispositivo motriz, dispositivos de frenado y velocidad de operación del vehículo.

Artículo 25. La pendiente de la zona de parada de un tren será fijada para no interferir con la salida y llegada del tren, teniendo en cuenta consideraciones como el rendimiento del dispositivo motriz y dispositivo de frenado del vehículo.

Artículo 26. La pendiente de la zona en la que el material rodante está aparcado o acoplado y desacoplado será fijada para prevenir que un vehículo escape rodando. Sin embargo, esta regla no se aplica cuando medidas de prevención apropiadas estén implementadas.

Artículo 27. La pendiente máxima de la vía en zonas de circulación y zonas de parada (incluyendo zonas de aparcamiento y zonas de acoplamiento y desacoplamiento) será determinada considerando el rendimiento del dispositivo de motriz, dispositivo de frenado velocidad de operación del vehículo y otros factores del material rodante.

(1) La pendiente máxima en las zonas de circulación de trenes se materializará según lo siguiente.

- A. 25% en vías de tren tirado por locomotora (limitado a las secciones de línea donde viajan trenes de mercancías). (Incluyendo donde la pendiente equivalente evaluada es 25%).
- B. 35% en otras vías que no sean (A).
- C. Sin perjuicio a las provisiones (A) y (B), la pendiente máxima de la vía utilizada solamente por trenes de motores de inducción lineal será 60%.
- D. Sin perjuicio a las provisiones (A) y (C), la pendiente máxima en desvíos será 25%.

- E. La pendiente máxima en zonas de parada será 3%. Sin embargo, podrá ser de 10% en las zonas no utilizadas para aparcamiento o acoplamiento y desacoplamiento, pero solamente si no haya posibilidad de interferencia con la salida o llegada de trenes.
- (2) La pendiente máxima de los ferrocarriles colgantes, monorraíles y ferrocarriles de riel de guiado sigue los siguientes estándares.
 - A. La pendiente máxima en las zonas de circulación de trenes será 60%. Esta no se aplica, sin embargo, cuando está prohibido por razones topográficas u otras razones inevitables.
 - B. La pendiente máxima en zonas de parada será 5%. Sin embargo, pueda ser 10% en las zonas no utilizado para aparcamiento o acoplamiento y desacoplamiento, pero solamente si no haya posibilidad de interferencia con la salida o llegada de trenes.

Sección 9. Trazado en alzado. Acuerdos verticales

Artículo 28. Los acuerdos verticales se calculan en este artículo y deberán ser utilizados para la unión entre diferentes pendientes o gradientes.

- (1) La longitud del acuerdo vertical es determinada según el cambio de pendiente, la aceleración vertical y la velocidad del vehículo en esa sección del trazado.
- (2) La función de un acuerdo vertical es facilitar la transición entre un cambio de pendientes para reducir el cambio brusco o golpe generado y evitar la afección de dicho golpe al vehículo ferroviario. Además, también influye en el confort del viajero si se habla de líneas con tráfico de pasajeros. Se deben diseñar lo más económicamente posible sin afectar a la situación física que se tiene.
- (3) Un acuerdo vertical cóncavo corresponde a un hundimiento o badén en la vía, mientras que un acuerdo vertical convexo corresponde a un punto alto o cumbre.
- (4) El acuerdo vertical podrá ser de forma circular o parabólica.
- (5) La longitud mínima de un acuerdo vertical cóncavo o convexo se determina por la siguiente formula (excepto en el caso en que el resultado sea menor de 100 pies, en cuyo caso se tomará este valor directamente):

$$L = D V^2 K / A \quad (28.1)$$

Donde,

A = aceleración vertical en pies/s²

D = Valor absoluto de la diferencia de pendientes expresada en tanto por uno

K = 2.15 factor de conversión para sacar longitud en pies

L = Longitud del acuerdo en pies

V = velocidad del tren en millas por hora MPH

- (6) La aceleración vertical recomendada (A) debe ser seleccionada según el tipo de operación.

Cargas:

$$A = 0.10 \text{ pies/s}^2$$

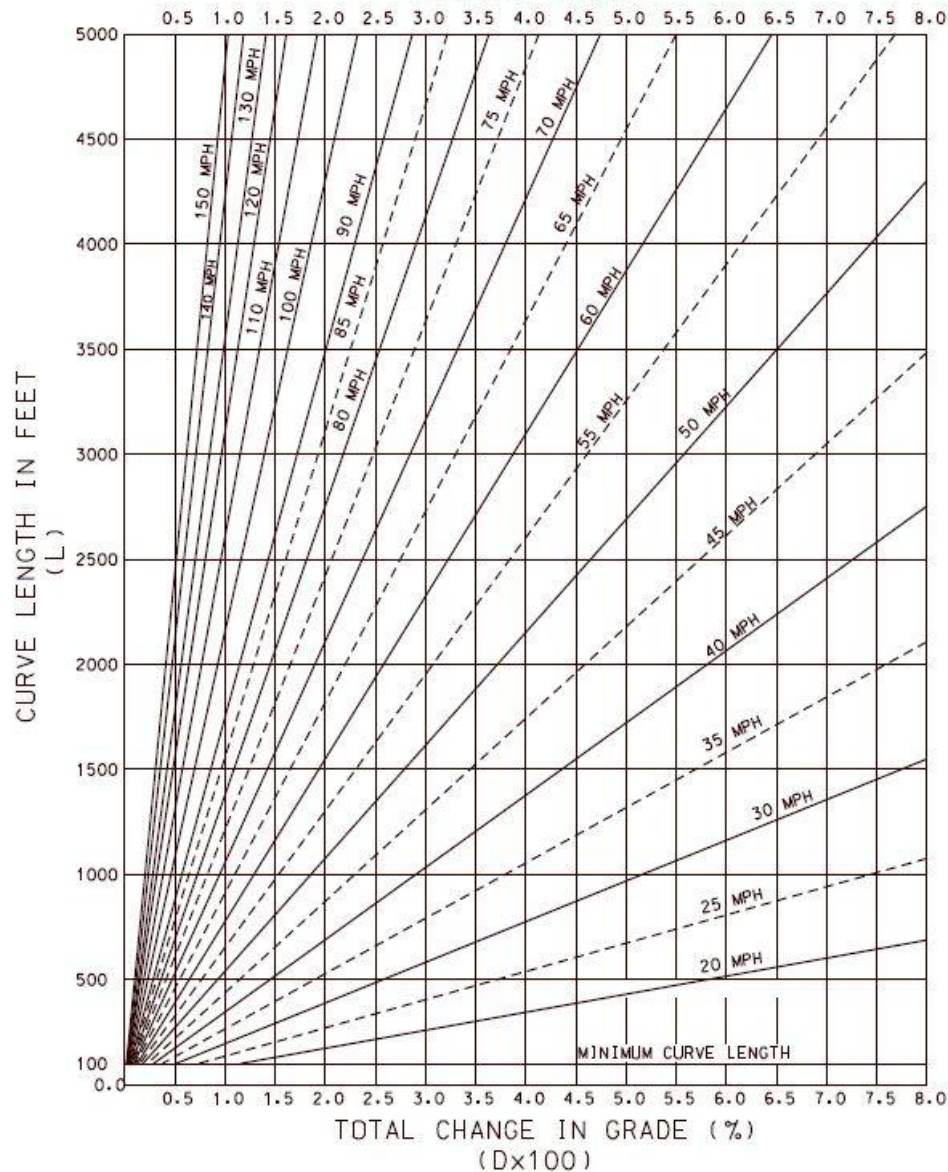
Pasajeros:

$$A = 0.60 \text{ pies/s}^2$$

- (7) La distancia mínima entre acuerdos verticales no debe ser menor de 100 pies.
- (8) La velocidad que debe ser utilizada en la fórmula 28.1 debe ser la máxima velocidad que haya en el tramo en cuestión de la línea analizada. En este sentido, se refiere a la velocidad de proyecto, no tomándose como válidas restricciones de velocidad temporales.
- (9) No se recomienda disponer desvíos u otros aparatos de vía sobre un acuerdo vertical.
- (10) Los acuerdos diseñados en base a la fórmula (28.1) no deberán presentar problemas de incompatibilidad con el material rodante actual. Acuerdos de baja velocidad o bruscos deberán diseñarse, sin embargo, teniendo en cuenta el gálibo libre vertical además de esta formulación.

NOTA: En las figuras. 28.1 y 28.2 se han representado varias velocidades y pendientes como niveles de referencia.

RECOMMENDED MINIMUM LENGTH VERTICAL CURVES FOR FREIGHT LINES

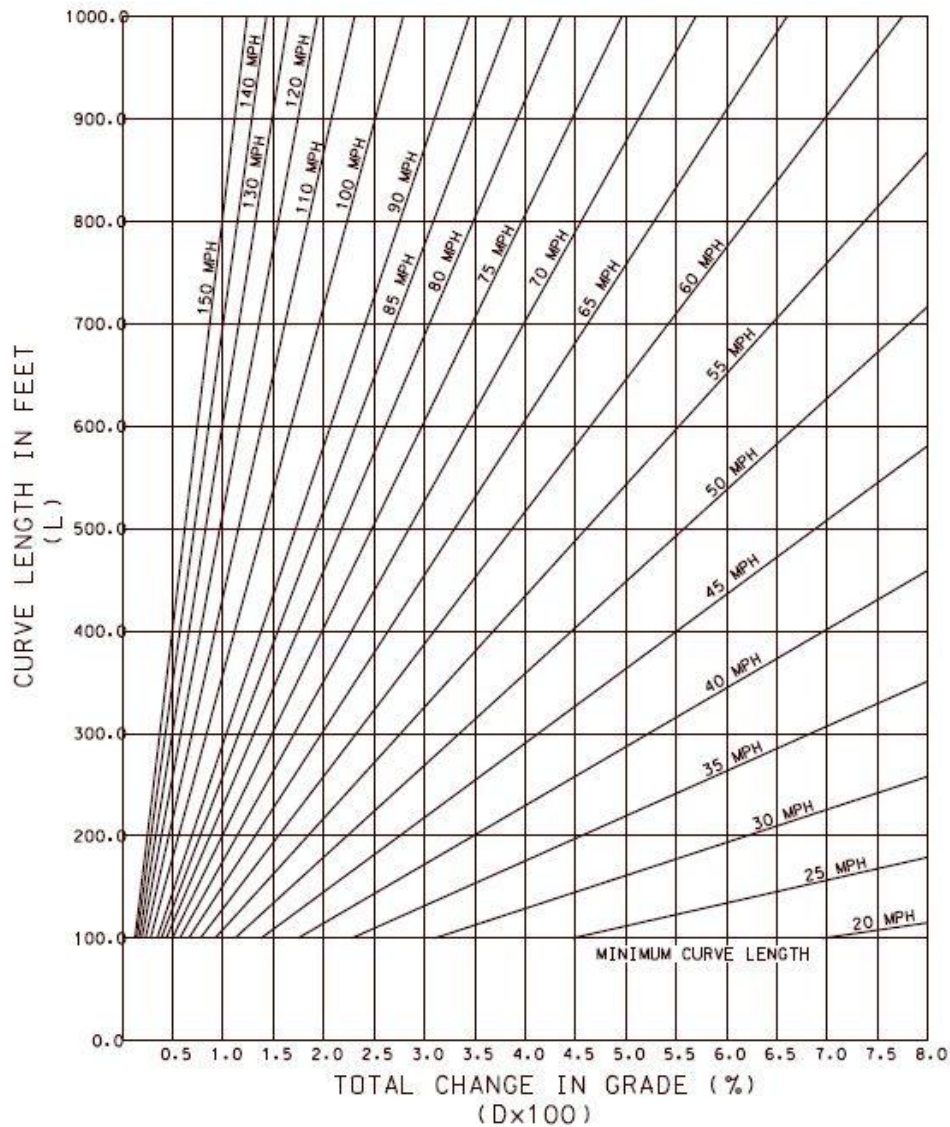


$$\text{FORMULA: } L = (D \times V^2 \times K) / A$$

WHERE: V = Speed of the train in miles per hour.
L = Length of vertical curve in feet.
D = Absolute value of the difference in rates of grades expressed as a decimal.
A = 0.1 feet/sec/sec.
K = 2.15 = conversion factor to give L in feet.

Fig. 28.1. Longitud de curva vertical en alzado. Líneas de mercancías (Fuente: AREMA)

RECOMMENDED MINIMUM LENGTH VERTICAL CURVES FOR TRANSIT AND PASSENGER LINES



$$\text{FORMULA: } L = (D \times V^2 \times K) / A$$

WHERE: V = Speed of the train in miles per hour.
 L = Length of vertical curve in feet.
 D = Absolute value of the difference in rates of grades expressed as a decimal.
 A = 0.6 feet/sec/sec.
 K = 2.15 = conversion factor to give L in feet.

Fig. 28.2. Longitud de curva vertical en alzado. Líneas de viajeros (Fuente: AREMA)

Sección 10. Gálibo estructural

Artículo 29. El gálibo estructural de una línea recta será fijado para dar un margen adecuado del vehículo para no perjudicar operaciones del tren y la seguridad de pasajeros y tripulación, teniendo en cuenta el gálibo dinámico de los equipos, condicionado por la flexibilidad de las suspensiones, el radio de las curvas, el peralte y la velocidad, que causan vibraciones.

Artículo 30. El gálibo estructural de una línea recta donde locomotoras eléctricas o unidades múltiples eléctricas operan, será determinado para dar una distancia suficiente desde el vehículo para evitar descarga eléctrica o fuego.

Artículo 31. El gálibo estructural en una curva será mayor que los valores especificados en estos artículos dependiendo de la desviación del material rodante, y serán sesgadas de acuerdo con la cantidad de peralte.

Artículo 32: Ningún edificio o estructura será construido dentro del gálibo estructural.

Artículo 33. Ningún objeto aparte de un tren/vehículo entrara dentro del gálibo estructural. Esta regla no se aplica, sin embargo, a casos inevitables como la ejecución de las obras de construcción necesarias, siempre que se toman las precauciones apropiadas para asegurar la seguridad como restricciones de la velocidad.

Artículo 34. Ningún elemento será instalado fuera del gálibo si hay peligro de pueda caer dentro del gálibo estructural.

Artículo 35. Las administraciones ferroviarias especificarán los gálibos estructurales y asegurará que no se construya ninguna estructura dentro de él. En las Fig. 35.1 a 35.5 se representan los gálibos recomendados para ferrocarriles ordinarios de la Red Férrea Nacional, tanto en vía general, como en puentes y túneles de vía única, túneles de vía doble, y ferrocarriles electrificados. Las empresas ferroviarias de metro y suburbanos podrán adaptar otros gálibos más restrictivos, que quedarán justificados en los proyectos que se realicen a tal efecto.

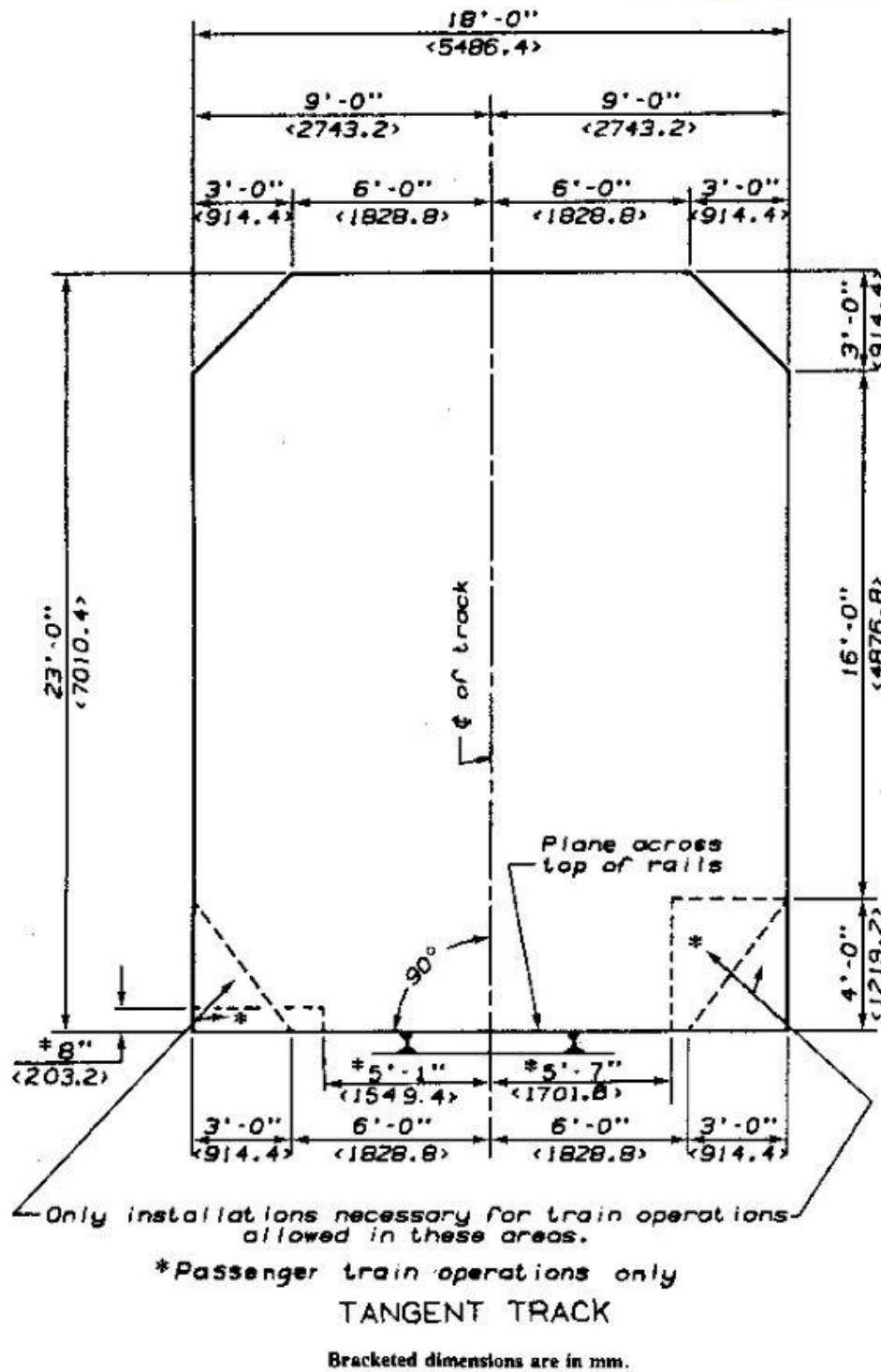
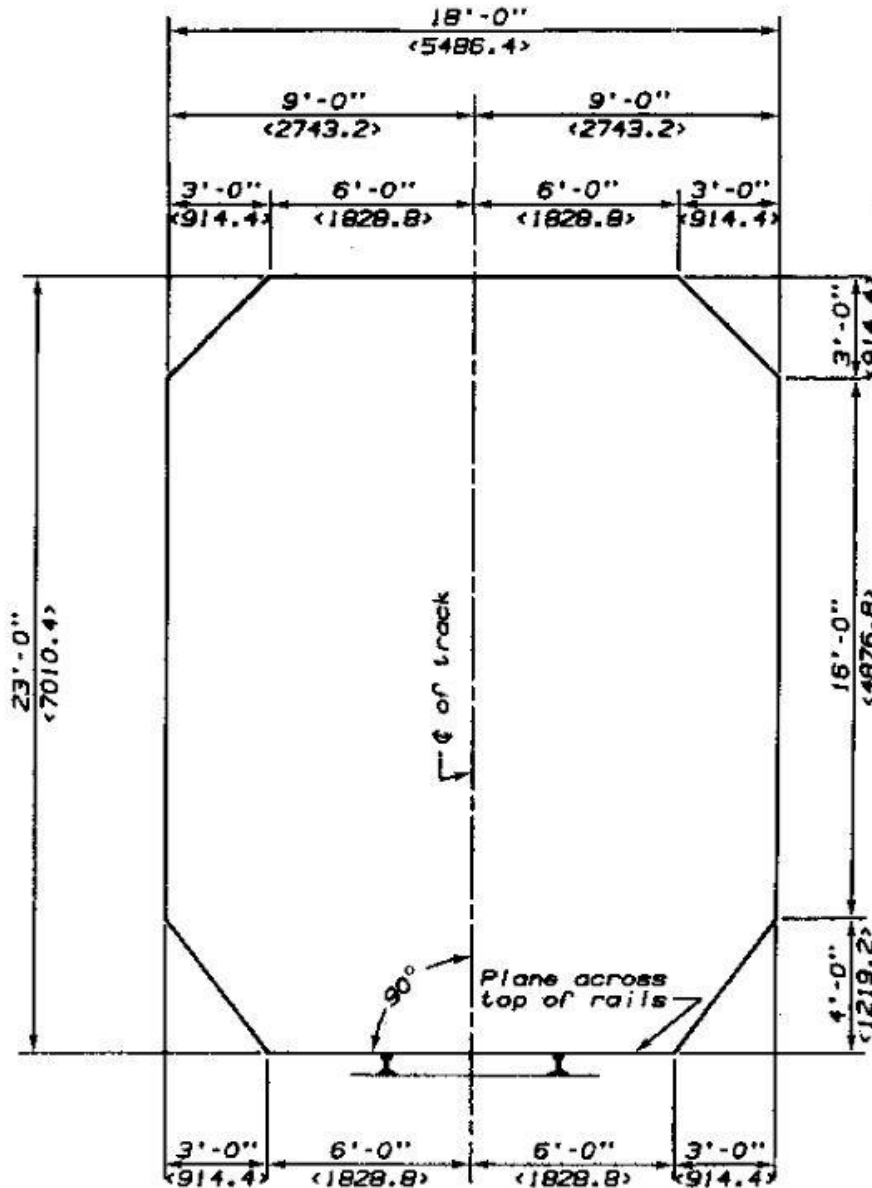


Fig. 35.1. Gálbo estructural en vía general. Unidades sistema inglés/SI.



TANGENT TRACK

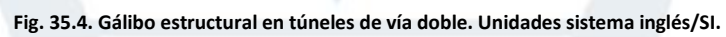
Bracketed dimensions are in mm.

Fig. 35.2. Gálibo estructural en puentes. Unidades sistema inglés/SI.



Bracketed dimensions are in mm.

Fig. 35.3. Gálibo estructural en túneles de vía única. Unidades sistema inglés/SI.



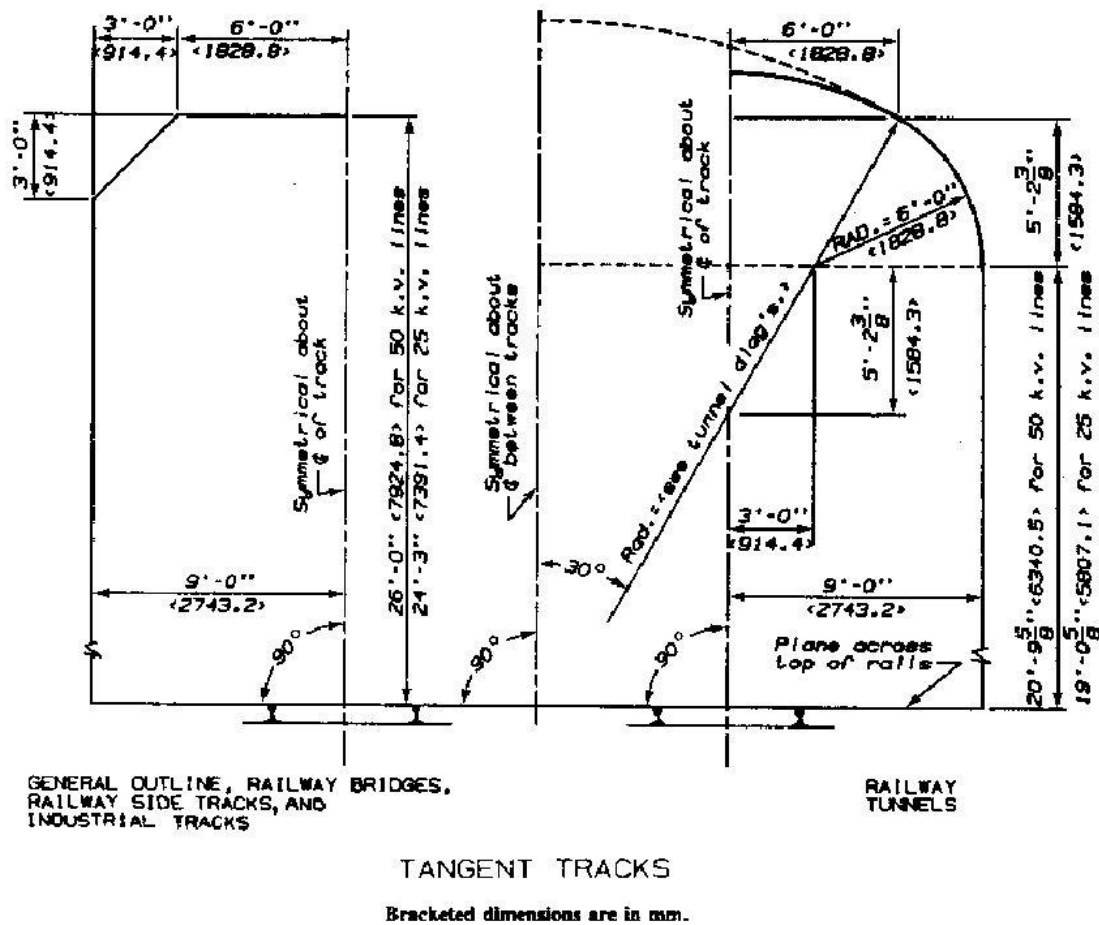


Fig. 35.5. Gálibo estructural en vías electrificadas. Unidades sistema inglés/SI.

Traducciones de las figuras:

C of track: Eje de la vía

C between tracks: Eje entre vías

Plane across top of rails: Plano sobre parte superior de rieles

Only installations necessary for train operations allowed in these areas: En estas áreas solo se permiten instalaciones necesarias para la operación del tren.

Passenger train operations only: Solamente operaciones de trenes de pasajeros

Tangent track: Vía tangente

Bracketed dimensions are in mm: Dimensiones entre corchetes son en mm

Varies with track centers: Variación entre centros de vía

Plus track centres: Ejes adicionales de vía

Simmetrical about centre between tracks: Simetría respecto del eje de las vías

General outline, railway bridges, railway side tracks, industrial tracks: Vía general, puentes ferroviarios, vías de apartado, vías industriales

Railway tunnels: Túneles ferroviarios

- (1) El gálibo estructural de una línea recta de ferrocarriles convencionales de la Red férrea Nacional será fijado de tal manera que el gálibo de paso entre el gálibo estructural y el material rodante para las ubicaciones señaladas en la columna izquierda de la tabla 35.6 no será menor que los valores mostrados en la columna derecha.

Localización del gálibo	Espacio libre entre gálibo estructural y gálibo del material móvil (mm)
A ambos lados de ventanas del material rodante	400, 200 cuando se trata de una estructura que previene a pasajeros de sacar una parte de su cuerpo por las ventanas.
Sobre o hacia los lados de los andenes	50

Tabla 35.6. Espacio libre entre gálibos

- (2) Incluso dentro del gálibo estructural, ciertas construcciones pueden ser construidas si son necesarias para la circulación del material rodante o para el mantenimiento de las instalaciones ferroviarias y si no hay posibilidad de impedir el movimiento seguro del material rodante. En tal caso, esto será estipulado en las provisiones del gálibo estructural.

- (3) El gálibo estructural en una curva (incluyendo el gálibo para andenes en curvas) de todos los ferrocarriles será incrementada de acuerdo con la desviación del material rodante, por el método de añadir los valores calculados por las siguientes fórmulas a los dos lados del gálibo estructural en una línea tangente, y será sesgada correspondiente al peralte. Sin embargo, si en ferrocarriles normales y especiales, la desviación debido al radio de la curva es substancialmente más pequeña que el gálibo de paso entre el gálibo estructural y el gálibo básico del material rodante, el incremento del gálibo estructural en una curva de acuerdo con la desviación puede ser omitido, con la excepción de andenes.

- A. Desviación hacia el interior de la curva W_1

$$W_1 = R - \sqrt{\left\{ (R - d)^2 - \left(L_1/2 \right)^2 \right\}} \quad (35.1)$$

$$d = R - \sqrt{\left\{R^2 - \left(L_0/2\right)^2\right\}} \quad (35.2)$$

B. Desviación hacia el exterior de la curva W_2

$$W_2 = \sqrt{\left\{\left(R + \frac{B}{2} - W_1\right)^2 + \left(L_2/2\right)^2\right\}} - R - \frac{B}{2} \quad (35.3)$$

Donde L_0 , L_1 , L_2 , B , R , W_1 y W_2 representan los siguientes valores.

L_0 : distancia máxima entre ejes del material rodante

L_1 : distancia máxima entre ejes del bogie

L_2 : longitud del material rodante

B : ancho del material rodante

R : radio de la curva

W_1 : Desviación hacia el interior de la curva

W_2 : Desviación hacia el exterior de la curva

(4) El gálibo estructural en la sección desde el final de una curva circular (donde dos curvas de transición están conectadas directamente, el punto de conexión) hasta un punto fuera del final de la curva de transición (donde no haya una curva de transición, el final de dicha curva circular) por la longitud del material rodante más larga que circula en dicha línea, será determinado por la disminución gradual del valor de dicha sección que debe ser sumado al final de la curva circular relevante en (3) arriba, y sumándolo a los dos lados del gálibo estructural en una línea tangente. Se explica de forma gráfica en la figura 35.6

Vista en planta de la transición de gálibo estructural recta-curva

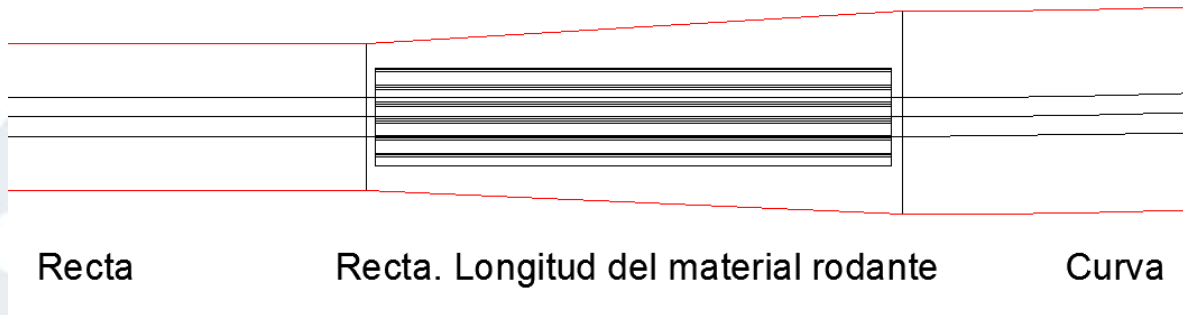


Fig. 35.6. Transición recta-curva del gálibo estructural

Sección 11. . Gálibo de material rodante

Artículo 36. El operador ferroviario establecerá el gálibo del material rodante; los gálibos estático y dinámico del material rodante no excederán el gálibo estructural. Se recomienda el estándar para el gálibo del material rodante indicado en la norma AREMA, Volumen 4, capítulo 28, parte 2 y parte 3

Artículo 37. El gálibo estático del material rodante no excederá el gálibo estructural, y se determina bajo las siguientes condiciones:

- (1) En una vía plana y recta, el material rodante (incluyendo con ruedas desgastadas etcétera) está en el estado de parado con la línea central del cuerpo del vehículo y del bogie coincidente con la línea central de la vía;
- (2) La condición de carga está entre la condición vacía y la condición de carga máxima;
- (3) El cuerpo del vehículo y los bogies no estén inclinados debido al peso de pasajeros o mercancías

Artículo 38. Los dispositivos relevantes en la tabla 38.1 pueden, dentro del rango de cada condición, exceder el gálibo estático del material rodante.

Dispositivo	Condiciones
Ruedas, lubricadores de vía	Cuando los dispositivos estén dentro del gálibo estructural
Detector de obstáculos	Cuando los dispositivos flexibles estén dentro del gálibo estructural
Puertas de coches o vagones tanto de pasajeros como compuertas para mercancías	Cuando se encuentren abiertas
Detector de impactos en vía, equipo de amolado de riel y equipo medidor del gálibo	Cuando se encuentren en uso dentro del gálibo estructural
Equipos de emergencia, quitanieves, grúas o similar	Cuando se encuentren en uso de forma justificada

Tabla 38.1. Dispositivos exentos del cumplimiento del gálibo estático del material rodante según el caso

Artículo 39. El gálibo estático del material rodante en una curva tendrá los valores adecuados correspondientes al desplazamiento del material rodante debido al peralte y amortiguaciones de las cajas y bogíes, añadido a cada lado del gálibo del material rodante presentado en el artículo 37.

Sección 12. Distancia entre ejes de vía

Artículo 40. La distancia entre los centros de la vía en una vía tangente será fijada para mantener la operación segura del vehículo eliminando la posibilidad de vehículos con oscilación vertical tocando o causando daño a un pasajero asomando por la ventana.

Artículo 41. La distancia entre los centros de la vía en una curva será más grande que la mencionada en el artículo 41, de acuerdo con la desviación del material rodante.

Artículo 42. La distancia entre los centros de la vía será tal que no exista posibilidad de perjudicar ni la operación segura del vehículo ni la seguridad de pasajeros y trabajadores en la vía, y conformará a los siguientes criterios.

(1) La distancia entre los centros de la vía de ferrocarriles normales y de ferrocarriles especiales será según lo siguiente.

A. La distancia entre los centros de la vía en una vía tangente de la vía principal (limitada a la vía para un tren circulando a una velocidad de 160 km/h o inferior) no será menos que el ancho máximo del gálibo estático del material rodante más 600 mm. Sin embargo, dicha distancia no será menor que el ancho máximo del gálibo

estático del material rodante más 400 mm en líneas que limitan la circulación de trenes a estos que tengan una estructura que impide la extensión de pasajeros de cualquier parte de sus cuerpos por las ventanas de estos trenes.

B. Si está previsto el estacionamiento o parada de trenes en las vías, la distancia indicada en A será incrementada al menos en 700 mm.

C. La distancia entre los ejes de la vía en una curva será incrementada por la adición a la distancia estipulada en A. o B. del valor correspondiente a la desviación del material rodante obtenido de la siguiente fórmula. Sin embargo, si el valor calculado es suficientemente pequeño en comparación con el despeje entre el gálibo estructural y el gálibo estático del material rodante, se puede omitir el incremento correspondiente a la desviación del material rodante. La fórmula de cálculo para la desviación debido a una curva será la misma que la fórmula para incrementar el gálibo estructural de una curva de acuerdo con la desviación del material rodante como estipulado en las especificaciones del Artículo 35 de esta norma.

$$W = A + W_1 + W_2 \quad (42.1)$$

Donde, W, A, W_1 y W_2 representan los siguientes valores.

W: Dimensión de incremento

A: Desviación debido a la diferencia en la cantidad de peralte

W_1 : Desviación hacia el interior de la curva

W_2 : Desviación hacia el exterior de la curva

2.2 ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA FERROVIARIA

Sección 1. Superestructura de la vía

Artículo 43. La superestructura de vía ferroviaria, exceptuando aquellos tramos para los que se establezca otras tipologías de superestructura, estará formada por los siguientes elementos:

- (1) Balasto – capa de material pétreo que reparte las cargas ferroviarias hacia el subbalasto. Se caracteriza por su espesor bajo durmiente en cada caso.
- (2) Durmiente – Elemento de forma prismática que proporciona estabilidad transversal al emparrillado de vía, garantiza la continuidad de la trocha y transmite cargas al balasto, pudiéndose constituir con madera, concreto o acero.
- (3) Sistema de sujeción o fijación – Conjunto formado por elemento rígido o semi elástico que proporciona la unión entre el riel y el durmiente y aporta elasticidad al conjunto.
- (4) Carril o riel – Elemento lineal de acero con una sección y densidad características por el que discurren las ruedas de los bogíes con función de apoyo, guiado del material rodante y de conductor eléctrico, según el caso.
- (5) Aparatos de vía – Considerando como tales desvíos o cambiavías y aparatos de dilatación, en este caso, que permiten, como su nombre indica, que un vehículo pueda desviarse de una vía a otra y realizar otros tipos de maniobras, así como permitir la dilatación de los rieles llegados a un punto rígido de la línea.

Artículo 44. La vía ferroviaria se ajustará a los siguientes estándares:

- (1) Se conformará a la estructura del material rodante y será capaz de guiarlo en una dirección específica.
- (2) Resistirá las cargas previstas.
- (3) No se deformará hasta el extremo de perjudicar la operación segura del vehículo.
- (4) No impedirá el mantenimiento de la vía.

Artículo 45. Se instalarán dispositivos de protección para prevenir descarrilamiento o para minimizar las consecuencias de descarrilamiento, en las zonas críticas donde este fenómeno es una posibilidad (cambiavías) y/o los daños de un descarrilamiento sean considerables. Estas zonas críticas de mayor peligrosidad serán estructuras como viaductos, túneles, falsos túneles, pasos superiores sobre la traza, cruces a distinto nivel de la línea férrea con otras infraestructuras lineales como autopistas, carreteras o pasos de gran densidad de circulación. Como mínimo en la entrada y salida de estos puntos deberán localizarse elementos de protección que dificulten el descarrilamiento como pueda ser un guardacarril, contracarril o riel de guarda.

Artículo 46. La vía tendrá la siguiente estructura, y se tendrán en cuenta las siguientes condiciones de instalación de los desvíos y rieles de guarda para asegurar la seguridad de trenes en circulación.

(1) La seguridad de la estructura de vía de ferrocarriles normales (incluyendo desvíos) será confirmada a través de la verificación de los siguientes elementos.

A. Examen de la tensión generada en elementos estructurales y deformación del panel de vía.

Respecto a la carga muy alta puntual o a la carga repetida generada por la circulación del tren a lo largo de la vía, la tensión sobre cada elemento estructural será calculada teniendo en cuenta la estructura de la vía, el material rodante y las condiciones de operación, la calidad de la geometría de la vía y factores dinámicos. Los elementos estructurales serán examinados por fatiga y resistencia a la rotura desde la perspectiva de la circulación segura del material rodante. Además, una investigación sobre el desplazamiento lateral abrupta debería tener en cuenta las diferencias debida a la estructura de la vía y las condiciones de carga, y una prueba de seguridad hecha contra la deformación plástica para comparar la fuerza lateral ejercida sobre los durmientes generada por las cargas altas con la resistencia al desplazamiento lateral de las durmientes en el lecho de balasto.

B. Comprobación de la estabilidad a largo plazo de una vía

Respecto a la deterioración debido al desplazamiento lateral o vertical acumulada causado por el paso repetido de trenes por una vía, el valor estimado de la deterioración del desplazamiento lateral o vertical calculado a parte del rendimiento de la estructura de la vía y condiciones de carga del tren será comprobado contra el valor admisible para el desarrollo del desplazamiento lateral o vertical derivado del material rodante y condiciones de operación, ciclo de mantenimiento estimada, y principalmente la calidad de la geometría de la vía para una circulación segura.

C. Comprobación de la estabilidad de pandeo

Se llevaría a cabo un estudio sobre la estabilidad de pandeo de la vía con respecto al incremento del esfuerzo axial del riel causado por una subida de la temperatura.

(2) La estructura de la vía de ferrocarriles especiales, como los monorraíles, será la siguiente.

A. La viga de la vía o camino de circulación de ferrocarriles especiales habrá de soportar adecuadamente cargas muy altas y repetidas debido al movimiento de trenes a lo largo de la vía.

B. Se instalarán juntas de dilatación en la conexión entre las vigas de soporte del monorraíl.

(3) Los desvíos para ferrocarriles serán los apropiados para el dispositivo de marcha del material rodante y tendrán una geometría y una estructura que guía el material rodante sin complicaciones por la vía o la vía divergente, facilitando el paso del material rodante, y diseñados de tal manera que la tensión generada en los elementos estructurales por el paso del material rodante no excede los valores admisibles para los materiales en cuestión. Los desvíos serán instalados según los siguientes criterios.

A. Los desvíos no serán instalados en curvas de transición o en acuerdos verticales. Sin embargo, donde la velocidad de operación del tren es baja y la desviación del peralte (restringido a la disminución de la curva) es pequeña, será admisible que cierta parte del desvío esté en una curva de transición.

B. Los desvíos no serán instalados en puentes sin balasto. Sin embargo, esta no se aplica cuando haya restricciones topográficas y cuando se han tomado medidas adicionales para evitar perjudicar la circulación segura de los trenes.

C. Los desvíos no serán instalados detrás del pilar de un puente. Sin embargo, esta no se aplica cuando haya restricciones topográficas y cuando se han tomado medidas adicionales para evitar perjudicar la circulación segura de los trenes.

(4) Se instalarán dispositivos de protección para prevenir descarrilamiento o para minimizar las consecuencias de descarrilamiento en las siguientes zonas de las vías principales:

A. En las curvas donde el valor numérico calculado por la siguiente fórmula, Radio de Coeficiente de descarrilamiento, es más pequeño que 1.2, u otras ubicaciones en las que haya posibilidad de que ocurra un descarrilamiento, se instalará un contra riel por la parte interna de la vía o bien un guardarriel por la parte externa de la vía (o un murete de seguridad en una ubicación donde no es apropiada instalar un contra riel o guardarriel como localizaciones de desprendimientos de rocas frecuentes o nevadas fuertes).

(Ratio de coeficiente de descarrilamiento estimado) = (coeficiente de descarrilamiento critico)/ (coeficiente de descarrilamiento estimado)

En el que

Coeficiente de descarrilamiento = Y/Q , según el criterio de Nadal, la relación $Y/Q < 0,8$ como condición de no descarrilamiento

Y = Carga de rueda lateral

Q = Carga de rueda vertical

Entiéndase como coeficiente critico el que corresponde a aquellas cargas en las que se produce en el descarrilamiento y el coeficiente de descarrilamiento estimado corresponde a las cargas normales de utilización

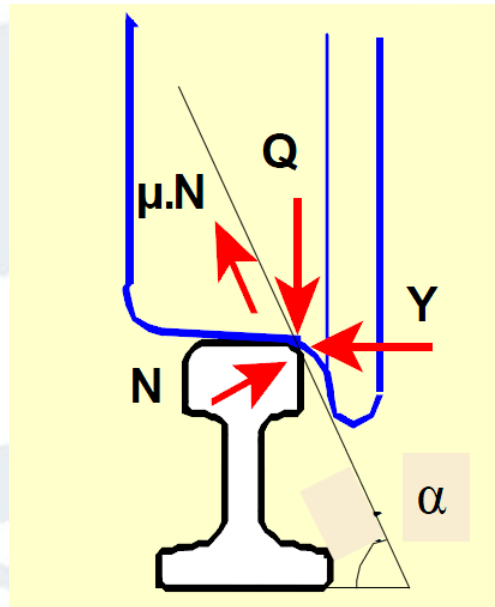


Fig. 46.1. Criterio de descarrilamiento por remonte de pestaña de Nadal

$$\frac{Y}{Q} = \frac{\tan \alpha - \mu}{\mu \cdot \tan \alpha + 1} \quad (46.1)$$

En la que:

Q es la carga vertical, teniendo en cuenta efectos dinámicos y peralte.

Y es la carga lateral. En rectas aparece por acción del efecto lazo y en curvas por acción de la fuerza centrífuga.

α es el ángulo de ataque que forma la perpendicular a la fuerza de reacción N que se produce en el riel respecto de la horizontal

μ es el coeficiente de rozamiento entre rueda y riel

La determinación de los parámetros de la formulación es compleja y depende del estado de la vía y de las ruedas. Es por lo que se ofrecen las siguientes recomendaciones:

- El ángulo de ataque α suele valer del orden de entre 60° y 70°. Es por ello que la inclinación lateral del eje vertical de la sección del riel de 1:20 favorece un valor adecuado de este ángulo de ataque.
- El coeficiente de rozamiento μ suele oscilar entre 0.4 y 0.15. Puede llegar a 0,6 en vías muy secas, nuevas y en días de mucho calor.
- Para valores de 70° de ataque con rueda y riel nuevos y un rozamiento de 0.4, Y/Q vale 1.12 y sube hasta 2.08 para rozamiento 0.15. Esto quiere decir que cuanto menor es el rozamiento entre llanta y pestaña más influye el peso Q de la rueda porque actúa con solo 20° de inclinación sobre el plano de remonte, mientras que el esfuerzo lateral Y actúa con 70° de inclinación.

- Para ataques de 60° y rozamiento 0.4 el Y/Q es 0,79, mientras que para rozamiento 0.15 el Y/Q es 1.39. Para reducir dicho rozamiento se puede actuar sobre el engrase de la vía en las curvas o sobre el engrase de la pestaña.
- B. En un puente o viaducto de una vía con o sin balasto de una longitud superior a 20 m se instalará un aparato encarrilador en cada uno de los extremos del puente antes de acceder al mismo, y se instalarán contra rieles o rieles de guarda a lo largo de toda la longitud del mismo. También se podrán instalar muros de protección a ambos lados de la vía como alternativa o complemento al contra riel.
- C. En un terraplén superior a 8 m de altura también se instalarán las medidas indicadas en B
- D. En los pasos a nivel se instalarán contra rieles

Sección 2. Dimensionamiento de la superestructura de vía

Artículo 47. La superestructura de la vía férrea convencional (ver glosario técnico adjunto) está compuesta por el balasto, el emparrillado de vía (conjunto de durmientes, fijaciones y riel) y el resto de elementos que se dispongan en su caso, como el sistema de electrificación o las conducciones para ciertas instalaciones de seguridad y comunicaciones. La definición de los componentes de la superestructura de vía se encuentra recogida en el Artículo 50 de estas Especificaciones.

Para el dimensionamiento de la superestructura de vía de líneas de viajeros, se recomienda la utilización de la siguiente tabla, en la que se determina éste en función del número de toneladas y la velocidad de paso por la línea férrea en cuestión. Se considerará una vía adecuada desde el punto de vista estructural si cumple, como mínimo, los parámetros establecidos en esta tabla.

Velocidad máxima de diseño	Peso del riel, número de durmientes, y espesor de capa de balasto	Diseño - Número de toneladas de paso											
		Paso de toneladas mayor de 20 millones t/año			Paso de toneladas entre 10 y 20 millones t/año			Paso de toneladas entre 5 y 10 millones t/año			Paso de toneladas menor de 5 millones t/año		
Velocidad superior a 110 km/h	Peso del riel (kg/m)	50	60	50	50	60	50	50	60	50	50	60	50
	Nº durmientes cada 25 m	39	39	42	37	37	40	37	37	40	37	37	40
	Espesor de balasto bajo durmiente (mm)	300	250	250	250	200	200	250	200	200	250	200	200
Velocidad de 90-110 km/h	Peso del riel (kg/m)	50	60	50	50	60	50	37	40	37	37	40	37
	Nº durmientes cada 25 m	39	39	42	37	37	40	37	37	40	37	37	40
	Espesor de balasto bajo durmiente (mm)	250	200	200	250	200	200	250	200	200	250	200	200
Velocidad de 70-90 km/h	Peso del riel (kg/m)	50	60	50	50	60	50	37	40	37	30	37	30
	Nº durmientes cada 25 m	39	39	42	37	37	40	37	37	39	34	34	36
	Espesor de balasto bajo durmiente (mm)	250	200	200	250	200	200	200	170	170	200	170	170
Velocidad inferior a 70 km/h	Peso del riel (kg/m)	50	60	50	50	60	50	37	40	37	30	37	30
	Nº durmientes cada 25 m	39	39	42	37	37	40	37	37	39	34	34	36
	Espesor de balasto bajo durmiente (mm)	250	200	200	250	200	200	170	150	150	170	150	150

Tabla 47.1. Diseño de la superestructura de vía de líneas de viajeros en función de la velocidad y la carga sufrida

Observaciones

- Unidad de peso de riel: kg, Unidad de grosor de lecho de balasto: mm
- El número de durmientes cuando se utiliza riel continuo soldado será el valor obtenido al restar 1 del valor en la tabla precedente.
- En el caso cuando la cama de vía sea de concreto, roca firme o un material con una capacidad portante equivalente. El espesor del lecho de balasto no tiene por qué adecuarse a lo señalado arriba.

(2) Para el diseño de líneas mixtas o de mercancías se empleará la siguiente formulación:

$$q = 9 \cdot \left(\frac{P}{2} + 0.00003861 \cdot \frac{P \cdot V^2}{2} \right)^{2/3} \quad (47.1)$$

En el que:

q es el peso por metro lineal de riel en kg

V es la velocidad máxima de circulación en km/h

P es la carga por eje en t

(2) El espesor de balasto se ajustará también en función de lo especificado en el apartado 3.3 *Dimensionamiento de la sección transversal*, Sección 2 de esta norma, de modo que se dispondrá el mayor valor de espesor que resulte de entre los valores obtenidos de ambos cálculos.

(3) El material pétreo a emplear como balasto procederá de machaqueo y se recomienda que sea de origen silíceo, evitándose siempre que sea posible, la utilización de material de tipo calizo.

(4) Los rieles a disponer serán aquellos regulados según la norma AREMA, volumen 1, capítulo 4 y su densidad lineal o peso orientativo se determinará en función de lo indicado en A o B, según el caso, nunca reduciéndose de 45 kg/m. También se podrán utilizar aquellos normalizados por las normas UIC, en función del caso.

A continuación se muestran los rieles normalizados AREMA que se recomienda utilizar para nuevas líneas de la Red Férrea Nacional:

115 RE, 119 RE, 132 RE, 133 RE, 136 RE, 140 RE y 141 RE

Además, en casos justificados o en ferrocarriles urbanos se podrán emplear otro tipo de rieles según la norma UIC, y rieles con perfil de viga, según los siguientes perfiles normalizados:

Rieles con perfil de riel Vignole: 46 E2, 49 E1, 50 E6, 54 E1, 54 E2, 54 E3 y 60 E1

Rieles con perfil de riel de viga: 51 Ri1, 57 Ri1, 59 Ri2 y 60 Ri1

Los perfiles de riel de viga son de especial aplicación a vías en placa de concreto con riel embebido en zonas urbanas, recintos portuarios, patios de cocheras, pasos a nivel, etc, para facilitar el tránsito rodado y peatonal.



Figura 47.1. Perfiles tipo de riel: Izquierda perfil AREMA; centro perfil UIC; derecha perfil de viga

(6) Los durmientes a utilizar podrán ser de madera, de concreto pretensado, monobloque o bibloque, o de acero, estos últimos siempre que se garantice el aislamiento eléctrico en vías que así lo requieran. Para ver las dimensiones, espaciamentos recomendados y otras características geométricas y de resistencia de los durmientes, ver la norma AREMA, volumen 1, capítulo 30.

En el caso en que se empleen durmientes de concreto, se recomiendan las de tipo monobloque para vías balastadas y las bibloque para vías no balastadas, en su caso.

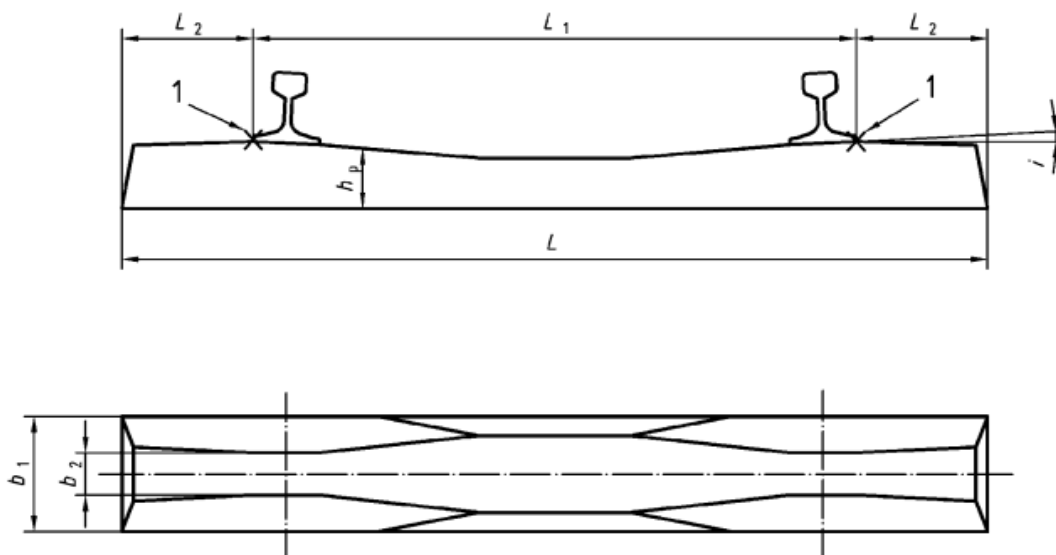


Figura 47.2. Forma típica de durmiente de concreto monobloque

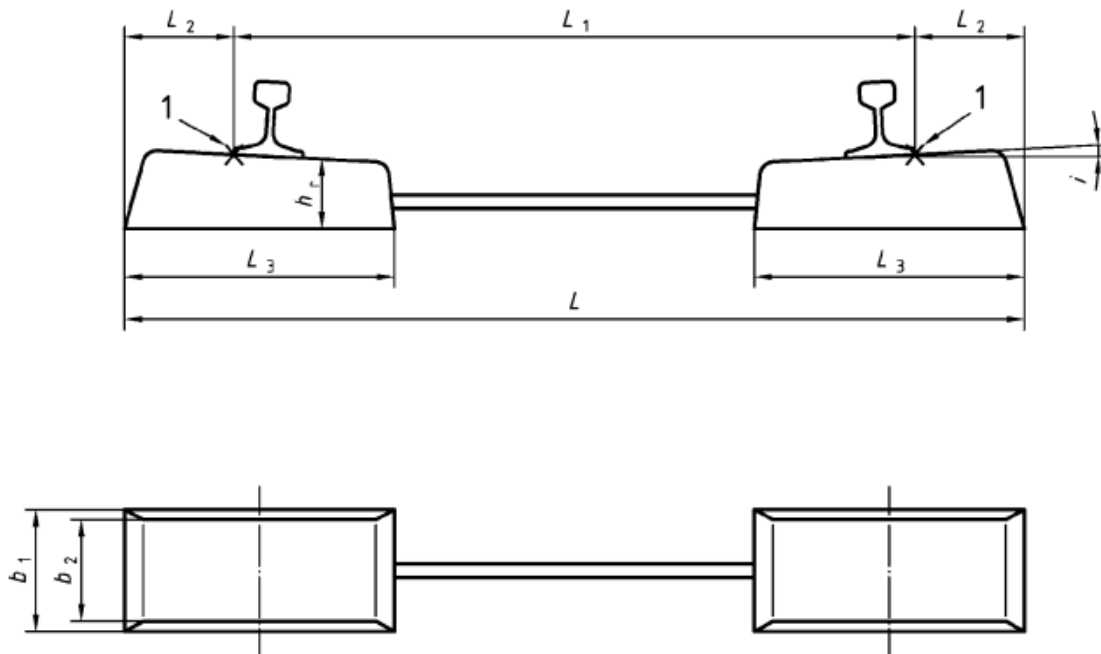


Figura 47.3. Forma típica de durmiente de concreto blosque

(7) El sistema de sujeción o fijación se determinará en función de las características de rigidez deseada para la vía. Los tipos básicos de sujeciones se exponen a continuación con ciertos ejemplos:

En función de su relación con el riel:

- Sujeción directa: a cada lado del riel, un mismo tirafondo aprieta la sujeción y fija la placa de apoyo al durmiente.
- Sujeción indirecta: a cada lado del riel, un tirafondo aprieta la sujeción a la placa, y uno o varios tirafondos fijan la placa de apoyo al durmiente
- Sujeción mixta: a cada lado del riel, un mismo tirafondo aprieta la sujeción y fija al durmiente y además uno o varios tirafondos fijan la placa de apoyo al durmiente.

En función de su rigidez:

- Sujeción rígida: mediante escarpas, tirafondos o cojinetes
- Clavos elásticos: adecuados para durmientes de madera
- Lámina o grapa: caracterizadas por una lámina o grapa metálica que confiere elasticidad a la sujeción
- Sujeción elástica: sujeción tipo clip, que puede colocado atornillado con par de apriete o a presión

Dada la gran diversidad de marcas y patentes, será elección del técnico especialista la sujeción que mejor se acomode a las características de diseño de línea férrea. A título orientativo, las sujeciones tipo clip elástico para durmientes de concreto son las más extendidas a nivel mundial y están sustituyendo tecnológicamente a las sujeciones rígidas sobre durmiente de madera.

2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Sección 1. Sección transversal de la vía férrea

Artículo 48. Se define la sección transversal de corredores ferroviarios de la Red Férrea Nacional como el perfil de las diferentes capas que componen el lecho de la vía o banqueta férrea. Pueden ser de naturaleza balastada o no balastada.

Artículo 49. Debido a su naturaleza y espesor, estas capas poseen un papel fundamental en la transmisión de cargas del ferrocarril hasta el terreno y en lo que se refiere a proporcionar a la vía rigidez, mantenimiento de la geometría y drenaje de la plataforma.

Artículo 50. Vías balastadas: Esta sección estará compuesta por las siguientes capas sobre el terraplén o perfil de excavación:

- (1) Capa/s de forma: sus principales funciones son la regularización de la superficie para la disposición de subbalasto y la transmisión correcta de cargas hacia el terreno.
- (2) Subbalasto: sus principales funciones son la mejora de capacidad de carga de la vía, a través de la modificación de su rigidez y mejora de la distribución de las cargas transmitidas, contribución a la mejora de la transmisión de cargas dinámicas, función de filtro entre capa de forma y balasto, protección de la plataforma frente a agua y hielo y evacuación rápida del agua superficial.
- (3) Balasto: juega un papel clave en la estabilidad transversal y longitudinal de la vía, así como en la transmisión de cargas verticales.

Artículo 51. Vías no balastadas: Se refiere a vías que están dispuestas sobre materiales de naturaleza más rígida que el balasto, como losas de concreto o perfiles de acero.

Sección 2. Dimensionamiento de la sección trasversal de vía férrea

Artículo 52. El dimensionamiento de la sección trasversal de corredores ferroviarios de la Red Férrea Nacional se refiere al diseño del espesor de las distintas capas que conforman la sección transversal de la plataforma.

Artículo 53. El diseño de estas capas depende de las siguientes características:

- (1) Características intrínsecas de los suelos que se tengan bajo la plataforma (naturaleza, capacidad de carga, reacción al agua y al hielo, etc.)
- (2) Condiciones geológicas e hidrogeológicas de la zona de ubicación
- (3) Condiciones climáticas de la zona

- (4) Tipo de tráfico (toneladas por eje, velocidad de paso, etc.), en relación con el apartado 2.2 sección 2.de las presentes especificaciones
- (5) Configuración de la vía (perfil del riel, tipo y espaciamiento entre durmientes, etc.)

Artículo 54. Como desarrollo de los parámetros expuestos se recomienda la aplicación del método que se expone a continuación y contenido en la norma AREMA, volumen 1, capítulo 1, secciones 2.0 y 2.1 y volumen 4, capítulo 16, sección 10.3.2, que contiene el proceso a seguir para la determinación del espesor de las capas de asiento de la vía férrea.

(1) Espesor de subbalasto

- a. La capa de subbalasto es la capa de material que se dispone como coronación de la infraestructura o plataforma ferroviaria y se construirá según las Especificaciones de Construcción de la presente norma.
- b. Su espesor se mide siempre desde el final de la capa de forma.
- c. Un valor de espesor de esta capa, que se toma como válido frecuentemente, tras ser compactada, es el de 30 cm o 12 pulgadas para ancho estándar o internacional (1.435 mm). De forma extraordinaria es posible aplicar un espesor de 15 cm ó 6 pulgadas de la capa tras compactar.

(2) Espesor de balasto bajo durmientes

La práctica generalmente aceptada y recomendada es la limitación a 25 Psi la presión soportada por la capa de subbalasto. Las fórmulas que se presentan a continuación se han desarrollado para determinar el espesor mínimo requerido de balasto con el fin de obtener la presión deseada.

- a. Según la norma AREMA, volumen 1, capítulo 1, parte 2, balasto, el mínimo espesor se determina según la fórmula empírica de Talbot.

$$P_c = \frac{16.8 \cdot P_m}{h^{1.25}} \quad (54.1)$$

Donde,

P_c = Intensidad máxima de presión en subbalasto (25 Psi)

P_m = Intensidad de presión de balasto (Psi) / Valor máximo recomendado de presión sobre el balasto será de 60 Psi

h = espesor de balasto bajo durmiente (pulgadas)

- b. Según la norma AREMA, Volumen 4, capítulo 10, sección 3, también pueden emplearse otras formulaciones, como la Fórmula de los Ferrocarriles Nacionales Japoneses

$$P_c = \frac{50 \cdot P_m}{10 + h^{1.25}} \quad (54.2)$$

Donde,

h = espesor de balasto en cm

c. Formula de Boussinesq

$$P_c = \frac{6q}{2 \cdot \pi \cdot h^2} \quad (54.3)$$

d. Fórmula de Love

$$P_c = P_m \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{r^2}{h^2}} \right)^{3/2} \right] \quad (54.4)$$

Donde,

r = radio del círculo de cargado uniformemente, cuya área es equivalente al área efectiva resistente de traviesa bajo uno sólo de los rieles.

(3) Anchura del hombro de balasto junto a traviesa

Las fuerzas necesarias para mover una traviesa enterrada con una profundidad de 4 pulgadas (101 mm), disponiendo de 6 pulgadas (152 mm) de hombro de balasto y no soportando cargas verticales es aproximadamente de 300 lb (1,33 kN).

Para calcular la anchura del hombro de balasto junto al durmiente se aplicará lo contenido en el Artículo 10.3.2.2 de la norma AREMA Volumen 4, Capítulo 16.

Artículo 55. Se presenta en este artículo un método alternativo al descrito en el artículo 54 para el dimensionamiento del espesor de las capas de asiento de la sección ferroviaria, recogido en la norma UIC719, que también se podrá aplicar si se desea optimizar en mayor medida la sección transversal.

(1) Para determinar los parámetros de los que depende el dimensionamiento de las capas de asiento es necesario determinar previamente:

La calidad de cada tipo de suelo que contiene la capa de forma

La capacidad portante de la capa de forma

La clasificación de la línea férrea en cuestión

A. Clasificación del tipo de suelo según procedimiento establecido en norma internacional UIC714.

TIPO DE SUELO		Clase de calidad del suelo
0.1	Suelos altamente orgánicos	QS0
0.2	Suelos que contienen más del 15 % de finos (a), con alto contenido de mezcla , indeseable para compactaciones Suelos tixotrópicos (c) (por ejemplo, arcillas rápidas)	
0.3	Suelos que contienen material soluble (por ejemplo, yeso)	
0.4	Suelos contaminados (por ejemplo, residuos industriales)	
0.5	Suelos medio-orgánicos (b)	
0.6	Suelos de alta plasticidad, con más del 15 % en finos, suelos colapsables (c) o suelos expansivos (d)	
0.7		
1.1	Suelos que contienen más de un 10 % de finos (a) (excepto suelos clasificados 0.2 o 0.7)	QS1
1.2	Rocas que sean muy susceptibles de meteorización (por ejemplo, margas, calizas, esquistos meteorizados, etc.)	
1.3	Suelos que contienen entre el 15% y el 40 % de finos (a) (excepto suelos clasificados 0.2 o 0.7) Rocas que sean moderadamente susceptibles a la meteorización (por ejemplo, esquistos no meteorizados)	QS1 (e)
1.4	Rocas blandas (Microdeval húmedo > 40 % y Los Angeles > 40)	
1.5		
2.1	Suelos que contienen entre 5 y 15 % de finos (a) excepto suelos colapsables (c)	QS2 (f)
2.2	Suelos uniformes que contienen menos del 5 % de finos ($CU \leq 6$) excepto suelos colapsables (d)	
2.3	Rocas moderadamente duras (si $25 < MDE \leq 40$ y $30 < LA \leq 40$)	
3.1	Suelos bien graduados que contienen menos de un 5 % de finos (a)	QS3
3.2	Roca dura (si $MDE \leq 25$ y $LA \leq 30$)	

Tabla 55.1. Clasificación geotécnica de suelos según ficha UIC719

COMENTARIOS A LA TABLA 55.1 (Nota al pie de la Tabla):

a. Porcentajes calculados a través de un análisis de distribución de tamaño de partículas realizado sobre el material que pasa por el tamiz de 63 mm. Los porcentajes indicados se han redondeado a la baja. Deberán ser incrementados hasta en un 5% si se toma un número representativo de muestras.

- b. Es posible incluir este tipo de suelos en la clase QS1, como realizan algunas administraciones ferroviarias
- c. Asentamiento por colapso mayor del 1% para muestras no alteradas o para aquéllas remoldeadas con la densidad proctor estándar y una presión de 0,2 MPa.
- d. Hinchamiento libre mayor del 3 % para muestras no alteradas o para aquéllas remoldeadas con la densidad proctor estándar.
- e. Estos suelos pueden incluirse en la clase QS2 si las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas son buenas.
- f. Estos suelos pueden incluirse en la clase QS3 si las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas son buenas.

B. Capacidad portante de la capa de forma

Terraplén o superficie de excavación		Clase de capacidad portante requerida para las subbases	Requerimientos de la preparación de las subbases		
Calidad de la clase de suelo	CBR mínimo (a)		Clase de calidad	CBR mínimo (b)	Mínimo espesor e_f (m)
QS1	2 (c)-3	P1	QS1	2 (c) – 3	-
		P2	QS2	5	0.5
		P2	QS3	10 – 17 (c)	0.35
		P3	QS3	10 – 17 (c)	0.5
QS2	5	P2	QS2	5	-
		P3	QS3	10 – 17 (c)	0.35
QS3	10-17 (c)	P3	QS3	10 – 17 (c)	-

Tabla 55.2. Determinación de la capacidad portante de la capa de forma y su espesor mínimo según ficha UIC 719

COMENTARIOS A LA TABLA 55.2 (Nota al pie de la Tabla):

- (a) CBR correspondiente a condiciones in-situ del material (las muestras se deberán saturar durante el ensayo).
- (b) CBR correspondiente a muestra remoldeadas compactada en las condiciones de diseño del material (las muestras se deberán saturar durante el ensayo).
- (c) Valores propuestos según el Informe ERRI D117/RP28 (1983).

C. Clasificación de las líneas férreas

(1) La clasificación de la línea se determinará sobre la base de una carga de tráfico T1 teórico, y expresada por la siguiente fórmula:

$$Tf = Sv \cdot (Tv + Kt \cdot Ttv) + Sm (Km \cdot Tm + Kt \cdot Ttm) \quad (55.1)$$

Donde,

Tv el tonelaje de pasajeros diarios promedio en tonelaje bruto remolcado

Tm el tonelaje de carga diaria en tonelaje bruto remolcado

Ttv el tonelaje promedio de cabezas tractoras utilizadas en tráfico de viajeros, en toneladas

Ttm el tonelaje promedio de cabezas tractoras utilizadas en tráfico de mercancías, en toneladas

Km un coeficiente que tiene en cuenta la influencia de la carga y el efecto del desgaste de los bogies de carga, y que normalmente se corresponde con el siguiente valor:

$Km = 1,15$

Y para las vías que llevan las cargas pesadas:

$Km = 1,30$ para el tráfico basado principalmente en 20 t de carga por eje (> 50% de tráfico), o para una proporción significativa de tráfico con cargas por eje de 22,5t (> 25% de tráfico)

ó

$Km = 1,45$ el tráfico basado principalmente en 22,5 t de cargas por eje (> 50% de tráfico), o para una proporción significativa de tráfico con cargas por eje de 20t o más (> 75% de tráfico)

Kt un coeficiente que tiene en cuenta el factor del desgaste de eje del motor de tracción, y es igual a 1,40.

Sv y Sm son coeficientes que tienen en cuenta las velocidades de la circulación de trenes.

Sv se relaciona con la velocidad de los trenes de pasajeros más rápidos.

Sm se relaciona con la velocidad de los trenes regulares de mercancías.

A estos coeficientes se les asignarán los siguientes valores:

Sv (Sm) = 1,00 cuando $V \leq 60 \text{ km/h}$

Sv (Sm) = 1,05 cuando $60 \text{ km/h} < V \leq 80 \text{ km/h}$

Sv (Sm) = 1,15 cuando $80 \text{ km/h} < V \leq 100 \text{ km/h}$

Sv (Sm) = 1,25 cuando $100 \text{ km/h} < V \leq 130 \text{ km/h}$

Sv = 1,35 cuando $130 \text{ km/h} < V \leq 160 \text{ km/h}$

Sv = 1,40 cuando $160 \text{ km/h} < V \leq 200 \text{ km/h}$

Sv = 1,45 cuando $200 \text{ km/h} < V \leq 250 \text{ km/h}$

Sv = 1,50 cuando $250 \text{ km/h} < V$

Las líneas se clasificarán en 6 grupos, según el valor de su tráfico ficticio, como se indica a continuación:

Grupo 1....	$130\ 000\ \text{t/j} < T_f$
Grupo 2....	$80\ 000\ \text{t/j} < T_f \leq 130\ 000\ \text{t/j}$
Grupo 3....	$40\ 000\ \text{t/j} < T_f \leq 80\ 000\ \text{t/j}$
Grupo 4....	$20\ 000\ \text{t/j} < T_f \leq 40\ 000\ \text{t/j}$
Grupo 5....	$5\ 000\ \text{t/j} < T_f \leq 20\ 000\ \text{t/j}$
Grupo 6	$T_f \leq 5\ 000\ \text{t/j}$

(2) Determinados estos parámetros se puede establecer el dimensionamiento de la sección transversal de las capas de asiento en la vía.

Artículo 56. En función de los parámetros anteriores se establece el proceso de dimensionamiento de espesores mínimos de las capas de asiento de la plataforma ferroviaria.

(1) Para el cálculo del espesor mínimo total de las capas de balasto+subbalasto (e) de la plataforma ferroviaria, se empleará la siguiente fórmula general:

$$e = E + a + b + c + d + f \quad (56.1)$$

e en metros

Donde,

E = 0,70 m

Para suelos de capacidad portante clase P1 (a)

E = 0,55 m

Para suelos de capacidad portante clase P2 (a)

E = 0,45 m

Para suelos de capacidad portante clase P3 (a)

a = 0

Para grupos de líneas UIC 1-4 (b)

a = - 0,10 m

Para grupos de líneas UIC 5 y 6 (b)

b = 0

Para durmientes de madera de longitud 2,60 m

b =

Para durmientes de concreto de longitud L (b en m; L en m; posible valor negativo de b)

c = 0	Para condiciones de trabajo ordinarias
c = -0,10 m	Para condiciones difíciles de trabajo en líneas existentes
d = 0	Para paso de cargas nominales por eje no mayores a 200 kN
d = 0,05 m	Para paso de cargas nominales por eje no mayores a 225 kN
f = +	La plataforma ferroviaria debe incluir un geotextil si la capa de forma sobre la que asienta está incluido en la clase QS1 ó QS2 (c)
f = 0	No se requiere geotextil si la capa de forma está configurada por suelos de calidad QS3 (d)

NOTAS:

- (a.) La clasificación de suelos según la capacidad portante se encuentra definida en la tabla 55.2 de la presente especificación.
- (b.) Los grupos UIC se encuentran definidos en la ficha UIC714, en el apartado C1 de artículo 55 de la presente especificación.
- (c.) Las clases de suelo UIC están definidas en la tabla 55.1 de la presente especificación
- (d.) En general, es necesario asegurar: (ver también *Especificaciones de Construcción* de esta norma)

- Primero, la compacidad de las capas que forman la plataforma ferroviaria, que ha de ser comprobada por el criterio de filtro de Terzaghi (sólo aplicable a materiales no cohesivos);
- Segundo, la prevención del fenómeno denominado “pumping” que ocurre cuando partículas finas de capas inferiores ascienden hacia la capa de balasto. Sobre ello pueden consultarse reglas de filtro generales para suelos cohesivos y no cohesivos en el *Informe ERRI D117/RP21*. En la práctica, es necesario que la capa de subbalasto que esté en contacto con una capa de forma compuesta por material fino (arcilloso o limoso) contenga una cantidad suficiente de material con una graduación de partículas menor de 2 mm. Las administraciones ferroviarias consiguen este requisito aplicando los siguientes métodos:

- Capa de subbalasto compuesta por una única capa de arena- grava con aproximadamente el 20% de arena fina (partículas con tamaño menor de 0,2 mm)
- Capa de subbalasto compuesta por una doble capa que contiene: una capa superior de grava arenosa con coeficientes de uniformidad C_u y de curvatura C_c adecuados; una capa inferior con función de filtro; la utilización de geotextiles puede mejorar las propiedades de filtro y la capacidad portante de la estructura (ver Informe ERRI D117/RP24).

(2) Para la determinación del espesor mínimo (e_f) necesario en la capa de forma, dentro la sección transversal ferroviaria se puede utilizar la tabla 55.2.

2.4 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE ESQUEMAS DE VÍA. LOCALIZACIÓN DE CAMBIAVIAS Y APARTADEROS.

Sección 1. Esquemas de vía, cambiavías y apartaderos

Artículo 57. Se entiende por cambiavía los siguientes conceptos:

- (1) Bifurcación de una línea ferroviaria en un ramal principal y otro desviado.
- (2) Aparato de vía que permite materializar la bifurcación de una vía en dos o más, de forma que los ejes de las mismas sean tangentes en un punto; consta de cambio, rieles de unión y cruzamiento simple.
- (3) Aparato de vía que permite encauzar el tráfico en un sentido determinado. Consta de: cambio, cruzamiento “agudo” y vías (rieles) intermedias

Artículo 58. Se entiende por apartadero la parte de vía férrea doble en un sistema de vía única, destinada al cruce, adelantamiento o estacionamiento de circulaciones.

Sección 2. Recomendaciones generales para la localización de estos elementos en una línea férrea

Artículo 59. En el esquema de vías (layout) de un sistema en vía única con o sin banalizar se procurará disponer del mayor número posible de apartaderos con el fin de aumentar la capacidad del mismo.

Estos se dispondrán en función del tráfico previsto en la línea, del sistema disponible de señalización y comunicaciones y de la disponibilidad económica para su ejecución.

2.5 RECOMENDACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE ESTACIONES Y PATIOS DE MANIOBRA

Sección 1. Estaciones y apeaderos

Artículo 60. Se recomienda la designación de vías y cambiavías en estaciones y apeaderos del siguiente modo.

- (1) Prevalecerá la forma general de numerar las vías de las estaciones con números arábigos pares e impares, correlativos y ascendentes a cada lado de las vías generales de la línea principal.
- (2) En líneas de vía única la vía general de la estación se denominará vía 1.
- (3) Las vías pares se situarán a la derecha en el sentido creciente del abscisado de la línea.
- (4) Cuando en una línea se produzcan cambios en el sentido de los distintos abscisados que puedan existir, se adoptará un criterio homogéneo para toda ella, consistente en que los trenes encuentren a la derecha de su sentido las vías de su paridad. En líneas con circulación preferente por la vía de la izquierda los trenes encontrarán a la izquierda de su sentido de circulación las vías de su paridad.
- (5) La numeración correlativa de las vías de las estaciones podrá ser aplicable con carácter excepcional en grandes terminales, en bifurcaciones y en caso de vías generales múltiples. En estos casos, la propuesta de numeración, realizada por el organismo responsable, deberá ser sometida para su aprobación por el organismo competente.
- (6) Las vías de haces secundarios iniciarán su numeración con el primer número de la decena posterior a la de la última vía del haz principal, con el mismo criterio de paridad y empezando por la más próxima a la vía general.
- (7) Se numerarán los haces secundarios, con decenas únicas para cada haz, a partir del haz derivado de la vía de numeración más baja del haz principal. Cuando existan varios haces a partir de una misma vía del haz principal, la decena primera será la del haz situado más próximo al origen del abscisado de la línea.
- (8) Las vías de mango para maniobras, seguridad, acceso a derivaciones, etc., llevarán la numeración correlativa ascendente, par o impar, que corresponda a cada lado de las vías generales de la línea principal y la letra M, S, D, etc., respectivamente. A continuación, iniciarán su numeración desde los números 1 ó 2, según corresponda al lado par o impar, y a partir de la vía derivada de la de numeración interior del haz principal. Cuando de una vía del haz principal se desprendan mangos o derivaciones en ambos extremos se numerarán primero los de la banda situada en el abscisado más bajo.
- (9) Cuando existan varios sectores de estacionamiento en una misma vía, el sector principal se numerará de acuerdo con los criterios anteriores y los demás sectores se designarán con el mismo número de vía seguido de las letras A, B... tantas como sectores haya sobre dicha vía.
- (10) En plena vía, las vías generales se designarán Par e Impar (en vía doble sin banalizar), I y II (en vía doble banalizada) y G1, G2, G3, G4, etc. (en caso de vías múltiples). En el caso de vías múltiples, se numerarán correlativamente de izquierda a derecha mirando en el sentido ascendente del abscisado de la línea.

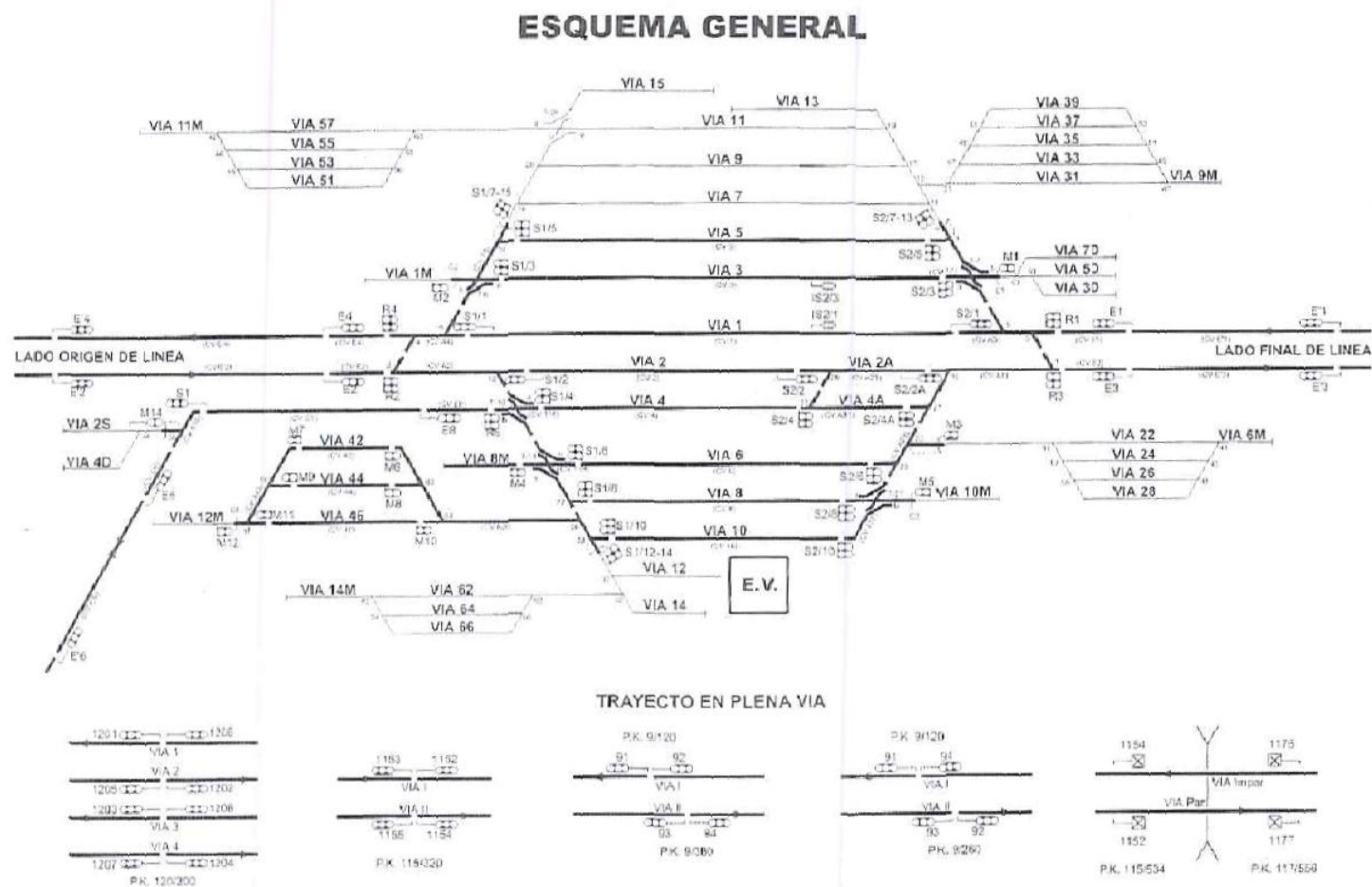


Figura 60.1. Esquema general recomendado para la designación de vías y cambiavías en estación

Artículo 61. El trazado de la vía en estación y parada se ajustará a la operación del tren.

La longitud efectiva de la vía principal para ser considerada como vía pasante y de parada de la estación será la necesaria para albergar los trenes más largos.

Sección 2. Instalaciones en estaciones

Artículo 62. Las estaciones dispondrán de las instalaciones necesarias para atender a viajeros y/o mercancías. La cantidad y calidad de dichas instalaciones dependerán del volumen de viajeros o del volumen y tipo de mercancías a cargar o descargar.

(1) Las estaciones destinadas a viajeros dispondrán de instalaciones de accesibilidad y de información al viajero. La cantidad y calidad de dichas instalaciones dependerá del volumen de viajeros previstos para la estación.

(2) Las instalaciones necesarias para mercancías hace referencia a las zonas de carga y descarga, andenes y grúas de carga/descarga en líneas de llegada y salida de contenedores, pasillos para mercancías, depósitos para guardar y organizar mercancías, edificios relacionados; los edificios principales de las estaciones, almacenes, salas de personal, instalaciones intermodales para reenviar mercancías por otros modos de transporte, etcétera.

Artículo 63. En estaciones de viajeros las instalaciones en andenes e instalaciones para el tránsito de pasajeros como; pasillos, vestíbulos, escaleras, pasos superiores, ascensores, escaleras mecánicas y otras necesarias, instalaciones para prestar servicio a los pasajeros; taquillas y puertas, organizadores de fila; taquillas y salas de espera, control de accesos a los andenes, cámaras de video vigilancia, instalaciones para la oficina de la estación, baterías de baños, alumbrado, etcétera.

(1) Las instalaciones para transmitir información útil y relevante a los usuarios se refiere a la información apropiada para guiar pasajeros a las taquillas o puertas, vestíbulos, andenes, aseos etcétera. Deberían incluir carteles de guía, de locación, de información, megafonía, reloj y de horarios de paso de trenes.

Artículo 64. Los andenes deberán adecuarse a los siguientes estándares:

(1) La longitud efectiva de un andén será más largo que la distancia entre el primer vehículo de pasajeros y el último vehículo de pasajeros de un tren que para en ese andén. (Si un conductor viaja en un vehículo que no sea un coche de pasajeros, este vehículo particular se incluya para determinar la distancia, lo mismo se aplica en lo sucesivo)

La longitud efectiva también debería facilitar la salida y entrada segura y sin problemas de los pasajeros. Esta no se aplica, sin embargo, a casos excepcionales debido a condiciones topográficas cuando se tomen medidas necesarias como el cierre de la entrada y salida de pasajeros;

(2) El ancho del andén y la distancia entre el borde del andén y otras estructuras como columnas, las entradas a pasos superiores e inferiores de viajeros y salas de espera se fijarán adecuadamente para no interferir con el movimiento seguro y sin complicaciones de los viajeros;

(3) Los andenes se equiparán con las medidas apropiadas para la seguridad de los viajeros, dependiendo en la velocidad del tren, frecuencia y patrones de operación.

Artículo 65. Un andén no impedirá la utilización segura de los pasajeros al mismo, y debe satisfacer los siguientes estándares.

(1) La longitud efectiva de un andén será al menos la longitud máxima de entre el primer vehículo de pasajeros y el último vehículo de pasajeros de un tren (o, en su caso, entre la primera y última puerta de andén que conecta directamente al tren) que para en ese andén y, en adición, no impedirá el movimiento seguro y sin complicaciones de los pasajeros.

Sin embargo, si el número de pasajeros entrando y saliendo en dicho andén es pequeño, y si existen razones de operación ferroviaria inevitables, es permisible que la longitud efectiva de un andén sea más corto que la longitud de un tren con la provisión de que se tomen medidas para evitar el riesgo de pasajeros que caigan a la vía, como el cierre de las puertas correspondientes y avisos previos en el interior de la unidad.

(2) El ancho de un andén de ferrocarril normal será:

- En el caso de que se utilice dos bordes de andén: por lo menos 3 m en la parte central y por lo menos 2 m en las partes extremas
- En el caso de que se utilice un solo borde de andén: menos 2 m en la parte central y por lo menos 1,5 m en las partes extremas

(3) La distancia entre las columnas, las paredes de las entradas a los pasos de pasajeros, etcétera, en el andén y el lado del andén de un ferrocarril normal será:

A. La distancia entre una columna en el andén y el borde del andén será al menos 1,0 m.

B. La distancia entre la entrada a un paso de pasajeros, sala de espera, etcétera y el borde del andén será al menos 1,5 m.

C. Las provisiones en 1) y 2) no se aplica a un andén con puertas de andén instaladas u otras instalaciones para adecuadamente proteger los pasajeros de otros trenes (en adelante llamado 'puertas de andén').

D. En el caso de un andén con puertas de andén la distancia entre la entrada a un paso de viajeros, sala de espera, etcétera y la puerta de andén será al menos 1,2 m (o al menos 0,9 m donde no haya probabilidad de interferir con la entrada y salida de pasajeros).

(4) Las siguientes se aplican para asegurar la seguridad de viajeros en el andén, de acuerdo con la velocidad del tren, el número de trenes, el patrón de operaciones, etcétera.

A. Se consideran las siguientes como estándar para asegurar la seguridad de viajeros en el andén, y para pasajeros en general también.

(A) La superficie del andén y la superficie del material rodante donde los pasajeros entran y salen será tan plana como posible.

(B) El gálibo entre el borde del andén y el borde de la superficie del material rodante será tan pequeño como posible dentro del rango en cuál no se impide la marcha del material rodante. Sin embargo, si este gálibo esté inevitablemente grande debido a consideraciones estructurales, se instalarán medios para avisar a los pasajeros de dicha circunstancia.

(C) Al final del andén aparte del lado dando a las vías, se construye una valla para evitar la caída de pasajeros. Sin embargo, esta no se aplica si el lado corresponde a una escalera, y si no haya peligro de que pasajeros puedan caer.

(D) En los andenes exteriores, la superficie del andén será antideslizante para que los pasajeros no puedan resbalarse fácilmente.

(E) En el andén dispondrá de instalaciones de información al viajero para avisar pasajeros de la llegada de un tren utilizando texto o megafonía, etcétera. Sin embargo, esta disposición no se aplica si no hay instalaciones eléctricas disponibles o si no es posible tomar tales medidas por razones técnicas, como por ejemplo un volumen bajo de viajeros.

B. Las piezas de albañilería que delimiten el borde del andén serán de un acabado antideslizante y dispondrán de franjas de botones para que un invidente detecte la presencia del borde.

C. En el caso de un andén de un ferrocarril normal donde los trenes circulan con una velocidad de más que 130 km/h, una de las siguientes medidas será adoptada según la velocidad del tren y la forma del material rodante.

(A) Instalar barreras móviles de andén.

(B) Adoptar medidas para prevenir el acceso al andén de los pasajeros mientras un tren esté pasando el andén.

(C) Asegurar la seguridad de los pasajeros mediante avisos verbales de un empleado.

D. El andén de un ferrocarril que utiliza unidades de conducción automática tendrá instaladas puertas del andén o barreras móviles de andén.

E. Las reglas estipuladas en A. (A) y (E), y B. no se aplica a los andenes equipados con puertas del andén conectadas directamente al material rodante.

Artículo 66.

(1) Los significados de “si existen razones inevitables de la operación ferroviaria” y “medidas a tomar para prevenir el riesgo de caída de usuarios, etcétera” en el caso donde “es permisible que la longitud efectiva de un andén sea más corto que la longitud de un tren” en las Especificaciones de Modelos Aprobados (1) arriba estén mostrados en la tabla abajo.

Razones inevitables de la operación ferroviaria	Medidas a tomar para prevenir el riesgo de caída de viajeros
En el caso en que la longitud del andén debe ser ampliada por razones de incremento de capacidad o similar pero es difícil llegar a una solución por motivos físicos o topográficos (existencia de paso a nivel, río, etc. al final del andén) y además se considera fundamental incrementar la capacidad de transporte	1) Se ha de prevenir que se abran las puertas del vehículo correspondientes a esa área del andén 2) Se debe realizar el anuncio correspondiente a bordo
En el caso en que efectúe parada en la estación un tren discrecional para satisfacer una demanda puntual	1) Se ha de prevenir que se abran las puertas del vehículo correspondientes a esa área del andén o medidas equivalentes como orientar a los pasajeros hacia la salida correspondiente 2) Al mismo tiempo se debe realizar el anuncio correspondiente a bordo

Tabla 66.1. Medidas de seguridad en situaciones concretas de la operación ferroviaria

(2) En las Especificaciones de Modelos Aprobados (3) 3), “puertas del andén u otras instalaciones para la protección adecuada de los pasajeros de otros trenes (de aquí en adelante llamada “puertas del andén”)” incluirán barreras móviles de andén, pero no barreras fijas.

(3) Las provisiones de las Especificaciones de Modelos Aprobados (3) 4) se aplican igualmente a las locaciones de las barreras fijas en un andén con barreras fijas instaladas.

(4) “Barreras del andén móvil” En las provisiones de las Especificaciones de Modelos Aprobados (5) 3) no incluyera barreras fijas.

Artículo 67. El ancho de pasillos y escaleras para pasajeros será fijado apropiadamente para no impedir el movimiento de los pasajeros.

Escaleras para pasajeros contarán con las medidas apropiadas para prevenir la caída de los pasajeros por la escalera.

Artículo 68. El ancho de los accesos a los pasillos y las escaleras para pasajeros se adecuará a los siguientes criterios para evitar cualquier impedimento al flujo sin complicaciones de los pasajeros, y también para prevenir la caída de los pasajeros por las escaleras para pasajeros etcétera.

- (1) El ancho de los accesos a los pasillos y las escaleras para pasajeros será al menos 1,5 m.
- (2) Escaleras para pasajeros tendrán un rellano por cada 3m aproximadamente de altura.
- (3) Escaleras para pasajeros tendrán pasamanos.

Artículo 69. Recorrido libre de obstáculos. Se define como aquel trayecto por el que pueden circular libremente todas las categorías de personas de movilidad reducida o discapacitadas. Puede incluir la señalización adecuada, rampas o ascensores siempre que estén contruidos y sean explotados de conformidad con lo especificado en esta norma.

Artículo 70. Accesibilidad

- (1) En estaciones para pasajeros, se cumplirán condiciones adecuadas de accesibilidad a los edificios o terminales, así como desde los mismos a los andenes, procurando que todos los usuarios puedan acceder a las instalaciones en igualdad de condiciones, especialmente las personas de movilidad reducida (ver glosario de términos técnicos).
- (2) Deberá existir por lo menos un recorrido libre de obstáculos que interconecte los siguientes puntos y servicios, cuando existan:
 - Paradas de otros modos de transporte situadas dentro del recinto de la estación (por ejemplo taxi, autobús, tranvía, metro, transbordador, etc.).
 - Aparcamientos
 - Entradas y salidas accesibles.
 - Mostradores de información.
 - Otros sistemas de información.
 - Lugares de venta de billetes.

- Asistencia a los clientes.
- Salas de espera.
- Consignas.
- Baños.
- Andenes.

Todos los recorridos libres de obstáculos, escaleras, pasarelas y subterráneos tendrán una anchura libre de 1600 mm como mínimo y una altura mínima de 2300 mm a lo largo de toda la anchura de 1600 mm. El requisito de ancho mínima no tiene en cuenta el ancho adicional que pueda ser necesario para los flujos de pasajeros. Este requisito no será aplicable a escaleras mecánicas, pasillos rodantes y ascensores.

La longitud de los recorridos libres de obstáculos será la menor que resulte practicable.

Los pavimentos de los recorridos libres de obstáculos tendrán propiedades anti reflectantes.

(2) En nuevas estaciones con niveles de demanda previstos superiores a los 1000 viajeros/día (total combinado de viajeros que llegan y que parten), se proporcionará acceso a los distintos desniveles de la terminal mediante ascensores de accionamiento hidráulico o eléctrico que dispongan de sistemas de seguridad en caso de emergencia o bien mediante rampas con una pendiente adecuada (máxima pendiente longitudinal del 8 %).

(3) En las estaciones referidas en el párrafo anterior se asegurarán siempre los recorridos libres de obstáculos para el acceso a todas las instalaciones destinadas a los usuarios.

Artículo 71. Los depósitos para reposo y servicio de trenes y talleres deberán tener capacidad suficiente para acomodar todos los vehículos para los que sea diseñado.

Las instalaciones de inspección de material móvil deberán disponer de suficientes equipamientos para realizar inspecciones completas y reparaciones de gran envergadura.

3.0 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Estas especificaciones tienen por objeto establecer unas pautas mínimas de calidad y guiar a los agentes implicados en el proceso de construcción de las infraestructuras ferroviarias en lo que se refiere a los campos de obras de tierra, elementos de drenaje, elementos que conforman la infraestructura y superestructura de vía férrea y otras recomendaciones.

Se definen previamente algunos conceptos básicos que se nombran a lo largo de estas Especificaciones.

Contratista: a efectos de estas Especificaciones se entiende por contratista la persona física o jurídica que desarrolla las obras de una línea férrea en el ámbito de estudio. También se denomina *Constructor*.

Propiedad: se entenderá por Propiedad, la persona física o jurídica promotora de las obras de una línea férrea, que podrá ser de carácter público o privado y que tendrá derecho a decidir todos los aspectos de la obra siempre que cumplan lo dispuesto en la normativa correspondiente a nivel técnico.

Director/Dirección de la Interventoría: persona física o jurídica que representará los intereses de la Propiedad dentro del proceso de las obras de una línea férrea y que por tanto tiene la capacidad de supervisar y decidir sobre ciertos aspectos de la misma.

3.1 EXCAVACIONES Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

Sección 1. Despeje y desbroce del terreno

Artículo 72. Definición de la operación

Unidad de obra que consiste en la limpieza y desbroce del terreno en la zona de influencia de la obra incluyendo la tala de árboles y la eliminación del tocón restante. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Retirada de la capa superficial de tierras hasta conseguir una superficie de trabajo lisa.
- Eliminación de plantas, tocones de árboles y arbustos con sus raíces, cepas, broza, escombros, basuras, etc.
- Carga, transporte y descarga en vertedero de los materiales sobrantes o a zona adecuada para su reutilización o al lugar indicado por la Dirección de Interventoría
- Pago del canon de vertido y mantenimiento del vertedero siempre que sea necesario el traslado de algún tipo de material.
- Permisos ambientales necesarios.
- Rellenos con concreto de limpieza para regularización de fondo de excavación.

Siempre que, a juicio de la Dirección de Interventoría, sea conveniente incluir la capa superficial del terreno, junto con la vegetación existente, en la excavación de la capa de tierra vegetal, no se ejecutará la unidad de desbroce como unidad independiente de esta última.

Artículo 73. Condiciones generales

No han de quedar cepas ni raíces mayores a diez centímetros (10 cm) en una profundidad menor o igual a un metro (1 m).

La superficie resultante ha de ser la adecuada para la realización de los trabajos posteriores.

Los materiales han de quedar suficientemente troceados y apilados, con la finalidad de facilitar su carga, en función de los medios de que se disponga y las condiciones de transporte.

Se trasladarán a un vertedero autorizado todos los materiales que la Dirección de Interventoría no haya aceptado como útiles.

El recorrido que se haya de realizar, ha de cumplir las condiciones de anchura libre y pendientes adecuadas a la maquinaria que se utilice.

Los materiales aprovechables como la madera se clasificarán y acopiarán siguiendo las instrucciones de la Dirección de Interventoría.

Artículo 74. Proceso de ejecución

(1) Superficie desbrozada

Se han de proteger los elementos de servicio público que puedan quedar afectados por las obras.

Se han de eliminar los elementos que puedan dificultar los trabajos de retirada y carga de los escombros.

Se han de señalar los elementos que hayan de conservarse intactos, según se especifique en el Proyecto o en su defecto la Dirección de Interventoría.

Se han de trasladar a un vertedero autorizado todos los materiales que la Dirección de Interventoría considere como sobrantes.

El transporte se ha de realizar en un vehículo adecuado, en función del material demolido que se quiera transportar, protegiendo el mismo durante el transporte con la finalidad de que no se produzcan pérdidas en el trayecto ni se produzca polvo.

(2) Tala y transporte de árboles

Esta unidad de obra consiste en el conjunto de operaciones necesarias para la tala de árboles y su transporte a vertedero u otro lugar indicado por la Dirección de Interventoría.

Los árboles cuyo diámetro, medido en su base, sea inferior a veinte centímetros (20 cm) no están incluidos en esta unidad pues quedan incluidos en la unidad de Superficie desbrozada.

Los árboles se cortarán por su base de modo que el tamaño de los tocones permita fácilmente su arranque durante las operaciones de despeje y desbroce.

El Contratista tomará las precauciones necesarias para lograr las condiciones de seguridad suficientes frente a la caída de los cortados, incluso eliminando primero las ramas si fuese necesario.

Los troncos cortados se transportarán a vertedero donde se utilizarán para el acondicionamiento del mismo.

En caso de que dichos troncos tengan otro destino el Contratista habilitará una zona que no interfiera con la obra donde se apilarán, tomando las precauciones necesarias para que no sea origen de posibles accidentes.

Sección 2. Excavaciones

Artículo 75. Definición de la operación

Conjunto de operaciones para la excavación y nivelación de las zonas donde ha de asentarse la plataforma, taludes y cunetas de la traza ferroviaria, así como el consiguiente transporte de los productos al lugar de empleo o vertedero. Entre esas operaciones hay que distinguir:

- (1) Excavación de tierra vegetal. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:
- Retirada de las capas aptas para su utilización como tierra vegetal según condiciones indicadas por el promotor de las obras.
 - Carga y transporte a lugar de acopio autorizado o lugar de utilización.
 - Depósito de la tierra vegetal en una zona adecuada para su reutilización.
 - Operaciones de protección, evacuación de aguas y labores de mantenimiento en acopios a largo plazo.
 - Acondicionamiento y mantenimiento del acopio.

Pago de los cánones de ocupación si fuera necesario.

- (2) Excavación en desmonte con medios mecánicos, sin ayuda de explosivos. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Excavación del terreno.
- Agotamiento con bomba de extracción, en caso necesario.
- Red de evacuación de aguas.
- Carga de los materiales extraídos
- Transporte a vertedero hasta una distancia de diez kilómetros (10 km) o lugar de utilización dentro de la obra, sea cual sea la distancia.
- Operaciones de protección.
- Saneamiento y perfilado de los taludes y del fondo de excavación y formación de cunetas.
- Regularización del fondo de excavación y saneamiento de los taludes.
- Construcción y mantenimiento de accesos.
- Acondicionamiento de la superficie del vertedero en su caso.
- Pago del canon de vertido y mantenimiento del vertedero, en caso necesario.
- Permisos necesarios en cada caso

- (3) Excavación en desmonte con ayuda localizada de explosivos. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Operaciones descritas en (2)
- Taqueos localizados a fin de fragmentar el material a excavar y facilitar el mediante escarificado profundo y pesado.
- Permisos necesarios

- (4) Excavación en desmonte mediante empleo sistemático de voladuras. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Perforación del terreno, colocación de explosivos y voladura.
- Excavación del terreno.
- Agotamiento con bomba de extracción, en caso necesario.
- Red de evacuación de aguas.
- Carga de los materiales excavados o volados.
- Transporte a vertedero hasta una distancia de diez kilómetros (10 km) o lugar de utilización dentro de la obra, sea cual sea la distancia.
- Operaciones de protección.
- Limpieza del fondo de excavación en roca sana y saneo de los taludes.
- Construcción y mantenimiento de accesos.
- Acondicionamiento de la superficie del vertedero en su caso.
- Pago del canon de vertido y mantenimiento del vertedero.
- Permisos necesarios.

(5) Excavación entre pantallas a cielo abierto

Consistente en la excavación al abrigo de pantallas laterales de concreto, ejecutadas previamente, ya sea a cielo abierto o bajo cubierta entre las pantallas.

La excavación entre pantallas se hará de acuerdo con las hipótesis de cálculo previstas, adecuando a la secuencia de ejecución establecida los medios auxiliares, maquinaria, etc. que se precisen a tal fin.

El Contratista propondrá a la Dirección de Interventoría un plan detallado de excavaciones con la relación de los medios a emplear y justificando que, en cada fase, no se produce merma en la seguridad de diseño de las pantallas.

Si hubiera cualquier alteración de las condiciones iniciales previstas en el proyecto deberá someterse a la aprobación por la Dirección de Interventoría, no generará coste adicional sobre lo previsto en proyecto y en consecuencia no será de abono partida alguna por este concepto.

(6) Excavación entre pantallas en zonas cubiertas

La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones anteriormente descritas.

(7) Excavación en vaciado o saneo

Consistente en la excavación a cielo abierto, con dimensiones en planta superiores a tres metros (3 m), para emplazamiento o cimentación de obras de fábrica, o por debajo de la cota de fondo de excavación de desmontes o de apoyo de los terraplenes, realizada bien sea con apuntalamiento, o mediante la formación de taludes estables, hasta la profundidad definida en el Proyecto o en su defecto indicada por escrito por la Dirección de Interventoría. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Excavación en terreno sin clasificar incluso la excavación escalonada.
- Agotamiento y evacuación de agua.
- Carga de los materiales de excavación.
- Transporte y descarga, a vertedero, lugar de apilado o lugar de utilización de los materiales excavados.
- Operaciones necesarias para garantizar la seguridad.
- Acondicionamiento del vertedero.
- Construcción y mantenimiento de accesos.

(8) Excavación en formación de escalonado

La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones anteriormente descritas.

(9) Excavación suplementaria en retaluzado sin explosivos

Se considera trabajo de retaluzado cuando la altura entre el pie del talud, en el momento de efectuar el trabajo, y la coronación del mismo sea igual o superior a ocho metros (8 m).

Esta unidad corresponde a la realización de los trabajos de corrección de un talud ya ejecutado en el cual se hubiese registrado un fenómeno de inestabilidad o existan indicios, a juicio de la Dirección de Interventoría, que hacen aconsejable modificar la pendiente del talud inicialmente previsto.

(10) Excavación suplementaria en retaluzado con explosivos. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

Perforación del terreno, colocación de explosivos y voladura.

(11) Excavación en zanjas, pozos, cimientos por medios mecánicos

Se consideran zanjas y cimientos aquellos que tengan una anchura menor de tres metros (< 3 m) y una profundidad menor de seis metros (< 6 m), los pozos podrían ser circulares con una profundidad menor de dos (< 2) veces su diámetro y rectangulares con una profundidad menor de dos (< 2) veces el ancho.

Se considera excavación con explosivos, cuando se trata de terreno rocoso y es obligada la utilización de voladuras.

Se considera excavación con medios mecánicos, cuando pueden utilizarse medios potentes de escarificación, retroexcavadora de gran potencia e, incluso, ayuda con explosivos o martillo picador para atravesar estratos duros de espesor hasta veinte centímetros (20 cm).

Se considera excavación manual cuando se utilicen herramientas manuales y/o maquinaria de poco volumen o tonelaje.

La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Excavación manual, mecánica y/o con ayuda de explosivos.

- Replanteo y nivelación del terreno original.
 - Excavación y extracción de los materiales y limpieza del fondo de la excavación incluido precorte y voladura, en su caso.
 - El entibado necesario y los materiales que la componen.
 - Carga y transporte a vertedero hasta una distancia de diez kilómetros (10 km) o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia.
 - Conservación adecuada de los materiales.
 - Agotamientos y drenajes que sean necesarios.
- (12) Excavación en zanjas, pozos, cimientos con empleo de explosivos. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones anteriormente descritas, con el añadido de:
Perforación del terreno, colocación de explosivos y voladura.
- (13) Excavación manual en zanjas, pozos y cimientos. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:
Excavación del terreno por medio manual ayudado de pequeña maquinaria cuando sea necesario.
- (14) Excavación en formación de cuneta por medios mecánicos
Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para la excavación de taludes y formación de cunetas en paramentos definitivos en terrenos. Dichas operaciones comprenden la excavación por medios mecánicos.
- (15) Regularización fondo desmonte en roca.
Esta unidad forma parte de las actividades pertenecientes a la excavación con empleo de sistema de voladuras, siendo necesario su abono independiente.
- (16) Superficie excavada con precorte
Ejecución de una pantalla de taladros paralelos coincidentes con el talud proyectado, suficientemente próximos entre sí, para que su voladura produzca una grieta coincidente con el talud. La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:
- Preparación de la zona de trabajo.
 - Situación de las referencias topográficas.
 - Perforación de los barrenos (perforaciones cilíndricas para alojar el explosivo)
 - Carga y encendido de los barrenos.

Artículo 76. Condiciones generales

Se han de proteger los elementos de servicio público que puedan resultar afectados por las obras.

Toda excavación ha de estar llevada en todas sus fases con referencias topográficas precisas.

Ha de haber puntos fijos de referencia exteriores en la zona de trabajo, a los cuales se le han de referir todas las lecturas topográficas.

No se han de acumular las tierras al borde de los taludes.

El fondo de la excavación se ha de mantener en todo momento en condiciones para que circulen los vehículos con las correspondientes condiciones de seguridad.

En caso de imprevistos (terrenos inundados, conductos enterrados, etc.) o cuando la actuación de las máquinas de excavación o la voladura, si es el caso, pueda afectar a construcciones vecinas, se han de suspender las obras y avisar a la Dirección de Interventoría.

El trayecto que ha de recorrer la maquinaria ha de cumplir las condiciones de anchura libre y de pendientes adecuadas a la maquinaria que se utilice. La rampa máxima antes de acceder a una vía pública será del seis por ciento (6 %).

La operación de carga se ha de hacer con las precauciones necesarias para conseguir unas condiciones de seguridad suficientes.

El transporte se ha de realizar en un vehículo adecuado para el material que se desee transportar, provisto de los elementos que son precisos para su desplazamiento correcto, y evitando el enfangado de las vías públicas en los accesos a las mismas.

Durante el transporte se ha de proteger el material para que no se produzcan pérdidas en el trayecto.

Las excavaciones respetarán todos los condicionantes medioambientales, y en especial los estipulados en la Declaración de Impacto Ambiental, sin que ello implique ninguna alteración en las condiciones de su ejecución, medición y abono.

Las tierras que la Dirección de Interventoría considere adecuadas para rellenos se han de transportar al lugar de utilización. Las que la Dirección de Interventoría considere que se han de conservar se acopiarán en una zona apropiada. El resto tanto si son sobrantes como no adecuadas se han de transportar a un vertedero autorizado.

La ejecución del vertedero se ajustará a las prescripciones de esta norma en el artículo relativo a Rellenos en formación de vertederos.

La excavación de la tierra vegetal se realizará en todo el ancho ocupado por la explanación para desmontes y terraplenes y se ha de recoger en caballeros de altura no superior a un metro y medio (1,5 m) y mantener separada de piedras, escombros, desechos, basuras y restos de troncos y ramas.

Los trabajos de excavación en terreno rocoso se ejecutarán de manera que la granulometría y forma de los materiales resultantes sean adecuadas para su empleo en rellenos “todo uno” o pedraplenes.

Por causas justificadas la Dirección de Interventoría podrá modificar los taludes definidos en el proyecto, sin que suponga una modificación del precio de la unidad.

La explanada ha de tener la pendiente suficiente para desaguar hacia las zanjas y cauces del sistema de drenaje.

Los sistemas de desagüe tanto provisionales como definitivos no han de producir erosiones en la excavación.

Los cambios de pendiente de los taludes y el encuentro con el terreno quedarán redondeados.

La terminación de los taludes excavados requiere la aprobación explícita de la Dirección de Interventoría.

Artículo 77. Proceso de ejecución

(1) Excavación de tierra vegetal

No se han de empezar los trabajos hasta que la Dirección de Interventoría no apruebe el plan de trabajo. En el mismo han de figurar las zonas en que se ha de extraer la tierra vegetal y los lugares escogidos para el acopio, de forma coordinada con la ejecución del desbroce.

La excavación de tierra vegetal se simultaneará con el desbroce siempre que ello sea posible, a fin de incluir los restos de vegetación existente. En todo caso, se procurará no mezclar los diferentes niveles, con objeto de no diluir las propiedades de las capas más fértiles.

Durante la ejecución de las operaciones de excavación y formación de acopios se ha de utilizar maquinaria ligera para evitar que la tierra vegetal se convierta en fango, y se evitará el paso de los camiones por encima de la tierra acopiada.

El acopio de la tierra vegetal se realizará a lo largo de todo el trazado, exceptuando los cauces fluviales, los barrancos y vaguadas por la erosión hídrica que se produciría en caso de precipitaciones. La tierra vegetal se almacenará separadamente del resto de materiales originados como consecuencia de las obras de construcción de la línea férrea. Los acopios de tierra vegetal no contendrán piedras, escombros o restos de troncos y ramas.

El acopio de tierra vegetal se llevará a cabo en los lugares elegidos, de forma que no interfiera el normal desarrollo de las obras y conforme a las siguientes instrucciones:

Se hará formando caballones o artesas, cuya altura se mantendrá alrededor del metro y medio (1,50 m), con taludes laterales de pendiente no superior a 3H:2V. El almacenaje en caballeros de más de metro y medio (1,50 m) de altura, podrá permitirse, previa autorización de la Dirección de Interventoría, siempre que la tierra se remueva con la frecuencia conveniente.

Se evitará el paso de camiones de descarga, o cualesquiera otros, por encima de la tierra apilada.

El modelado del caballón, si fuera necesario, se hará con un tractor agrícola que compacte poco el suelo.

Se harán ligeros ahondamientos en la capa superior de la artesa acopio, para evitar el lavado del suelo por la lluvia y la deformación de sus laterales por erosión, facilitando al mismo tiempo los tratamientos que hubieren de darse.

Cuando el acopio vaya a permanecer largo tiempo deberán hacerse las siguientes labores de conservación:

Restañar las erosiones producidas por la lluvia.

Mantener cubierto el caballón con plantas vivas, leguminosas preferentemente por su capacidad para fijar nitrógeno.

Se considera como tierra vegetal el material que cumpla las condiciones que se fijan en el epígrafe “Aportación y extendido de tierra vegetal” del presente documento.

Se consideran materiales asimilables a la tierra vegetal, a los efectos de su acopio separado y aprovechamiento en las labores de revegetalización todos aquellos suelos que no sean rechazables según las siguientes condiciones:

Parámetro	Rechazar si cumple que
PH	< 5.5 > 9
Nivel de carbonatos	> 30
Sales solubles	> 0.6 % (Con CO ₃ Na)
Conductividad a 25 °C extracto a saturación	> 4 ms/cm (> 6 ms/cm en caso de ser zona salina con vegetación adaptada)
Textura	Arcillosa muy fina (> 60 % arcilla)
Estructura	Maciza o fundida (arcilla o limo compacto)
Elementos gruesos (> 2 mm)	> 30 % en volumen

Tabla 6.1. Parámetros y tolerancias a evaluar en materiales de excavación

(2) Excavación con medios mecánicos, sin utilización de explosivos

Antes de iniciar las obras de excavación debe presentarse a la Dirección de Interventoría un programa de desarrollo de los trabajos de explanación.

No se autorizará a iniciar un trabajo de desmonte si no están preparados los tajos de relleno o vertedero previstos, y si no se han concluido satisfactoriamente todas las operaciones preparatorias para garantizar una buena ejecución.

Se ha de prever un sistema de desagüe para evitar acumulación de agua dentro de la excavación.

Se ha de impedir la entrada de aguas superficiales, especialmente cerca de los taludes.

Los cauces de agua existentes no se modificarán sin autorización previa y por escrito de la Dirección de Interventoría.

En caso de encontrar niveles acuíferos no previstos, se han de tomar medidas correctoras de acuerdo con la Dirección de Interventoría.

Se ha evitar que arroye por las caras de los taludes cualquier aparición de agua que pueda presentarse durante la excavación.

Se han de extraer las rocas suspendidas, las tierras y los materiales con peligro de desprendimiento.

Cerca de estructuras de contención previamente realizadas, la máquina ha de trabajar en dirección no perpendicular a ella y dejar sin excavar una zona de protección de anchura mayor de un metro (≥ 1 m) que se habrá de extraer después manualmente.

En la coronación de los taludes de la excavación debe ejecutarse la cuneta de guarda antes de que se produzcan daños por las aguas superficiales que penetren en la excavación.

Las excavaciones en zonas que exijan refuerzo de los taludes, se han de realizar en cortes de una altura máxima que permita la utilización de los medios habituales en dicho refuerzo.

Todos los materiales que se obtengan de la excavación deberán ser objeto de ensayos para comprobar si cumplen las condiciones expuestas en los artículos correspondientes en la formación de terraplenes o rellenos. En cualquier caso, no se desechará ningún material excavado sin previa autorización de la Dirección de Interventoría.

Los excedentes de tierra, si los hubiera, y los materiales no aceptables serán llevados a los vertederos marcados en el Proyecto o indicados por la Dirección de Interventoría. En caso contrario el Contratista propondrá otros vertederos acompañando un estudio medio ambiental que someterá a aprobación escrita por la Dirección de Interventoría previo informe favorable de los técnicos competentes.

En caso de existir excedentes de excavación sobre el volumen de rellenos, los mismos sólo podrán emplearse en la ampliación de taludes de terraplenes si así lo autoriza la Dirección de Interventoría.

Si en las excavaciones se encontrasen materiales que pudieran emplearse en unidades distintas a las previstas en el Proyecto y sea necesario su almacenamiento, se transportarán a depósitos provisionales o a los acopios que a tal fin señale la Dirección de Interventoría a propuesta del Contratista, con objeto de proceder a su utilización posterior.

Si faltasen tierras, la Dirección de Interventoría podrá autorizar una mayor excavación en las zonas de desmonte tendiendo los taludes, siempre que lo permitan los límites de expropiación y la calidad de los materiales. En este caso, las unidades de obra ejecutadas en exceso sobre lo previsto en el Proyecto estarán sujetas a las mismas especificaciones que el resto de las obras, sin derecho a cobro de suplemento adicional sobre el precio unitario.

Si el equipo o proceso de excavación seguido por el Contratista no garantiza el cumplimiento de las condiciones granulométricas que se piden para los distintos tipos de relleno y fuera preciso una selección o procesamiento adicional (taqueos, martillo rompedor, etc.) éste será realizado por el Contratista a sus expensas sin recibir pago adicional por estos conceptos. En cualquier caso los excesos de excavación, que resulten necesarios por el empleo de unos u otros modos de ejecución de las obras, con respecto a los límites teóricos necesarios correrán por cuenta del Contratista.

El taqueo debe ser en lo posible excepcional y deberá ser aprobado por la Dirección de la Obra antes de su ejecución.

Asimismo, serán de cuenta del Contratista todas las actuaciones y gastos generados por condicionantes de tipo ecológico, según las instrucciones que emanen de los Organismos Oficiales competentes. En particular, se prestará especial atención al tratamiento de préstamos y vertederos.

También serán de cuenta del Contratista la reparación de los desperfectos que puedan producirse en los taludes de excavación durante el tiempo transcurrido desde su ejecución hasta la recepción de la obra (salvo que se trate de un problema de estabilidad como consecuencia de que el material tiene una resistencia inferior a la prevista al diseñar el talud).

No se debe desmontar una profundidad superior a la indicada en Planos para el fondo de excavación, salvo que la deficiente calidad del material requiera la sustitución de un cierto espesor, en cuyo caso esta excavación tendrá el mismo tratamiento y abono que el resto del desmonte.

Salvo este caso, el terraplenado necesario para restituir la superficie indicada en los Planos, debe ejecutarse a costa del Contratista, siguiendo instrucciones que reciba de la Dirección de Interventoría.

El acabado y perfilado de los taludes se hará por alturas parciales no mayores de tres metros (3 m).

El Contratista ha de asegurar la estabilidad de los taludes y paredes de todas las excavaciones que realice, y aplicar oportunamente los medios de sostenimiento, apuntalamiento, refuerzo, y protección superficial del terreno apropiados, con la finalidad de impedir desprendimientos y deslizamientos que puedan ocasionar daños a personas o a las obras, aunque tales medios no estuvieran definidos en el Proyecto, ni hubieran estado ordenados por la Dirección de Interventoría.

El Contratista ha de presentar a la Dirección de Interventoría, cuando ésta lo requiera, los planos y los cálculos justificativos del apuntalamiento y de cualquier otro tipo de sostenimiento. La Dirección de Interventoría puede ordenar el aumento de la capacidad resistente o de la flexibilidad del apuntalamiento si lo estimase necesario, sin que por esto quedara el Contratista eximido de su propia responsabilidad, habiéndose de realizar a su costa cualquier refuerzo o sustitución.

El Contratista será el responsable, en cualquier caso, de los perjuicios que se deriven de la falta de apuntalamiento, de sostenimientos, y de su incorrecta ejecución.

El Contratista está obligado a mantener una permanente vigilancia del comportamiento de los apuntalamientos y sostenimientos, y a reforzarlos o sustituirlos si fuera necesario.

El Contratista ha de prever un sistema de desagüe para evitar la acumulación de agua dentro de la excavación. Con esta finalidad, ha de construir las protecciones: zanjas, cunetas, drenajes y conductos de desagüe que sean necesarios y disponer de bombas de agotamiento de capacidad suficiente.

El Contratista ha de tener especial cuidado en que las aguas superficiales sean desviadas y canalizadas antes que alcancen las proximidades de los taludes o paredes de la excavación, para evitar que la estabilidad del

terreno pueda quedar disminuida por un incremento de presión del agua intersticial, y para que no se produzcan erosiones de los taludes.

Cuando se compruebe la existencia de material inadecuado dentro de los límites de la explanación fijados en el Proyecto, el Contratista ha de eliminar el citado material hasta la cota que se marque y los volúmenes excavados se han de rellenar con material adecuado o seleccionado a determinar por la Dirección de Interventoría.

Cuando los taludes excavados tengan zonas inestables o el fondo de la excavación presente cavidades que puedan retener el agua, el Contratista ha de adoptar las medidas de corrección necesarias.

El fondo de la excavación se ha de nivelar, rellenando los excesos de excavación con material adecuado, debidamente compactado, hasta conseguir la rasante determinada, que cumpla las tolerancias admisibles.

En el caso que los taludes de la excavación, realizados de acuerdo con los datos del Proyecto, resultaran inestables, el Contratista ha de solicitar de la Dirección de Interventoría la definición del nuevo talud, sin que por esto resulte eximido de cuantas obligaciones y responsabilidades se expresen en este Pliego, tanto previamente como posteriormente a la aprobación.

En el caso de que los taludes presenten desperfectos, el Contratista ha de eliminar los materiales desprendidos o movidos y realizará urgentemente las reparaciones complementarias necesarias. Si los citados desperfectos son imputables a ejecución inadecuada o a incumplimiento de las instrucciones de la Dirección de Interventoría, el Contratista será responsable de los daños ocasionados.

El Contratista ha de adoptar todas las precauciones para realizar los trabajos con la máxima facilidad y seguridad para el personal y para evitar daños a terceros, en especial en las inmediaciones de construcciones existentes, siempre de acuerdo con la Legislación Vigente, incluso cuando no fuera expresamente requerido para esto por el personal encargado de la inspección o vigilancia de las obras por parte de la Dirección de Interventoría.

Se ha de acotar la zona de acción de cada máquina a su área de trabajo. Siempre que un vehículo o máquina pesada inicie un movimiento imprevisto, lo ha de anunciar con una señal acústica. Cuando sea marcha atrás o el conductor no tenga visibilidad, ha de ser auxiliado por un operario en el exterior del vehículo. Se han de extremar estas prevenciones cuando el vehículo o máquina cambie de área y/o se entrecrucen itinerarios.

(3) Excavación en desmonte con ayuda local de explosivos y ripado.

La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones anteriormente descritas, con el añadido de:

Excavación del terreno con ayuda local de explosivos y con escarificadores profundos y pesados.

(4) Excavación con empleo sistema de voladuras

No se empezarán los trabajos de voladuras hasta que la Dirección de Interventoría no dé la aprobación al programa de ejecución propuesto por el contratista, justificado si es necesario con los correspondientes ensayos. La utilización de explosivos para excavar un material calificado en el Proyecto como extraíble por medios mecánicos, deberá contar con autorización escrita de la Dirección de Interventoría, en el libro de órdenes, definiendo la zona a la que es aplicable.

El programa de ejecución de voladuras habrá de especificar como mínimo:

- Maquinaria y método de perforación.
- Longitud máxima de perforación.
- Diámetro de los barrenos de precorte o de destroce y disposición de los mismos.
- Explosivos, dimensiones de los cartuchos y esquema de carga de los diferentes tipos de barrenos.
- Métodos para fijar la posición de las cargas en el interior de los barrenos.
- Esquema de detonación de las voladuras.
- Resultados obtenidos con el método de excavación propuesto en terrenos análogos a los de la obra.

El estudio del plan de tiro a efectuar debe considerar el método más adecuado de fraccionamiento de la roca compatible con su utilización en rellenos, así como para que no se dañe, quebrante o desprenda la roca en el fondo de excavación del desmante.

Se justificará, con medidas del campo eléctrico de terreno, la adecuación del tipo de explosivos y de los detonadores.

Cuando proceda, deben medirse las constantes del terreno para la programación de las cargas de la voladura, para no sobrepasar los límites de velocidad veinte milímetros por segundo (20 mm/s) y aceleración que se establecen por las vibraciones en estructuras y edificios próximos.

Antes de iniciar las voladuras deben tenerse todos los permisos adecuados y deben adoptarse las medidas de seguridad necesarias.

La aprobación inicial del Programa por parte de la Dirección de Interventoría podrá ser reconsiderada si la naturaleza del terreno u otras circunstancias lo hicieran aconsejable, siendo necesario la presentación de un nuevo programa de voladuras.

La adquisición, el transporte, el almacenaje, la conservación, la manipulación y el uso de detonadores y explosivos, se han de regir por las disposiciones vigentes, tanto a nivel estatal, autonómico o local.

Se ha de señalar convenientemente la zona afectada para advertir al público del trabajo con explosivos.

Se ha de tener un cuidado especial en lo que se refiere a la carga y encendido; debe avisarse de las descargas con suficiente antelación para evitar posibles accidentes.

La Dirección de Interventoría puede prohibir las voladuras o determinados métodos de barrenar si los considera peligrosos.

Las vibraciones transmitidas al terreno por la voladura no han de ser excesivas, si no es así se ha de utilizar microrrtardo para el encendido.

Se ha de tener en cuenta la dirección de estratificación de las rocas y el diaclasado, en cuanto a su influencia en el acabado del talud.

La perforación se ha de cargar hasta un setenta y cinco por ciento (75%) de su profundidad total. En roca muy fisurada se puede reducir la carga al cincuenta y cinco por ciento (55%).

El personal destinado al uso de los explosivos estará debidamente calificado y autorizado.

Es responsabilidad del Contratista, tanto la ejecución del programa de voladuras autorizado como la obtención de los permisos necesarios y el respeto de la normativa vigente al respecto.

La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Perforación del terreno, colocación de explosivos y voladura.
- Excavación del terreno.
- Agotamiento con bomba de extracción, en caso necesario.
- Red de evacuación de aguas.
- Carga de los materiales excavados o volados.
- Transporte vertedero hasta una distancia de diez kilómetros (10 km) o lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia de los materiales excavados.
- Regularización del fondo de excavación en roca y saneo de los taludes.
- Construcción y mantenimiento de accesos.
- Acondicionamiento del vertedero.

(5) Excavación en vaciado entre pantallas en cualquier tipo de terreno a cielo abierto.

La ejecución de las excavaciones bajo cubierta será extremadamente cuidadosa para evitar daños en la estructura. Si estos se produjeran, la reparación, en los términos que dictamine la Dirección de Interventoría, correrá a cuenta del Contratista, quien deberá realizarla en el tiempo y plazo que la Dirección le haya indicado.

El Contratista deberá verificar cada dos jornadas, como máximo, el comportamiento estructural de las pantallas, comunicando a la Dirección de Interventoría cualquier alteración o movimiento que aprecie, para que dictamine sobre las medidas a tomar. Hasta ser instruido sobre ello por la Dirección de Interventoría, detendrá las excavaciones en el tajo en que la alteración o el movimiento se hayan producido.

(6) Excavación en vaciado entre pantallas en cualquier tipo de terreno en zonas cubiertas La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones anteriormente descritas.

(7) Excavación en vaciado o saneo

Serán de aplicación las prescripciones definidas el epígrafe correspondiente a “Excavación con medios mecánicos”.

(8) Excavación en formación de escalonado

Serán de aplicación las prescripciones definidas el epígrafe correspondiente a “Excavación con medios mecánicos”.

(9) Excavación suplementaria en retaluzado sin explosivos

Serán de aplicación las prescripciones definidas el epígrafe correspondiente a “Excavación con medios mecánicos”.

(10) Excavación suplementaria en retaluzado con explosivos

Serán de aplicación las prescripciones definidas el epígrafe correspondiente “Excavación con explosivos”, cuando la excavación suplementaria precise la utilización de voladuras.

La realización de la operación de corrección del talud de un desmonte requiere la previa aprobación de la Dirección de Interventoría.

(11) Excavación en zanjas, pozos, cimientos por medios mecánicos

La superficie excavada ha de tener un aspecto uniforme y en el fondo de la excavación no ha de quedar material suelto o flojo, ni rocas sueltas o fragmentadas.

Si el terreno es roca, se regularizarán las crestas y los picos existentes en el fondo de la excavación. Se realizará o no precorte de los taludes, según las instrucciones de la Dirección de Interventoría.

La calidad de terreno del fondo de la excavación requiere la aprobación explícita de la Dirección de Interventoría.

Una vez la Dirección de Interventoría haya dado su aprobación, el fondo de excavación para cimientos de obras de fábrica ha de quedar protegido, para evitar cualquier alteración, mediante una capa de concreto de limpieza.

Si hay material inadecuado en el fondo de la excavación fijada en el proyecto, el contratista excavará y eliminará estos materiales y los substituirá por otros adecuados.

En las excavaciones en roca no se ha de dañar la roca de sustentación situada bajo el fondo de zanja realizándose en capas de altura conveniente para evitar los perjuicios indicados.

Cuando la profundidad de la excavación supere los seis metros (6 m) se realizará una preexcavación de un ancho adicional mínimo de seis metros (6 m) que se medirá como desmonte.

El Contratista notificará con la antelación suficiente el comienzo de la excavación a fin de que se puedan efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente a la excavación no se removerá ni modificará sin la autorización de la Dirección de Interventoría.

La excavación se realizará con los taludes indicados en los Planos del Proyecto o modificados por la Dirección de Interventoría.

La excavación se realizará hasta la cota que figure en los Planos del Proyecto y se obtenga una superficie firme y limpia. Se podrá modificar la profundidad si a la vista de las condiciones del terreno éste se considera inadecuado a juicio de la Dirección de Interventoría.

No se procederá a modificar la profundidad sin haber informado al Director de la Interventoría.

Cuando aparezca agua en la excavación, se agotará la misma con los medios e instalaciones auxiliares necesarias a costa del Contratista cualquiera que sea el caudal, requiriéndose la autorización de la Dirección de Interventoría para detener la labor de agotamiento.

En el caso que los taludes de las excavaciones ejecutadas de acuerdo con el Proyecto u órdenes de la Dirección de Interventoría den origen a desprendimientos, el Contratista eliminará los materiales desprendidos y adoptará las medidas de entibación que deberá someter a la Dirección de Interventoría. La entibación seguirá a las labores de excavación con una diferencia en profundidad inferior al doble de la distancia entre dos carreras horizontales de la entibación.

En las excavaciones para cimentaciones, las superficies se limpiarán del material suelto o desprendido y sus grietas y hendiduras se rellenarán adecuadamente.

Cuando el fondo de la cimentación no sea rocoso la excavación de los últimos treinta centímetros (30 cm) no se efectuará hasta momentos antes de construir los cimientos.

Los materiales extraídos tendrán tratamiento similar a los de excavación en desmonte.

En ningún caso se podrán acopiar los materiales procedentes de la excavación a una distancia del borde superior de la misma inferior a la profundidad excavada. Se dispondrán medidas de protección y señalización alrededor de la excavación para evitar accidentes durante el tiempo que permanezca abierta la excavación.

La tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

Los materiales extraídos en la excavación podrán emplearse en el posterior relleno de la misma, en el caso de que cumplan los requerimientos necesarios para dicho relleno.

Cuando la excavación en zanja se realice para localizar conductos enterrados, se realizarán con las precauciones necesarias para no dañar el conducto, apeando dichos conductos a medida que queden al descubierto.

El Contratista tomará las precauciones necesarias para evitar que el paso de vehículos produzca desmoronamiento de las paredes de las zanjas.

El fondo y paredes laterales de las excavaciones terminadas tendrán la forma y dimensiones exigidas en el Proyecto y deberán refinarse hasta conseguir una tolerancia inferior a diez centímetros (10 cm) en más o menos sobre las dimensiones previstas.

(12) Excavación en zanjas, pozos, cimientos con empleo de explosivos

Serán de aplicación las prescripciones definidas el epígrafe correspondiente “Excavación con explosivos”, cuando la excavación en zanja precise la utilización de voladuras.

(13) Excavación manual en zanjas, pozos y cimientos

Serán de aplicación las prescripciones definidas el epígrafe correspondiente “Excavación con medios mecánicos”, salvo en la utilización de maquinaria de gran tonelaje, o volumen, pudiendo utilizarse maquinaria de manejo manual y de pequeño volumen.

(14) Excavación en formación de cuneta por medios mecánicos

No se ha de empezar un vaciado mientras la Dirección de Interventoría, no apruebe el replanteo realizado, así como los accesos propuestos para los vehículos de carga o maquinaria.

Las excavaciones se realizarán por procedimientos aprobados, mediante la utilización de equipos de excavación y transporte apropiados a las características, volumen y plazo de ejecución de las obras.

El Contratista ha de notificar a la Dirección de Interventoría con la antelación suficiente, el inicio de cualquier excavación para poder realizar las mediciones necesarias sobre el terreno.

Si existieran servicios o conducciones próximas a la zona de vaciado, el Contratista ha de solicitar de las correspondientes Compañías, la posición y solución a adoptar para las instalaciones que puedan ser afectadas por la excavación, así como la distancia de seguridad en tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.

Durante la ejecución de los trabajos se han de tomar las medidas necesarias para no disminuir la resistencia del terreno no excavado. En especial, se han de adoptar las medidas necesarias para evitar los siguientes fenómenos: inestabilidad de taludes, deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación, erosiones locales y encharcados debidos a un drenaje defectuoso de las obras.

Durante la excavación, y a la vista del terreno descubierto, la Dirección de Interventoría podrá ordenar profundidades mayores que las previstas para conseguir capas suficientemente resistentes de roca o suelo, las características geométricas o geomecánicas de las cuales satisfagan las condiciones del proyecto. La excavación no podrá darse por finalizada hasta que la Dirección de Interventoría lo ordene. Cualquier

modificación de la profundidad o dimensiones de la excavación no dará lugar a variación de los precios unitarios.

En los casos de vaciados para cimentación en suelos coherentes, o en rocas meteorizables, la excavación de los últimos treinta centímetros (30 cm) del fondo se ha de ejecutar inmediatamente antes de iniciar la construcción del cimiento, salvo de que se cubra el fondo con una capa de concreto de limpieza. En el caso de suelos potencialmente expansivos, la excavación del saneo también debe realizarse inmediatamente antes de efectuar el relleno del mismo, en las condiciones que especifican en esta normativa, a fin de no dar lugar a la pérdida de humedad natural del terreno.

(15) Regularización fondo desmonte en roca

La nivelación del fondo de excavación con explosivos en terreno rocoso es de abono independiente y ha de consistir en la eliminación de los salientes de roca que penetran dentro del perfil de la superficie final de la excavación definida esta última por la cara inferior del subbalasto y la regularización de depresiones, según instrucciones de la Dirección de Interventoría, con suelo tipo QS3, u concreto de limpieza HL-150 en caso de espesores inferiores a diez centímetros (10 cm) o de presencia de cavidades localizadas. Con esta regularización deberá asegurarse que la superficie soporte del subbalasto drene transversalmente hacia las cunetas en todos sus puntos, así como que los espesores finales de la capa de sub-balasto estén siempre comprendidos entre el espesor teórico y diez centímetros (10 cm) por encima del mismo.

(16) Superficie excavada con precorte

Sólo se ejecutará en aquellos casos en los que expresamente lo ordene por escrito la Dirección de Interventoría en el libro de órdenes.

Se ha de seguir el orden de los trabajos previsto por la Dirección de Interventoría.

Son de aplicación las prescripciones contenidas en la Sección 2 “Excavaciones”, apartado “Excavación con utilización de explosivos”.

La aprobación del Plan de voladuras por la Dirección de Interventoría no eximirá al Contratista de la obligación de regularizar o sanear aquellas zonas en las que el precorte no haya producido los efectos perseguidos con el mismo.

Sección 3. Suplemento por transporte de material

Artículo 78. Definición

Los materiales excavados en desmontes y túneles de la traza ferroviaria deben ser transportados a rellenos o, en su caso, al vertedero más próximo posible al punto de extracción. El Contratista debe presentar a la

aprobación de la Dirección de Interventoría un programa de movimiento de tierras en el que se aplique dicho criterio.

Esta unidad de obra será de aplicación en los siguientes casos:

- Material procedente de préstamos a partir de una distancia recorrida de diez kilómetros (10 km).
- Material a vertedero a partir de una distancia recorrida de diez kilómetros (10 km).
- Material procedente de cantera a partir de una distancia recorrida de treinta kilómetros (30 km).
- Material para subbalasto a partir de una distancia recorrida de veinte kilómetros (20 km).

Artículo 79. Recomendaciones generales

La distancia de transporte entre el lugar de extracción y el vertedero se medirá entre los centros de gravedad de la excavación (o la boca de túnel) y el centro de gravedad del vertedero. Esta distancia se redondeará a kilómetros (km) enteros, adoptando el valor más próximo por exceso o por defecto.

3.2 CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES

Sección 1. Rellenos de tierras

Artículo 80. Definición de tipos de rellenos de tierras.

El presente artículo se refiere a los rellenos artificiales que sirven de soporte a la capa de forma y al resto de las capas de asiento de la línea férrea. Se distingue como coronación el metro superior del relleno y como núcleo el resto. El terreno de apoyo es el que sirve de asiento a los rellenos, una vez eliminada la tierra vegetal o en algunos casos los suelos susceptibles de crear problemas de capacidad portante o compresibilidad. La parte del relleno que sustituye al terreno eliminado se denomina, a su vez, cimiento del relleno.

El artículo abarca los siguientes conceptos, cuyas condiciones específicas figuran en los apartados:

Terraplén: Extendido y compactación de suelos y de material “todo-uno” procedentes de las excavaciones de la traza o de préstamos aprobados por la Dirección de Interventoría .

Pedraplén: Extendido y compactación de materiales pétreos idóneos, procedentes de excavaciones en roca.

Cuñas de transición: Extendido y compactación de materiales granulares, tratados y sin tratar con cemento, a uno y otro lado de los viaductos, pasos inferiores y obras de drenaje transversal de la línea ferroviaria, de acuerdo con lo indicado en los Planos del proyecto.

Relleno saneo en desmonte: Extendido y compactación de material procedente de las excavaciones o préstamos, en saneo de desmonte en aquellos lugares donde sea necesario.

Relleno sobre túnel artificial con material procedente de la traza o préstamos: Extendido y compactación de material procedente de las excavaciones o préstamos, sobre túnel artificial.

Rellenos localizados: Extendido y compactación de material procedente de las excavaciones o préstamos, en trasdós de muros, zanjas, pozos, cimentaciones, bóvedas, y en general, aquellas zonas cuyas dimensiones no permitan utilizar los mismos equipos que para los rellenos generales.

Los rellenos localizados tendrán las siguientes dimensiones:

Para las zanjas una anchura menor de tres metros (< 3 m) y una profundidad menor de seis metros (< 6 m), los pozos podrán ser circulares con una profundidad menor de dos (< 2) veces su diámetro y rectangulares con una profundidad menor de dos (< 2) veces el ancho.

Relleno en zanja para drenaje con material granular para todas permeabilidades: Estas zanjas tendrán las dimensiones (anchura, profundidad) que se determine en Proyecto u ordene la Dirección de Interventoría

Relleno en formación de vertederos: Es el conjunto de operaciones a realizar para la ubicación definitiva en el vertedero de los materiales sobrantes del movimiento de tierras, de modo que se consiga su integración ecológica y paisajística en el entorno.

Artículo 81. Condiciones generales de ejecución de rellenos.

(1) En aquellas zonas en las que el Proyecto o la Dirección de Interventoría consideren que existe un espesor determinado de material inadecuado para servir de apoyo al correspondiente relleno, se procederá al saneo del mismo y sustitución por un material que cumpla las condiciones requeridas para los materiales utilizables en cimiento de terraplenes. Esta sustitución tendrá el mismo tratamiento que el resto del terraplén.

(2) La calificación de la explanada resultante en la coronación de los rellenos dependerá del material utilizado en su ejecución, la Dirección de Interventoría confirmará o revisará la calificación de la plataforma asignada en el Proyecto, a la vista de las condiciones reales observadas en obra. En estas circunstancias, se adaptarán los espesores de capa de forma aplicando los mismos criterios que han sido utilizados en el Proyecto.

(3) Obligaciones del ejecutor de la obra o contratista.

El Contratista deberá presentar la definición de los trazados de caminos y pistas de obra, los acondicionamientos de los caminos existentes y las servidumbres u ocupaciones temporales previstas para la ejecución de los rellenos, a la aprobación del Director Ambiental de obra.

Indicará asimismo una secuencia detallada y cronológica de las operaciones, con el programa de explotación de préstamos, vertederos y acopios y de las excavaciones de las obras.

El Contratista deberá realizar un reconocimiento detallado de los distintos préstamos y desmontes comprobando los resultados de los estudios geotécnicos del Proyecto y a la vista de ellos proponiendo los tratamientos o técnicas particulares de utilización de los distintos materiales para las diferentes partes de los rellenos o capa de forma. Este plan se someterá a la aprobación de la Dirección de Interventoría que a la vista del mismo podrá prescribir los estudios o ensayos adicionales oportunos.

La utilización de todo tipo de material y en especial aquél que necesite un tratamiento técnico particular de puesta en obra, o zonificación para su empleo, deberá realizarse después de efectuado un ensayo a gran escala con el material. Este ensayo podrá consistir en la ejecución y seguimiento de las primeras capas del correspondiente relleno.

En los rellenos importantes de más de quince metros (15 m) de altura, el Contratista deberá instrumentar al menos la zona de más altura, fuera de la influencia de obras de fábrica, con células hidráulicas de asiento cada quince metros (15 m) de altura a partir de la cota de cimentación en el eje. En los casos que autorice la Dirección de la Interventoría, podrán emplearse métodos más sencillos como hitos de nivelación.

(4) La compactación prescrita en la presente normativa deberá alcanzarse en todos los puntos, incluido en el borde del talud teórico. Para poder lograr este objetivo, el relleno se realizará con el sobreebanco necesario y se eliminarán los materiales excedentes al terminar el mismo con el fin de obtener la geometría del talud teórico de Proyecto.

(5) En todos los rellenos se llevará a cabo el refinado de la capa superior, según las cotas y pendientes de las secciones-tipo en los Planos, antes del extendido de la capa de forma.

(6) Caracterización de terraplén, todo uno o pedraplén

Antes de iniciar la explotación de un determinado desmonte o préstamo cuyo material se vaya a destinar a la formación de rellenos, se procederá a una primera caracterización del mismo mediante los siguientes ensayos:

- Granulometría.
- Estabilidad frente al agua.
- Durabilidad (SDT, "Slake durability test").

Si estos ensayos indican de manera fehaciente que:

El porcentaje, en peso, de partículas que pasen por el tamiz $\frac{3}{4}$ ASTM será inferior al treinta por ciento (30%) y el porcentaje que pase por el tamiz nº 200 ASTM sea inferior al diez por ciento (10%), estando el tamaño máximo comprendido entre diez y cincuenta centímetros (10-50 cm).

No existe material que sumergido en agua durante veinticuatro horas (24 h) manifieste fisuración o experimente pérdida de peso superior al dos por ciento (2%).

No existe material cuya durabilidad (ensayo SDT) sea inferior al setenta por ciento (70%).

Entonces el material tendrá la consideración de pedraplén. En caso contrario, el material será calificado de terraplén o “todo-uno”.

A efectos prácticos, en la presente normativa el tratamiento que se dará a los rellenos tipo terraplén o tipo todo uno será conjunto. No obstante, a la vista de las condiciones específicas en determinados desmontes o préstamos (sobre todo, si la granulometría presenta aspectos singulares), la Dirección de Interventoría podrá modificar las prescripciones básicas de este Pliego, previa justificación de las nuevas prescripciones a través de los correspondientes ensayos (granulometría, pruebas de compactación, determinaciones de densidad, deformabilidad, etc.).

Artículo 82. Condiciones particulares por tipos de relleno de tierras.

(1) Terraplenes

Esta unidad consiste en el extendido y compactación de suelos y de material “todo-uno” procedentes de las excavaciones de la traza o de préstamos aprobados por la Dirección de Interventoría

Su ejecución incluye las operaciones siguientes:

- Preparación de la superficie de asiento del terraplén (saneamiento, escarificado, compactación, adopción de medidas de drenaje, etc.).
- Extensión por capas del material procedente de excavación.
- Humectación o desecación de cada capa.
- Compactación.
- Rasanteado, refino de taludes, etc.

Los materiales a emplear en la ejecución de terraplenes serán suelos o materiales locales que se obtendrán de las excavaciones realizadas en la obra o en los préstamos aprobados por la Dirección de Interventoría .

En principio podrá emplearse cualquier material, autorizado por la Dirección de Interventoría, que cumpla las correspondientes condiciones de puesta en obra, estabilidad, capacidad portante y deformabilidad.

A. Materiales a emplear en cimiento de terraplenes:

El material a colocar en la base o cimiento de terraplenes podrá ser:

- Análogo al del núcleo (con las restricciones que más adelante se exponen).
- Con características de refuerzo.
- Con características de drenaje.

En el primer caso deberá tenerse en cuenta si existen condiciones de posible saturación y si es así, el contenido de finos inferiores al tamiz nº 200 ASTM se limitará al quince por ciento (15%), prolongando esta

exigencia en el núcleo hasta una altura de dos metros (2 m) por encima de la cota del terreno natural (o del relleno del saneo si lo hubo).

Para la función de refuerzo en zonas con problemas de inestabilidad (capacidad portante o compresibilidad) podrán emplearse materiales tratados con ligantes hidráulicos, interposición de geotextiles o materiales adecuados del tipo siguiente:

Materiales de refuerzo	Característica
Tamaño máximo	80 – 400 mm (no mayor del 40 % del espesor de la capa)
Cernido tamiz nº 4	20 – 50 %
Cernido tamiz nº 40	< 30 %
Finos < 0.08 UNE	< 8 %

Tabla 11.1. Características de materiales de refuerzo

Cuando el cimiento deba ser permeable o drenante, se aplicarán las especificaciones indicadas para pedraplenes, hasta una cota de cincuenta centímetros (50 cm) por encima de la altura considerada inundable, con rocas no sensibles al agua, coeficiente de Los Ángeles inferior a treinta y cinco (35) y contenido de finos menor de cinco por ciento (5%). En este caso se tendrá en cuenta la posible contaminación si el terreno de apoyo es limoso o arcilloso, dando un espesor amplio a la capa (no menos de sesenta centímetros (60 cm)) o colocando una transición o geotextil con funciones de filtro.

B. Materiales a emplear en el núcleo y coronación de terraplenes

Los materiales a emplear en el núcleo de los terraplenes serán suelos o materiales todo uno, exentos de materia vegetal y cuyo contenido en materia orgánica degradable sea inferior al uno por ciento (1%).

El contenido de sulfatos será inferior al cinco por ciento (5%), si bien la Dirección de Interventoría podrá admitir suelos con un contenido de sulfatos de hasta el quince por ciento (15%), siempre que se impida la entrada de agua tanto superficial como profunda mediante una coronación y espaldones impermeables.

El material empleado en el núcleo cumplirá, como mínimo, las condiciones siguientes:

- Límite líquido inferior a cincuenta (50).
- Si el límite líquido es superior a treinta y cinco (35) e inferior a cincuenta (50), el índice de plasticidad será mayor del setenta y tres por ciento del límite líquido menos veinte ($IP > 0,73 (LL - 20)$).

- Asiento en el ensayo de colapso (NLT 254) inferior al uno por ciento (1%).
- Densidad máxima en el ensayo Proctor Modificado superior a un kilogramo setecientos cincuenta gramos por decímetro cúbico ($> 1,750 \text{ kg/dm}^3$).
- El índice CBR será superior a cinco (5) y el hinchamiento, medido en dicho ensayo, será inferior al uno por ciento (1%). Para valores de hinchamiento medio superiores al uno por ciento (1%) e inferiores al dos por ciento (2%), sin que ningún ensayo supere el tres por ciento (3%), la utilización del material podrá ser autorizada por la Dirección de Interventoría, siempre que el material se coloque a más de dos metros bajo la cota de coronación del terraplén y que su compactación hasta la densidad exigida se efectúe con un contenido de humedad superior al óptimo Proctor.
- Cuando existan condiciones de posible saturación, se limitará el contenido de finos.

En la coronación del terraplén se dispondrá un material de mejor calidad cumpliendo las siguientes limitaciones:

- Límite líquido inferior a cuarenta (40).
- Tamaño máximo inferior a diez centímetros (10 cm).
- El cernido por el tamiz número doscientos (nº 200) ASTM será inferior al cuarenta por ciento (40%) en peso en la fracción de material inferior a sesenta milímetros (63,5 mm) (tamiz 2,5 ASTM). Al igual que se indicó anteriormente, este porcentaje no será superior al quince por ciento (15%) cuando existan condiciones de posible saturación. Estas condiciones se cumplirán en muestras tomadas en el material después de compactado.
- El tamaño máximo no podrá superar los dos tercios ($2/3$) del espesor de capa.

Cuando en el cimiento del terraplén haya de disponerse una capa drenante como la definida en el apartado anterior, se dispondrá entre esta capa y el núcleo del terraplén una zona de transición de al menos un metro (1 m) de espesor, con objeto de establecer un paso gradual entre ambos materiales, debiéndose verificar entre dos (2) capas sucesivas las siguientes condiciones de filtro:

$$(I_{15}/S_{85}) < 5; (I_{50}/S_{50}) < 25; (I_{15}/S_{15}) < 20 \quad (11.1)$$

Siendo I_x la abertura del tamiz por el que pasa el $x\%$ en peso de material de la capa inferior y S_x la abertura del tamiz por el que pasa el $x\%$ en peso del material de la capa superior.

C. Materiales a emplear en espaldones

En el caso de que la Dirección de Interventoría aprecie problemas de erosión en los taludes, podrá exigir la colocación de un sobreebancho de dos metros (2,0 m) (o el que considere necesario) de material con porcentaje de finos (pasantes por el tamiz N° 200 ASTM) inferior al quince por ciento (15%).

D. Materiales a emplear en relleno de saneos de fondo de desmonte

El relleno de los saneos de fondo de desmonte previstos en el proyecto debe realizarse con material que cumpla las mismas condiciones que las exigidas para la coronación de los rellenos. En el caso particular de que el suelo del fondo de desmonte sea potencialmente expansivo, el relleno del saneo se efectuará inmediatamente después de excavado éste sin dar tiempo a que se deseque, con material poco o nada permeable, previa colocación sobre el fondo enrasado a dos aguas, de una lámina de PVC prolongada hasta zanjas de drenaje longitudinales provistas de tubo poroso, si se prevé el riesgo de entrada de agua.

E. Materiales a emplear en cubrición de túneles artificiales

Serán materiales provenientes de la traza o, en casos justificados, de préstamo, que cumplirán las condiciones exigibles al material para núcleos de rellenos (aunque sin elementos gruesos superiores a diez centímetros (10 cm), con compactación por capas mínima del noventa y cinco por ciento (95%) del Proctor Modificado, hasta alcanzar una cota de al menos uno con cincuenta metros (1,50 m) sobre la clave (o sobre la losa superior en caso de estructura porticada). Por encima de esta cota, el material de relleno no tiene que cumplir exigencias especiales, aparte de que el vertido y extendido se realice también por capas.

F. Materiales a emplear en el trasdós de muros

Serán materiales provenientes de la traza o de préstamo cuyo porcentaje en peso pasante por el tamiz N° 200 ASTM no supere el quince por ciento (15%), sin presencia de materia orgánica ni cloruros.

(2) Pedraplenes

Esta unidad consiste en la extensión y compactación de materiales pétreos idóneos, procedentes de excavaciones en roca.

Incluye las siguientes operaciones:

- Preparación de la superficie de asiento del pedraplén (saneo, escarificado, compactación, etc.).
- Extensión y compactación del material en capas.

Los materiales a emplear para la construcción de pedraplenes serán productos pétreos procedentes de la excavación de la explanación siempre que sean rocas sanas, que cumplan las condiciones de estabilidad frente al agua y durabilidad señaladas más arriba.

Queda excluida la roca de yeso.

A. El material deberá cumplir además las siguientes condiciones granulométricas:

- El tamaño máximo estará comprendido entre cien milímetros (100 mm) y la mitad (1/2) del espesor de la capa compactada.
- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz ¾ ASTM será inferior al treinta por ciento (30%).
- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz n° 200 ASTM será inferior al diez por ciento (10%).

Las condiciones anteriores corresponden al material compactado. Las granulometrías obtenidas en cualquier otro momento de la ejecución tan sólo tendrán un valor orientativo, debido a las segregaciones y alteraciones que puedan producirse en el material. En los casos en los que la roca se degrade o desmorone por efecto de la compactación se aplicarán las prescripciones correspondientes al relleno normal o al “todo-uno”, según criterio del Director de la Interventoría.

En coronación del pedraplén habrá una zona de transición de un metro (1 m) de espesor por debajo de la capa de forma, que se ejecutará según las condiciones citadas para terraplenes.

B. Forma de las partículas:

Salvo autorización expresa del Director de Interventoría, el contenido en peso de partículas con forma inadecuada será inferior al treinta por ciento (30%). A estos efectos se consideran partículas con forma inadecuada aquellas en que se verifique:

$$((L+G)/2E)>3 \quad (11.2)$$

Siendo L, G y E, los valores de la longitud, grosor y espesor.

C. Otras características

- El coeficiente de desgaste Los Ángeles será inferior a cincuenta (50).
- El coeficiente de friabilidad será inferior a veinticinco (25).
- Las pérdidas de peso tras cinco (5) ciclos de sulfato sódico y magnésico serán inferiores al veinte por ciento (20%) y treinta por ciento (30%) por ciento respectivamente.

Para facilitar la revegetalización de los taludes se deberán disponer los materiales más gruesos en el núcleo del relleno mientras que los más finos se dispondrán en el borde del talud de tal forma que sirvan de sellado y faciliten la disposición de la capa vegetal.

(3) Cuñas de transición de rigideces

Tienen por objeto proporcionar una transición gradual de deformabilidad entre las obras de fábrica bajo el ferrocarril y el terraplén adyacente. Con este fin, se especifica que el material de este terraplén, en la

proximidad a la estructura y de acuerdo con la geometría trapecial de la cuña definida en Planos, debe estar todo él constituido por zahorras y mezclado con cemento en la zona más inmediata al paramento de la obra de fábrica.

El material para la cuña cumplirá las especificaciones que se exigen para el utilizado en capa de forma, según el apartado 4.3 de esta norma. En particular, su contenido de finos de baja plasticidad, por debajo del tamiz Nº 200 ASTM, no será superior al cinco por ciento (5%). Si los ensayos indicaran que se trata de finos no plásticos el contenido puede llegar hasta el quince por ciento (15%). En cuanto al contenido de cemento del mismo material tratado, no será en ningún caso inferior al tres por ciento (3%), determinándose en laboratorio la dosificación óptima a fin de conseguir en cada capa el módulo de deformación que se especifica más adelante.

(4) Relleno en saneo de desmonte

Será de aplicación lo descrito en el punto (1) Terraplenes

(5) Relleno sobre túnel artificial

Será de aplicación lo descrito en el punto (1) Terraplenes

(6) Rellenos localizados

Los rellenos localizados consisten en el extendido y compactación de material procedente de las excavaciones o préstamos, en trasdós de muros, zanjas, pozos, cimentaciones, bóvedas, y en general, aquellas zonas cuyas dimensiones no permitan utilizar los mismos equipos que para los rellenos generales.

Se han considerado los rellenos siguientes:

- Relleno en zanjas, pozos y cimientos.
- Relleno de la cara interior de muros y estribos de obras de fábrica.

La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Preparación de la zona de trabajo.
- Situación de los puntos topográficos de referencia.
- Extendido y compactación del relleno.

Las capas han de tener un espesor uniforme, no superior a veinte centímetros (20 cm) y han de ser sensiblemente paralelas a la rasante superior del relleno.

El material para los rellenos localizados deberá cumplir, al menos, las condiciones exigidas al material para coronación de los terraplenes.

En el caso de zanjas para tuberías, el relleno se efectuará compactándolo simultáneamente a ambos lados del tubo, en capas de espesor quince centímetros (15 cm) hasta una cota de sesenta centímetros (60 cm) por encima del tubo.

En toda la superficie de las capas se ha de llegar, como mínimo, al grado de compactación del noventa y cinco por ciento (95%) sobre la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado.

(7) Relleno en zanja para drenaje con material granular para todas las permeabilidades

En aquellas zonas en las que exista riesgo de encharcamiento, afluencias de agua o pueda aparecer un nivel piezométrico próximo a la plataforma, se procederá a la ejecución de zanjas drenantes (“dren francés”).

(8) Relleno en formación de vertederos

El diseño del vertedero en planta será irregular y sinuoso, tendiendo a que se asemeje lo más posible a las formas presentes en el entorno. La parte superior del vertedero presentará pequeñas ondulaciones o montículos que ayuden a integrar su superficie en el entorno. Si en el área de ubicación existieran laderas, se prestará especial cuidado en el diseño de manera que los taludes del vertedero se acomoden a ellas, manteniendo la direccionalidad de las curvas y reproduciendo las sinuosidades del terreno.

Artículo 83. Proceso de ejecución de los rellenos

(1) Terraplenes

A. Equipo

Los equipos de extendido, humectación y compactación serán suficientes para garantizar la ejecución de la obra de acuerdo con las exigencias del presente Artículo.

B. Preparación de la superficie de asiento del terraplén

Previamente a la colocación de cualquier material se realizará el desbroce del terreno en las condiciones que se describen en el artículo correspondiente, así como la excavación y extracción de la tierra vegetal y el material inadecuado, si lo hubiera, en toda la profundidad requerida en los Planos o a juicio del Director de la Interventoría. A continuación, para conseguir la debida trabazón entre el terraplén y el terreno, se escarificará éste, de acuerdo con la profundidad prevista en los Planos o señalada por el Director de la Interventoría y se compactará en las mismas condiciones que las exigidas para el cimientado del terraplén.

En las zonas de ensanche o recrecimiento de antiguos terraplenes se recortarán éstos en forma escalonada, a fin de conseguir su unión con el nuevo terraplén. Si el material procedente del antiguo talud cumple las condiciones exigidas para la zona de terraplén de que se trate, se mezclará con el nuevo terraplén para su compactación simultánea; en caso negativo, será transportado a vertedero.

Cuando el terraplén haya de asentarse sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficial o subálvea, se desviarán las primeras y captarán y conducirán las últimas, fuera del área donde vaya a construirse el terraplén, antes de comenzar su ejecución.

Si en la zona de apoyo del relleno existiese terreno inestable, turba o arcillas blandas, limos colapsables, rellenos, escombreras, etc., se asegurará la eliminación completa de este material o en la profundidad que indique el Director de la Interventoría. Cualquier reutilización, con las oportunas medidas de selección, estabilización, compactación, etc, requerirá la previa autorización expresa de la Dirección de Interventoría.

En caso de que rellenos altos (con altura superior a diez metros (10 m)) deban quedar apoyados sobre suelos cuya densidad seca “in situ”, medida con el método de la arena, sea inferior a un kilogramo con setecientos cincuenta gramos por decímetro cúbico ($1,750 \text{ kg/dm}^3$), deberá realizarse un estudio de los posibles asentos, a fin de que la Dirección de Interventoría adopte las medidas oportunas.

Para conocer el espesor y la densidad de los suelos en el área de apoyo del relleno, se efectuarán apiques y ensayos cada mil metros cuadrados de superficie.

Atendiendo a las circunstancias específicas de determinados rellenos y/o los tratamientos singulares aplicados bajo ellos (drenes, columnas de grava, etc.), la Dirección de Interventoría podrá reconsiderar las limitaciones anteriores expuestas para los rellenos apoyados sobre suelos.

En aquellos casos en que el relleno se asiente sobre una ladera natural con pendiente superior al veinte por ciento (20%) se excavarán bermas escalonadas para garantizar la estabilidad del relleno.

Cuando el terraplén lleve espaldones, éstos se ejecutarán conjuntamente con el núcleo, llevándolos algo por debajo (unas dos (2) capas) respecto a éste.

La situación de las bermas que figura en los Planos para cimientto de rellenos en las laderas es aproximada. Deben ser definidas en obra con el criterio de estar excavadas en roca o apoyadas en suelos firmes en el caso de que el espesor de los mismos sea superior a tres metros (3 m), a no ser que se indique en los Planos lo contrario. Las bermas no deben excavar con excesiva anticipación a la ejecución del relleno; el proceso constructivo debe ser tal que no exista más que una berma excavada con anticipación al tajo del relleno y compactación. En el caso de que al excavarlas se apreciara la existencia de manantiales fluyentes o potencialmente fluyentes en época de lluvias o zonas húmedas, debe disponerse el correspondiente drenaje (zanjas rellenas con material filtrante envuelto en geotextil).

C. Extensión de las capas

Una vez preparado el cimientto del terraplén, se procederá a la construcción del mismo, empleando materiales que cumplan las condiciones establecidas anteriormente, los cuales serán extendidos en capas sucesivas, de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanada.

El espesor de las capas no será superior a veinticinco centímetros (25 cm), medidos después de compactar. El aumento de espesor hasta cincuenta centímetros (50 cm) requerirá autorización escrita de la Dirección de

Interventoría, basada en tramos de ensayo con el mismo equipo de compactación de modo que se obtenga en todo el espesor el grado de compactación exigido.

En el caso de que el porcentaje de finos sea mayor del veinticinco por ciento (25%) y el índice de plasticidad mayor de diez (10), la Dirección de Interventoría podrá exigir la reducción del espesor de capa a veinte centímetros (20 cm).

Los materiales de cada capa serán de características uniformes; y, si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con maquinaria adecuada para ello. No se extenderá ninguna capa mientras no se haya comprobado que la superficie subyacente cumple las condiciones exigidas y sea autorizada su extensión por la Dirección de Interventoría. Cuando la capa subyacente se halle reblandecida por una humedad excesiva, el Director no autorizará la extensión de la siguiente.

Salvo autorización expresa de la Dirección de Interventoría, no se podrá proceder a la mezcla en tajo de materiales de procedencias diferentes.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas deberá tener la pendiente transversal necesaria para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión.

Salvo prescripción en contrario, los equipos de transporte de tierras y extensión de las mismas operarán sobre todo el ancho de cada capa.

En el caso de marcos y bóvedas, pasos inferiores o túneles artificiales, el relleno del trasdosado ha de realizarse simultáneamente en los dos laterales, cuidando de evitar desequilibrios en los empujes de uno y otro lado, y con mayor motivo en obras desviadas.

D. Humectación o desecación

Previamente al extendido, o inmediatamente después de realizado el mismo, se comprobará la humedad del material. La compactación se efectuará con una humedad dentro del rango del dos por ciento respecto a la humedad óptima ($h_{opt}+2\%$), determinándose ésta con ensayos Proctor Modificado o pruebas realizadas en obra con la maquinaria disponible.

En el caso de que sea preciso añadir agua, esta operación se efectuará de forma que el humedecimiento de los materiales sea uniforme. La humectación en tajo no podrá implicar correcciones de humedad superiores al dos por ciento (2%), salvo autorización de la Dirección de Interventoría.

En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas, pudiéndose proceder a la desecación por oreo, o a la adición y mezcla de materiales secos.

E. Compactación

Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la capa y no se extenderá sobre ella ninguna otra en tanto no se haya realizado la nivelación y conformación de la misma y comprobado su grado de compactación.

En el cuerpo del terraplén se deberá alcanzar como mínimo el noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado.

En el caso de material “todo-uno”, la verificación del método de extendido y compactación se llevará a cabo en un tramo de ensayo, como más adelante se describe.

La densidad especificada deberá alcanzarse en todo el espesor de la capa y en cualquier punto de la misma. Asimismo, el módulo de deformación E_{v2} , obtenido en el tramo de recarga de un ensayo de placa, será superior a treinta MegaPascles (30 MPa) en capas de cimiento y núcleo y a sesenta MegaPascles en capas de coronación (60 MPa), debiéndose verificar además que $E_{v2}/E_{v1} < 2,2$ siempre que el valor de E_{v1} hubiese resultado inferior al sesenta por ciento (60%) de E_{v2} .

Se cuidará el cosido entre capas de los terraplenes, evitando extender nuevas capas sobre superficies lisas arcillosas que pueden resultar de la compactación de materiales con porcentajes de finos relativamente altos o pizarrosos. En tales casos, la Dirección de Interventoría podrá exigir un suave escarificado superficial de las capas.

Asimismo, cuando existan materiales gruesos fragmentables o evolutivos, se procederá de modo que esta fragmentación se produzca durante la puesta en obra en la mayor medida posible: paso de las cadenas del tractor sobre el material en la zona de extracción o durante el extendido, empleo de rodillo estático dentado (“pata de cabra”) en las primeras pasadas, etc.

El Proyecto, o en su caso el Director de Interventoría, podrá definir, en función de la altura e importancia de los terraplenes, el tipo de material a emplear, procedimientos de compactación y control, etc., tratando de cumplir similares objetivos a los perseguidos con las especificaciones de esta normativa.

Las zonas que por su reducida extensión, su pendiente o proximidad a obra de fábrica no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando para la compactación de los terraplenes, se compactarán con los medios adecuados al caso, de forma que las densidades que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto del terraplén.

Para concretar las condiciones del proceso de control de la compactación de rellenos ver la sección 2 de este apartado.

F. Limitaciones de la ejecución

Los terraplenes se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos grados centígrados (2° C) debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite.

Si existe el temor de que vayan a producirse heladas, el Contratista deberá proteger todas aquellas zonas que pudieran quedar perjudicadas por los efectos consiguientes.

Las partes de obra dañadas se levantarán y reconstruirán sin abono adicional alguno.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico, incluso de los equipos de construcción, hasta que no se haya completado su compactación. Si ello no es factible, el tráfico que necesariamente tenga que pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se produzcan roderas en la superficie.

En los trasdoses de muros de suelos reforzados, la compactación de cada capa se hará a medida que se va montando la piel del muro. El material de relleno se extenderá y compactará primeramente paralelo al paramento y cerca de éste, con equipo muy ligero, placa vibrante o rodillo de peso inferior a veinte toneladas (20 t), luego perpendicularmente al paramento y alejándose de él. Nunca se extenderá ni compactará avanzando hacia el paramento para evitar que se aflojen las armaduras. Debe extremarse la precaución para que éstas no se muevan, prohibiéndose la circulación de camiones por encima de éstas ni en la proximidad al paramento. El nivel superior de la capa compactada debe coincidir con cada nivel de enganches de las armaduras y la compactación se hará simultáneamente con la parte del relleno no armada.

G. Ensayos de identificación del material

Previamente a comenzar a emplearse un determinado tipo de material, se efectuarán los ensayos de identificación (granulometría, límites de Atterberg, Proctor Modificado, contenido de materia orgánica y sulfatos, etc.) que puedan necesitarse para complementar la información del proyecto.

Además se efectuarán los siguientes ensayos singulares:

- Triaxial C.U. en probetas de seis pulgadas (6"), o de cuatro pulgadas (4") si los gruesos son de menor tamaño).
- Edómetro en célula de diez pulgadas (10") (Rowe).

Estos ensayos se realizarán con muestras compactadas al noventa y cinco por ciento (95%) del Proctor Modificado y con la granulometría completa del material (sustituyendo, como máximo, el material de tamaño superior al cuarenta (40) ó cincuenta (50) mm, tamices 1,5 ó 2 ASTM).

Una vez confirmada la adecuación del material para el diseño previsto (taludes, altura de relleno), se repetirán estos ensayos cada cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m³).

H. Ensayos de control de material

Los ensayos de control se ajustarán a la frecuencia y tipos que a continuación así se detallan:

Frecuencias de ensayo para material homogéneo:

- a. Cada mil metros cúbicos (1.000 m^3), durante los primeros cinco mil metros cúbicos (5.000 m^3).
- b. Cada dos mil metros cúbicos (2.000 m^3), para los diez mil metros cúbicos (10.000 m^3) siguientes.
- c. Cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m^3), a partir de quince mil metros cúbicos.

I. Tipos de ensayo

- a. Una (1) determinación de materia orgánica según normativa reguladora del ensayo.
- b. Una (1) determinación de contenido de sulfatos según normativa reguladora del ensayo.
- c. Una (1) determinación de granulometría por tamizado según normativa reguladora del ensayo.
- d. Una (1) determinación de los límites de Atterberg según normativa reguladora del ensayo.
- e. Un (1) ensayo de compactación Proctor Modificado según normativa reguladora del ensayo.
- f. Un (1) ensayo del índice CBR según normativa reguladora del ensayo.

Además, en materiales de carácter evolutivo (pizarras, calizas blandas, areniscas poco cementadas), se efectuarán ensayos de durabilidad (SDT) y doble Proctor Modificado con granulometría inicial y final, cada veinte mil metros cúbicos (20.000 m^3).

J. Control de ejecución

Se realizarán los siguientes ensayos de puesta en obra una vez colocado el material:

Por cada día de trabajo o cada quinientos metros cuadrados (500 m^2) o fracción de capa colocado:

Un (1) ensayo de densidad “in situ” según normativa reguladora del ensayo.

Un (1) ensayo de contenido de humedad según normativa reguladora del ensayo.

Con los oportunos contrastes podrá autorizarse la utilización de métodos nucleares (ASTM D 2922 y ASTM D 3017).

Por cada diez mil metros cúbicos (10.000 m^3), o al menos un (1) ensayo por terraplén, se ejecutará un (1) ensayo de carga con placa según normativa reguladora del ensayo.

Por cada diez mil metros cúbicos (10.000 m^3) se efectuará un ensayo Proctor Modificado con material tomado en obra después de compactar (comprobándose asimismo su granulometría).

K. Terminación

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir el acabado geométrico del terraplén.

Las obras de terminación y refino de la coronación del terraplén, se ejecutarán con posterioridad a la explanación y construcción de drenes y obras de fábrica que impidan o dificulten su realización. La terminación y refino del terraplén se realizarán inmediatamente antes de iniciar la construcción de la capa de forma.

Cuando haya que proceder a un recrecido de espesor inferior a la mitad ($1/2$) de la capa compactada, se procederá previamente a un escarificado de todo el espesor de la misma, con objeto de asegurar la trabazón entre el recrecido y su asiento.

No se extenderá ninguna capa de la capa de forma sobre la explanada sin que se comprueben sus condiciones de calidad y sus características geométricas.

Una vez terminado el terraplén deberá conservarse continuamente con sus características y condiciones hasta la colocación de la primera capa o hasta la recepción de la obra cuando no se dispongan otras capas sobre ella. Las cunetas deberán estar en todo momento limpias y en perfecto estado de funcionamiento.

L. Tolerancias de acabado

En la superficie de coronación del terraplén se dispondrán estacas de refino a lo largo del eje y en ambos bordes de la misma, con una distancia entre perfiles transversales no superior a veinte metros (20 m), y niveladas hasta milímetros (mm) con arreglo a los Planos. En los recuadros entre estacas, la superficie no rebasará la superficie teórica definida por ellas, ni bajará de ella más de tres centímetros (3 cm) en ningún punto.

La superficie acabada no deberá variar en más de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), aplicada tanto paralela como normalmente al eje del terraplén. Tampoco podrá haber zonas capaces de retener agua.

Las irregularidades que excedan de las tolerancias antedichas se corregirán por el Contratista y a sus expensas.

Los rellenos de saneos de fondo de desmonte y base de terraplén se ejecutarán según lo indicado en esta norma para los de coronación de terraplén.

(2) Pedraplén

A. Preparación de la superficie de asiento

Antes de proceder al extendido y compactación de los materiales pétreos se efectuará el desbroce del terreno y la excavación de tierra vegetal y material inadecuado, si lo hubiera, en toda la profundidad requerida en los Planos o lo que a la vista del terreno decida la Dirección de Interventoría.

En los pedraplenes a media ladera, se asegurará la perfecta estabilidad mediante, el escalonamiento de aquélla en condiciones similares a las establecidas para el terraplén.

Si el pedraplén tuviera que construirse sobre tierra y existiera una capa de roca sana próxima a la superficie del terreno, se podrá eliminar todo el material que haya por encima de dicha capa y asentar directamente el pedraplén sobre la roca sana.

B. Extensión de las capas

Una vez preparada la superficie de asiento del pedraplén, se procederá a su construcción, empleando materiales que cumplan las condiciones establecidas anteriormente, los cuales serán extendidos en capas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la superficie de la explanada.

El material de cada capa se descargará en obra sobre la parte ya extendida de dicha capa y cerca de su frente de avance. Desde esta posición será empujado hasta el frente de la capa y extendido a continuación de éste mediante tractor de orugas, realizándose la operación de forma que se corrijan las posibles segregaciones del material.

El espesor de las capas será el adecuado para que, con los medios de compactación disponibles, se obtenga la compacidad deseada. Salvo autorización expresa del Director, el espesor máximo de las capas, una vez compactadas, se fijará mediante los siguientes criterios:

- a. El espesor estará comprendido entre ochenta (80 cm) y cien centímetros (100 cm).
- b. En el último metro del pedraplén ("zona de transición"), el espesor de las capas decrecerá desde la parte más baja hasta su parte superior, con objeto de establecer un paso gradual entre el núcleo y la capa de forma. Asimismo, se comprobará que entre dos (2) capas sucesivas se cumplen las siguientes condiciones:

$$(I15/S85) < 5; (I50/S50) < 25; (I15/S15) < 20 \quad (12.1)$$

Siendo I_x la abertura del tamiz por el que pasa el $x\%$ en peso de material de la capa inferior y S_x la abertura del tamiz por el que pasa el $x\%$ en peso del material de la capa superior.

C. Compactación

El método de compactación elegido deberá garantizar la obtención de las compacidades mínimas necesarias. Con este objeto deberá elegirse adecuadamente, para cada zona del pedraplén, la granulometría del material, el espesor de capa, el tipo de maquinaria de compactación y el número de pasadas del equipo. Estas variables se determinarán a la vista de los resultados obtenidos durante la puesta a punto del método de trabajo en el oportuno tramo de ensayo, como más adelante se describe.

La densidad mínima será la correspondiente a una porosidad (relación entre el volumen de poros y el volumen total de partículas sólidas más poros) del veinte por ciento (20%). En la compactación se utilizan

rodillos vibratorios, cuyo peso estático no deberá ser inferior a diez toneladas (10 t) y el número de pasadas no será inferior a cuatro (4). El asiento producido con la última pasada ha de ser inferior al uno por ciento (1 %) del espesor de la capa después de la primera pasada.

D. Tolerancias de las superficies acabadas

Las superficies acabadas se comprobarán mediante estacas de refino, niveladas hasta centímetros (cm), situadas en el eje y en los bordes de perfiles transversales que disten entre sí no más de veinte metros (20 m).

Se hallará la diferencia entre las cotas reales de los puntos estaquillados y sus cotas teóricas, con arreglo a los Planos, y se determinarán los valores algebraicos extremos de dichas diferencias, para tramos de longitud no inferior a cien metros (100 m). Se considerarán positivas las diferencias de cota correspondientes a puntos situados por encima de la superficie teórica.

Se deben cumplir las siguientes condiciones:

- La semisuma de los valores extremos deberá ser menor, en valor absoluto, que la quinta parte (1/5) del espesor de la última capa.
- La semidiferencia de valores extremos deberá ser inferior a cinco centímetros (5 cm) para la superficie del núcleo, y a tres centímetros (3 cm) para la superficie de la zona de transición.
- Si no se cumple la primera condición, se excavará la última capa ejecutada y se construirá otra de espesor adecuado. Si no se cumple la condición segunda se añadirá una capa de nivelación con un mínimo no inferior a quince centímetros (15 cm) sobre el núcleo, o a diez centímetros (10 cm) sobre la zona de transición, constituida por material granular bien graduado, de características mecánicas no inferiores a las del material del pedraplén, y con tamaño máximo de diez centímetros (10 cm) o de seis centímetros (6 cm), respectivamente.

E. Ensayos de control del material

Cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m³): Un (1) ensayo de determinación directa de la resistencia a compresión simple y otro (1) de durabilidad (SDT).

F. Puesta a punto del método de trabajo

Para cada tipo de material se definirá el método de construcción, maquinaria a emplear, espesor de la capa, número de pasadas, etc., en función de los resultados obtenidos en la construcción de la primera y segunda capas que se tomarán como zona de ensayo. Dicha zona tendrá un volumen mínimo de tres mil metros cúbicos (3.000 m³) y servirá para comprobar la idoneidad del método propuesto.

En combinación con el control anterior se efectuará un control de nivelación de las rasantes correspondientes a cada pasada, considerándose que se ha alcanzado la compactación requerida cuando el

incremento de asiento entre dos pasadas sucesivas es inferior a uno por ciento (1%) del espesor de la capa (una vez excluida la influencia de las capas subyacentes).

G. Control de ejecución

Se referirá de forma estricta al método aprobado por la Dirección en cuanto a la colocación del material, definido mediante el área de ensayo, debiendo mantenerse el tipo de maquinaria, número de pasadas, espesores, etc., en tanto no haya nuevos resultados que justifiquen, a juicio del Director de la Interventoría, su modificación.

H. Plan de ensayos

El plan de ensayos de control será el siguiente:

Cada dos (2) semanas de trabajo o cada cuatro mil metros cuadrados (4000 m^2) o fracción de capa una (1) determinación de la granulometría del material colocado y una (1) determinación de la densidad “in situ” en calicata de al menos dos metros (2) de diámetro y profundidad la de la capa compactada.

I. Terminación

Es de aplicación todo lo expuesto para terraplenes, entendiéndose que en este caso la superficie de acabado coincide con la parte superior de la zona de transición.

(3) Cuñas de transición de rigidez

A. Ejecución

Como norma general, el terraplén adyacente a una estructura situada bajo la plataforma de la línea ferroviaria se ejecutará al mismo tiempo, por capas sucesivas, que la cuña de transición correspondiente. Las condiciones de ejecución descritas más arriba para el caso general de terraplenes, en cuanto a equipo, preparación de la superficie de asiento y extensión y compactación de las capas, son también de aplicación a esta zona del terraplén. Para cada capa a una cierta cota se determinará, con arreglo a la definición geométrica de la cuña en los planos de la estructura, la distancia a partir del paramento de la estructura en la que debe emplearse la zahorra, tratada y sin tratar con cemento.

B. Material tratado con cemento

La incorporación del cemento se realizará en planta de mezclado con la zahorra, provista de dosificadores que permitan cumplir la dosificación de cemento y agua previamente estudiada en laboratorio. Se proscribe la realización de la mezcla “in situ” con el cemento, mediante retroexcavadora o cualquier otro tipo de máquina auxiliar.

La compactación del material tratado con cemento deberá iniciarse antes de transcurrida una hora (1 h) desde el mezclado y la densidad del noventa y cinco por ciento (95%) del Proctor Modificado deberá alcanzarse antes de las cuatro horas (4 h). El espesor de cada capa así como el número de ellas ejecutadas

dentro de este plazo, vendrá determinado por la necesidad de obtener dicha densidad en la totalidad del espesor extendido.

Se prestará especial atención a la compactación en la proximidad a la estructura, recurriendo si es necesario a disminuir el espesor de capas y el empleo de pequeños compactadores.

Sobre las capas ejecutadas en las condiciones anteriores, no se admitirá el extendido de nuevas capas hasta pasadas setenta y dos horas (72 h) como mínimo.

C. Control de calidad

Se controlará la granulometría del material (al menos un ensayo cada quinientos metros cúbicos (500 m^3), el contenido de cemento y agua en la mezcla y la densidad de cada capa (al menos en un ensayo por cada día de trabajo o cada quinientos metros cuadrados (500 m^2) o fracción de capa colocado). Se harán además determinaciones de placa de carga, en principio, a dos o tres niveles repartidos en la altura total de la cuña, incluido el nivel de coronación de la misma.

Las condiciones de terminación y tolerancias de acabado serán las mismas que en el caso general de los terraplenes.

(4) Relleno saneo en desmonte

Será de aplicación lo descrito en el apartado correspondiente a (1) Terraplenes.

(5) Relleno sobre túnel artificial

Será de aplicación lo descrito en el apartado correspondiente a (1) Terraplenes.

(6) Rellenos localizados

Ha de haber puntos fijos de referencia exteriores en la zona de trabajo, a los cuales se han de referir todas las lecturas topográficas.

Las grietas y huecos que haya en el fondo de la excavación a rellenar se han de estabilizar hasta alcanzar una superficie uniforme.

No se ha de extender ninguna capa hasta que la inferior cumpla las condiciones exigidas.

Una vez extendida la capa, si fuera necesario, se ha de humedecer hasta llegar al contenido óptimo de humedad, de manera uniforme.

Si el grado de humedad de la capa es superior al exigido, se ha de desecar mediante la adición y mezcla de materiales secos, cal viva u otros procedimientos adecuados.

En el caso de pequeños marcos y bóvedas se ha de realizar el relleno simultáneamente en los dos laterales, para evitar desequilibrios en los empujes de uno y otro lado. En el trasdosado de Pasos Inferiores abovedados o túneles artificiales, el relleno no se considera localizado a los efectos de este artículo.

No se ha de realizar el relleno hasta que la resistencia del concreto haya alcanzado el ochenta por ciento (80%) de la resistencia prevista. La compactación junto al paramento de concreto se hará con máquinas vibrantes ligeras accionadas manualmente.

Los rellenos que no se hayan realizado de manera adecuada o en los que se observen asentamientos, se excavarán hasta llegar a una profundidad en la cual el material esté compactado adecuadamente, volviéndose a rellenar y compactar de modo correcto, por cuenta del Contratista, hasta dejar la superficie lisa y capaz de soportar las cargas que vayan a solicitarla.

(7) Relleno en zanja para drenaje con material granular para todas permeabilidades

Las zanjas se rellenarán con grava limpia, preferiblemente con granulometría comprendida entre veinte y sesenta milímetros (20/60 mm).

Para proteger a esta grava de la contaminación por arrastre de finos procedentes del terreno, se envolverá totalmente en un geotextil de, al menos, ciento cincuenta gramos por metro cuadrado (150 g/m²).

En el fondo de zanjas drenantes se instalará un tubo de PVC ranurado o de concreto poroso. Este tubo tendrá un diámetro interior no inferior a cien milímetros (100 mm).

La Dirección de Interventoría determinará los tramos de zanja a realizar, así como el diámetro del tubo, cuando no figure directamente en los Planos.

(8) Relleno en formación de vertederos

El material se acumulará por capas y se dispondrá de tal manera que los desechos más gruesos se coloquen siempre en el fondo y a más de dos metros (2 m) de profundidad de la superficie final del terreno, para conseguir un nivel freático bajo y evitar inundaciones; la disposición de los materiales deberá ser coherente con la del resto de ellos en la zona y evitando discontinuidades en el terreno; si los materiales siguen disposiciones inclinadas debe intentarse mantener esa estructura aunque resulte más costoso.

A. Estabilización del vertedero

Es necesario diseñar un sistema de drenaje superficial que canalice la entrada de agua, impidiendo su acumulación en superficie mediante pendientes adecuadas.

Se debe realizar un redondeo de las cabeceras y un suavizado de la base del talud.

Tras la última capa del material se llevará a cabo un modelado final que ayude a integrar las formas del vertedero en el entorno circundante.

Si no se toman las medidas oportunas durante la construcción del vertedero o cuando los problemas de estabilidad son importantes, el Contratista vendrá obligado a realizar, a su costo, las obras complementarias necesarias como construir muros de contención, etc.

B. Remodelado paisajístico del terreno

La integración paisajística del vertedero está condicionada por el volumen de los materiales, debiendo considerarse previamente éstos para un remodelado correcto y un acabado visualmente integrado. El tratamiento debe incluir la configuración final del terreno mediante medidas de remodelado tales que la topografía final resulte estructuralmente estable y acorde con el entorno.

Así pues teniendo en cuenta estos factores se procederá a la remodelación del vertedero repartiendo su volumen sobre una superficie amplia para reducir su altura, y consiguientemente su impacto visual.

Para diseñar la forma final del vertedero conviene guiarse por el criterio de reproducir el entorno, procurando respetar el relieve original, redondear los taludes para dar una apariencia más natural, evitar las formas excesivamente marcadas con líneas rectas y angulosas que resultarían excesivamente artificiales, cuidar el tamaño en relación con los elementos del entorno, no sobrepasar excesivamente la línea del horizonte y no tapar vistas panorámicas.

En general se adoptarán formas redondeadas, suaves e irregulares al efectuar el modelado final. En modelado no sólo deben tenerse en cuenta las pendientes, sino también las sinuosidades en planta de las laderas del entorno, e intentar reproducirlas al máximo, conservando la situación relativa de las vaguadas.

Es recomendable en los vertederos situados a media ladera la distribución de los materiales se realice hacia la zona más elevada de la misma, dado que de este modo se reduce la masa aparente.

C. Regeneración de la cubierta vegetal

La implantación de la cubierta vegetal en el vertedero puede considerarse como la última fase de la restauración, después de realizado el remodelado.

Se extenderá la capa de tierra vegetal, que se habrá reservado previamente en acopio intermedio, con espesor no inferior a treinta centímetros (30 cm). Se estudiará la distribución del material por zonas de manera que se evite el paso de la maquinaria sobre el material ya extendido, impidiendo de esta forma la compactación de los suelos.

Sección 2. Control de la compactación de obras de tierra

Artículo 84. Recomendaciones generales para el control de la compactación

La compactación de cualquier obra de tierra y de las capas de asiento de la vía se debe monitorizar. Es normal controlar la densidad y el módulo de deformación del material.

En lo que se refiere a densidad, se puede utilizar tanto el método nuclear como el método tradicional.

En lo que se refiere al módulo de deformación, puede ser monitorizado por medio del ensayo de carga con placa.

En el ensayo de carga con placa, el intervalo de carga para la estimación de E_v debería estar en 0,3 – 0,7 de la carga máxima. La carga máxima depende del diámetro de la placa (se suele utilizar 0,5 MN/m² para la placa de diámetro 300 mm y 0,25 MN/m² para la placa de diámetro 600 mm).

Esta prueba es estrictamente de naturaleza puntual, no continua.

También existen algunos métodos en desarrollo para el monitoreo continuo longitudinal de compactación como:

- Portancemeter
- Ensayo de carga con placa dinámica
- Compactación continua con compactadores monitorizados. Normalmente utilizado en algunos Estados de la Unión Europea, consiste en la instalación de dispositivos especiales de medida en el propio aparato compactador.

Los valores mínimos de compactación están indicados en la sección anterior de esta norma.

3.3 CONFORMACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA DE VIA

Sección 1. Infraestructura

Artículo 85. Definición constructiva de capa de forma.

La capa de forma se interpone entre la parte superior del terraplén o pedraplén, o en su caso del desmonte, y la capa subbalasto.

La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Aportación del material procedente de excavaciones de la traza, de préstamo o de cantera.
- Extendido, humectación (si es necesaria) y compactación de cada capa.
- Refino de la superficie de la última capa.

Artículo 86. Condiciones generales a exigir a la capa de forma.

Los materiales a emplear deberán cumplir las condiciones, indicadas en la tabla I, referentes al número mínimo de muestras a ensayar y a los valores de referencia y extremo que se deben obtener en los ensayos realizados, pudiendo ser modificadas según criterio de Dirección de Proyecto u obra.

Las muestras a ensayar deberán ser representativas del material existente en cada desmonte, zona de préstamo o cantera que se pretenda utilizar por lo que dichas muestras deben proceder de, al menos, ocho emplazamientos diferentes de cada desmonte, zona de préstamo o cantera.

Parámetro	Nº mínimo de muestras	Valor de referencia	Valor extremo	% ensayos comprendidos entre el valor de referencia y extremo
Tamaño máximo	8	$T_{\max} \leq 10 \text{ cm}$	$T_{\max} \leq 12 \text{ cm}$	< 10 %
Pasante por tamiz 2 mm	8	$30 \% \leq \#2 \text{ mm} \leq 65 \%$	$25 \% \leq \#2 \text{ mm} \leq 70 \%$	< 15 %
Contenido de finos	8	$\text{Finos} \leq 5 \%$	$\text{Finos} \leq 7 \%$	< 15 %
Límites de plasticidad	8	-	-	-
Contenido en materia orgánica	8	$M_o \leq 0.2 \%$	$M_o \leq 0.3 \%$	< 15 %
Índice CBR	8	$\text{CBR} \geq 10$	$\text{CBR} \geq 8$	< 15 %
Hinchamiento CBR	8	$\text{HinchCBR} \leq 0.2 \%$	$\text{HinchCBR} \leq 0.3 \%$	< 10 %
Desgaste de los Ángeles	8	$\text{LA} \leq 30$	$\text{LA} \leq 35$	< 15 %
Ensayo micro Deval húmedo	8	$\text{MD} \leq 25 \%$	$\text{MD} \leq 30 \%$	< 15 %

Tabla 15.1. Ensayos de idoneidad para el material de capa de forma

Además de los requisitos recogidos en la tabla anterior, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Contenido en materia vegetal. El material estará exento de material vegetal constituida, entendiendo por tal, entre otros, los restos de hierbas, las raíces y los trozos de troncos.
- Contenido de finos y plasticidad. El pasante por el tamiz ASTM 200 puede llegar hasta el 15% si, en todas las muestras ensayadas, la fracción fina del material cumple simultáneamente que el límite líquido es inferior a 30 y el índice de plasticidad es inferior a 10.

Artículo 87. Proceso de ejecución de la capa de forma.

(1) Extendido

La capa no se comenzará a extender hasta que se haya comprobado que la superficie sobre la que se asentará tiene las condiciones de calidad y formas previstas, con las tolerancias establecidas. Si en esta superficie hay defectos o irregularidades que exceden de las tolerables, se corregirán antes de la ejecución de la capa de forma.

No se extenderá ninguna capa mientras no se haya comprobado el grado de compactación de la precedente. El extendido se realizará en capas de espesor comprendido entre veinte (20 cm) y treinta centímetros (30 cm) procurando evitar segregaciones y contaminaciones.

(2) Condiciones de Humectación y compactación

La humedad óptima de compactación, deducida del ensayo Proctor Modificado, se ajustará a la composición y forma de actuación del equipo de compactación.

El material se puede utilizar siempre que las condiciones climatológicas no produzcan alteraciones en su humedad de forma que supere en más del dos por ciento (2%), la humedad óptima.

Todas las aportaciones de agua se harán antes de la compactación. Después, la única humectación admisible es la de la preparación para colocar la capa siguiente.

La compactación se efectuará longitudinalmente, empezando por los bordes exteriores y progresando hacia el centro para solaparse en cada recorrido en una anchura no inferior a un tercio (1/3) del elemento compactador.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de paso o desagües, muros o estructuras, no permiten la utilización del equipo habitual, se compactarán con los medios adecuados al caso con la finalidad de conseguir la densidad prevista.

(3) Refino de la superficie de la última capa

Para esta fase, es de aplicación todo lo expuesto en los apartados “Terminación” y “Tolerancias de acabado” de “Rellenos: terraplenes, pedraplenes y cuñas de transición”, entendiéndose que, en este caso, la superficie de acabado se corresponde con la superior de la capa de forma.

Las irregularidades que exceden las tolerancias especificadas en el dicho artículo serán corregidas por el constructor. En este caso, deberá escarificarse en una profundidad mínima de 15 cm, añadiendo o retirando el material necesario y volviendo a compactar y refinar.

(4) Control de calidad en la ejecución. Criterios de rechazo del Lote.

El contratista someterá a la aprobación previa de la Interventoría la procedencia y características del material que propone utilizar, aportando la correspondiente documentación que incluirá necesariamente los resultados de los ensayos pertinentes.

La Interventoría asimismo podrá ordenar la realización de nuevos ensayos en cantera, préstamo o traza durante la ejecución de la obra, en el caso de que considere que las características del material pudieran haber variado respecto a los materiales que se emplearon para autorizar su utilización.

Los ensayos de control del material se realizarán cada mil (1.000) m³ o fracción y serán los indicados para el terraplén, más el ensayo de Los Ángeles y el Micro Deval húmedo, en su caso.

También deberá efectuarse una verificación periódica de la granulometría cada 1.000m³, o fracción de material puesto en obra y compactado, con dos (2) comprobaciones en muestras tomadas en el tajo.

Deberán realizarse dos ensayos de densidad y humedad "in situ" a aproximadamente 2 m del borde (uno a cada lado) cada 25 m, e igualmente en el eje cada 25 m, en una disposición al tresbolillo con los anteriores. Podrá autorizarse el empleo de métodos nucleares, siempre que se hayan realizado los oportunos contrastes con los materiales realmente puestos en obra. En estos ensayos se deberá alcanzar como mínimo el noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado.

Cada quinientos metros lineales, o fracción, de plataforma se efectuará un ensayo de placa de carga. En estos ensayos el módulo de deformación Ev₂, obtenido en la rama de recarga, será superior a 80 MPa, debiéndose verificar además que $Ev_2 / Ev_1 < 2,2$ siempre que el valor de Ev₁ hubiese resultado inferior a 50 MPa.

Independientemente de estos controles se pasará un vehículo pesado o semirremolque de, al menos, treinta y cinco toneladas (35 t) de carga total, con tres (3) ejes. Si se aprecia visualmente la aparición de rodadas o deformaciones se procederá a la recompactación o incluso sustitución local de materiales, volviendo a repetirse la prueba. Los gastos de estas operaciones serán por cuenta del Contratista.

Artículo 88. Definición constructiva del subbalasto

El subbalasto constituye la capa superior de la plataforma sobre la que apoya el balasto.

Este mismo material, con las mismas condiciones de ejecución, se empleará en la formación de los paseos laterales a lo largo del trazado.

La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- Aportación del material procedente de excavaciones de la traza, de préstamo o de cantera.
- Extendido, humectación (si es necesaria) y compactación de cada capa.

- Refino de la superficie de la última capa
- Ejecución de tramo de ensayos

Artículo 89. Condiciones generales a exigir al subbalasto

Se comprobará, que el cien por cien (100%) del material retenido en el tamiz número cuatro (nº 4) es calificable como “triturado” y que procede del machaqueo y clasificación de piedra no caliza, extraída en cantera o en desmontes rocosos de la traza, o en yacimientos naturales de árido rodado silíceo.

Si el material procede de un suministro exterior a la obra, deberá cumplir la normativa que le sea de aplicación.

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

El contenido de materia orgánica deberá ser inferior al cero con dos por ciento (0,2%) en peso, de la fracción que pasa por el tamiz número dos (nº 2).

El contenido en sulfatos deberá ser inferior al cero con dos por ciento (0,2%) en peso, de la fracción que pasa por el tamiz número dos (nº 2).

Granulometría: El subbalasto estará constituido por una grava arenosa bien graduada, con un pequeño porcentaje de elementos finos. El resultado deberá cumplir lo siguiente:

Tamiz (apertura en mm)	Porcentaje que pasa (en peso) comprendido entre
40	100
31.5	90 - 100
16	85 - 95
8	65 - 80
4	45 - 65
2	30 - 50
0.5	10 - 40
0.2	5 - 25
0.063	3 - 9

Tabla 18.1. Curva granulométrica del subbalasto.

La columna tamiz indica apertura en mm del tamiz (En tamices ASTM son los siguientes en orden descendente: nº 1,5; nº 1,25; nº 5/8; nº 5/16; nº 5; nº 10; nº 35, nº 70; nº 30)

El coeficiente de uniformidad $C_2 = D_{60}/D_{10}$, será mayor o igual que catorce ($C_u \geq 14$).

El coeficiente de curvatura $C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$, estará comprendido entre uno y tres ($1,0 \leq C_c \leq 3,0$).

El equivalente de arena será mayor de cuarenta y cinco (45), para la fracción que pasa por el tamiz número dos (nº 2).

El coeficiente de desgaste de Los Ángeles (CLA) será inferior al veintiocho por ciento ($< 28\%$). El ensayo se realizará según la Norma correspondiente.

El coeficiente Micro-Deval Húmedo (MDH) será inferior al veintidós por ciento ($< 22\%$). El ensayo se realizará según la Norma correspondiente.

El coeficiente de permeabilidad vertical del subbalasto (K), compactado al cien por cien (100%) de la densidad máxima del Proctor Modificado, debe ser \leq diez elevado a menos seis metros por segundo (10^{-6} m/s). Su determinación en laboratorio se hará con permeámetro de carga variable. Se podrá prescindir del control de permeabilidad del material de la capa de subbalasto, siempre que la capa subyacente cumpla condiciones de capa de forma definidas en los artículos 14 y 15 de la sección anterior de estas especificaciones de construcción.

Artículo 90. Proceso de ejecución de la capa de subbalasto.

La capa no se extenderá hasta que se haya comprobado que la superficie sobre la que se asentará tiene las condiciones de calidad y formas previstas, con las tolerancias establecidas en los artículos 15 y 16 de estas especificaciones de construcción. Si en esta superficie hay defectos o irregularidades que exceden de las tolerables, se corregirán antes de la ejecución de la partida de obra. Las cunetas deberán estar perfiladas y en perfecto estado de funcionamiento al iniciarse la

(1) Replanteo en la capa de subbalasto

El Contratista lo realizará de forma análoga al de la capa de forma, hincando estaquillas que servirán de referencia para fijar la posición en planta y alzado mediante topografía clásica. Las estaquillas se colocarán sistemáticamente a lo largo del eje de la plataforma y en ambos bordes, con una separación máxima de veinte metros (20 m), así como en los puntos singulares (cambios de geometría en planta o perfil longitudinal, ensanchamiento de la plataforma, acuerdos y transiciones, etc.) y donde determine la Dirección de Interventoría. Se nivelará con una precisión de un milímetro (1 mm) y las coordenadas se obtendrán apoyándose en la red topográfica básica de la Obra.

(2) Extensión y compactación

Para la extensión y compactación del subbalasto se necesitará un equipo mínimo constituido por los siguientes elementos:

- Motoniveladora/s con equipo de nivelación por ultrasonidos
- Carrotanque para el riesgo
- Rodillos compactadores, vibro compactadores.

La utilización del material requiere que las condiciones climatológicas no produzcan alteraciones en su humedad de forma que supere en más del dos por ciento (2%) la humedad óptima.

El extendido se podrá realizar, procurando evitar segregaciones y contaminaciones, en dos capas de quince centímetros (15 cm) de espesor una vez compactadas. Se impedirá la circulación de vehículos sobre el material sin compactar.

(3) Terminación de la capa

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir el acabado geométrico de la coronación del subbalasto, una vez extendido y compactado, según la definición contenida en Planos.

Tras su terminación y refino, la capa de subbalasto debe quedar protegida para que mantenga sus características satisfactorias tras el control de calidad.

Con este fin, sobre cada tramo de capa terminada y aprobada, el Contratista se responsabilizará de que la circulación rodada quede físicamente impedida, mediante un cierre controlado de accesos, hasta la recepción de las obras de plataforma por parte del organismo férreo correspondiente.

Cuando exista algún tramo de subbalasto terminado sobre el cual el Contratista considere imprescindible mantener una cierta circulación de camiones, deberá protegerlo a su costa con un doble tratamiento superficial bituminoso, de las características definidas en el presente Pliego. Si se produjeran roderas o deformaciones no admisibles, el Contratista deberá levantar y reponer la capa en una superficie no inferior a seis por seis metros cuadrados (6x6 m²), asegurando la homogeneidad del conjunto, cuidando especialmente las zonas de contacto y controlando de acuerdo con el presente pliego.

(4) Control de calidad de la capa de subbalasto

A. Tramos de ensayo

Con cada tipo de material a utilizar como subbalasto, el Contratista construirá un tramo de ensayo en obra. Su objeto será la definición y puesta a punto de un procedimiento constructivo y de los medios de puesta en obra más adecuados, que permitan alcanzar las exigencias de compactación para la capa de subbalasto definitiva, definidas en el apartado correspondiente de esta normativa.

Los tramos de ensayo se realizarán sobre una capa de forma previamente recepcionada.

Tendrán una longitud mínima de cien metros lineales (100 m) y una anchura igual a la de la plataforma. En caso de no poderse ejecutar sobre la traza definitiva, la longitud mínima será de cincuenta metros lineales (50 m). Serán ejecutados por el Contratista y a su cargo, no siendo objeto de abono.

El Contratista recogerá la mayor información posible del proceso constructivo. Como mínimo será la siguiente:

- Métodos utilizados en la carga y en el transporte de los materiales.
- Número de capas y espesor de las mismas.
- Metodología y medios de puesta en obra.
- Métodos de humectación y aireación empleados para la obtención del grado de humedad óptimo.
- Elección del tipo y número de compactadores a utilizar por equipo.
- Velocidad y número de pasadas de cada máquina.

Además, el Contratista realizará sobre estos tramos todas las pruebas y ensayos necesarios para comprobar la calidad de su ejecución.

Los tramos de ensayo en los que se consigan unas características iguales o superiores a las exigidas, se considerarán como tramos de referencia y podrán quedar como parte integrante de la obra, siempre que lo autorice la Dirección de Interventoría. En caso contrario serán demolidos y retirados por el Contratista.

B. Control de recepción del material

Los ensayos de recepción del material se realizarán sobre lotes situados en el centro de producción (que hayan pasado el control de producción del fabricante, y estén perfectamente delimitados y asignados al Comprador), o en acopios intermedios, y en la obra. Será realizado a iniciativa del Comprador y costado por éste.

C. Control en el centro de producción o en acopios intermedios

Se realizará una inspección visual periódica del frente de cantera y/o de los yacimientos de árido natural seleccionados, que permita controlar los eventuales cambios de origen y de calidad y homogeneidad del material.

A efectos de control, el material elaborado se dividirá en “lotes de recepción”, definidos cada uno por la menor de las dos cantidades siguientes:

Volumen de dos mil quinientos metros cúbicos (2.500 m^3).

Volumen producido en una semana.

La toma de muestras y su preparación se realizará de acuerdo con las Normas correspondientes. La muestra bruta se dividirá (reducción por divisor de muestras o por cuarteo) en al menos dos muestras de laboratorio, una para la realización de los ensayos prescritos y la otra, que quedará convenientemente almacenada y precintada, para la eventual realización de ensayos de contraste.

El plan de ensayos será el siguiente:

A cada lote de recepción se le realizará un “control normal”, constituido por los ensayos siguientes:

- Análisis granulométrico
- Equivalente de arena
- Ensayo de desgaste de Los Ángeles
- Ensayo Micro-Deval Húmedo
- Ensayo de permeabilidad, en su caso
- Contenido de materia orgánica
- Contenido de sulfatos
- Determinación del porcentaje de partículas trituradas, en los casos de mezcla de árido natural y de machaqueo

Los resultados de todos los ensayos deberán cumplir las exigencias del presente artículo.

En caso de que un lote no cumpla alguna de ellas, el lote será rechazado, lo que dará lugar a las correcciones necesarias en el proceso de producción.

Cuando se hayan aceptado cinco (5) lotes de recepción consecutivos, se podrá aplicar a los siguientes un “control reducido” consistente en:

Para cada lote:

- Análisis granulométrico.
- Equivalente de arena.

Por cada grupo de cinco (5) lotes, se elegirá un lote al azar, sobre el que se realizarán, además, los ensayos adicionales siguientes:

- Ensayo de desgaste de Los Ángeles.
- Ensayo de Micro-Deval Húmedo.
- Ensayo de permeabilidad, en su caso.
- Contenido de materia orgánica.
- Contenido de sulfatos.
- Determinación del porcentaje (%) de partículas trituradas, en los casos de mezcla de árido natural y de machaqueo.

Los resultados de todos los ensayos deberán cumplir las exigencias del presente artículo.

En caso de que un lote no cumpla alguna de ellas, el lote será rechazado, lo que dará lugar a las correcciones necesarias en el proceso de producción, y se volverá a la situación de “control normal”, es decir, como si en este momento se iniciara la producción, empezando por el lote siguiente al último al que se le hicieron la batería completa de ensayos con resultado satisfactorio.

D. Control durante la puesta en obra

Cada capa de material extendido sobre la traza se dividirá en “lotes de extendido”, definidos cada uno por la menor de las cantidades siguientes:

Superficie de tres mil metros cuadrados (3.000 m²)

Superficie correspondiente a una longitud de trescientos metros lineales (300 m) en vía única o de doscientos metros lineales (200 m) en vía doble

Superficie extendida en el día

A cada “lote de extendido”, antes de su extensión, se le realizará: Un ensayo Proctor Modificado.

A cada “lote de extendido” una vez realizadas las pasadas de compactador previstas, se le efectuarán:

Seis (6) ensayos de densidad “in situ” y de humedad natural realizados por métodos nucleares de medida rápida, según normas ASTM D-2922:1971 y ASTM D-3017:1978, siempre que esté garantizada la correcta calibración de los equipos.

La media de los seis (6) valores de densidad será mayor o igual que el cien por cien (100%) de la densidad máxima del Proctor Modificado obtenida en ese lote. Hasta dos (2) de los seis (6) valores podrán dar un resultado inferior al cien por cien (100%), pero siempre superior al noventa y ocho por ciento (98%) de dicha densidad máxima.

Los ensayos de humedad tendrán carácter indicativo y no constituirán por sí solos base de aceptación o rechazo.

Una inspección visual continúa del aspecto de la capa de subbalasto al paso de maquinaria pesada, con el objeto de localizar los puntos que presenten un comportamiento anormal.

Un ensayo de placa de carga, según la norma correspondiente, utilizando una placa de trescientos milímetros (300 mm) de diámetro, donde el módulo de deformación Ev2 obtenido en la rama de recarga será superior a ciento veinte MegaPascales (120 Mpa), debiéndose verificar además que $Ev2 / Ev1 \leq 2,2$ siempre que el valor de Ev1 hubiese resultado inferior a setenta y cinco MegaPascales (75 Mpa) y que $Ev1 < 0.6 Ev2$.

Se cumplirá lo siguiente:

$$EV2 \geq 120 \text{ Mpa} \quad EV2/EV1 \leq 2,2 \quad (19.1)$$

En el caso de no obtenerse el resultado exigido, el lote se recompactará hasta alcanzarlo. Si excepcionalmente no se consiguiera, se estudiaría el motivo y se modificarían las condiciones de los materiales, su grado de humedad o el método de compactación, debiendo retirar la capa en caso de no conseguir el nivel de compactación exigido.

Tanto la toma de muestras como los ensayos “in situ” se realizarán en puntos seleccionados por la Dirección de Interventoría mediante un muestreo aleatorio.

E. Tolerancias geométricas de acabado

Nivel.- La tolerancia en el nivel de la superficie de la plataforma, previamente al extendido de la capa de subbalasto, respecto al definido en los planos del proyecto, estará comprendida en el intervalo entre menos treinta y quince milímetros (-30, +15mm).

Las tolerancias para la superficie del subbalasto terminada, serán las siguientes:

Nivel superior, en cualquier punto: más menos quince milímetros (± 15 mm), respecto al definido en los planos del proyecto y medido según la vertical.

Las variaciones (irregularidades) al aplicar una regla de tres metros lineales (3 m) de longitud, tanto paralela como perpendicularmente al eje del ferrocarril, no serán superiores a diez milímetros (10 mm).

Espesor de la capa

La tolerancia en el espesor de las capas de subbalasto, respecto al definido en los planos del proyecto, estará comprendida en el intervalo de cero a veinte milímetros (0, +20 mm), medida según la vertical. El espesor mínimo de la capa será de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de capas construidas por capas.

Ancho de la capa

La tolerancia en el semiancho de la capa de subbalasto, respecto al definido en los planos del proyecto, estará comprendida en el intervalo de cero a cincuenta milímetros (0, +50 mm), medida desde el eje hasta el borde según un plano horizontal.

Pendiente transversal

La tolerancia en la pendiente transversal de la capa de subbalasto, respecto a la definida en los planos del proyecto, será de más menos uno por ciento ($\pm 1\%$).

Los tramos en los que se excedan estas tolerancias serán corregidos por el Contratista, a su costa. Para ello deberá escarificar en una profundidad mínima de ciento cincuenta milímetros (150 mm), añadiendo o retirando el material necesario, volviendo a compactar, rasanteando y controlando de acuerdo con el presente apartado.

Sección 2. Superestructura

Artículo 91. Balasto

Estas especificaciones se encuentran contempladas en el apartado **3.7 Especificaciones para el balasto** de esta normativa.

Artículo 92. Otros elementos de la superestructura

Estas especificaciones se encuentran contempladas en el apartado **3.5 Instalación de elementos de la superestructura. Recomendaciones generales** de esta normativa.

3.4 OBRAS DE DRENAJE

Sección 1. Elementos de drenaje

Artículo 93. Tubos prefabricados de concreto

Este concepto incluye cualquier tubo prefabricado de concreto reforzado, vibropresado y poroso, utilizado en las obras de desagüe transversales a la traza, como colectores bajo cunetas y conducción a los cauces naturales o como drenes con objeto de recoger las filtraciones en plataforma.

(1) Condiciones generales

Los tubos prefabricados de concreto reforzado, vibropresado y poroso estarán fabricados por centrifugado u otro proceso que garantice una elevada compacidad, con un proceso de curado controlado.

Los tubos cumplirán el vigente Proyecto Constructivo en cada caso y se atenderán a la normativa técnica existente para tubos de concreto reforzado o pretensado.

El Contratista estará obligado a justificar estructuralmente los tubos en función de las acciones previsibles en cada tramo de tubería mediante la aplicación de la citada normativa. Al mismo tiempo, deberá garantizar ante el Director de la Interventoría que el fabricante proveedor de los tubos cuenta con el certificado o sello de calidad de su producto, de acuerdo con lo dispuesto en la norma correspondiente, en su caso.

Los concretos y sus componentes elementales cumplirán además las condiciones de la normativa vigente en esta materia, así como el acero empleado en las armaduras en el caso de tubos de concreto reforzado o armado.

La superficie interior será suficientemente lisa e impermeable y los tubos serán fuertes, duraderos, libres de defectos, grietas o deformaciones.

Los ensayos que tendrán que realizarse son:

- Examen visual del aspecto general de los tubos y piezas para juntas y comprobación de dimensiones y espesores.
- Ensayo de estanqueidad.
- Ensayo de aplastamiento.
- Ensayo de flexión longitudinal.

Sin perjuicio de la existencia del certificado de calidad antes mencionado, el Director de la Interventoría se reserva el derecho de realizar en fábrica, por medio de sus representantes, cuantas verificaciones de fabricación y ensayos de materiales estime precisos para el control de las diversas etapas de fabricación, según las prescripciones de este pliego.

A estos efectos, el Contratista, en el caso de no proceder por sí mismo a la fabricación de los tubos, deberá hacer constar este derecho del promotor en su contrato con el fabricante.

El fabricante avisará al Director de la Interventoría con quince días (15 d) de antelación, como mínimo, del comienzo de fabricación de los tubos y de la fecha en que se propone efectuar las pruebas.

El Director de la Interventoría exigirá al Contratista el certificado de garantía de que se efectuaron en forma satisfactoria los ensayos y de que los materiales utilizados en la fabricación cumplieron las especificaciones correspondientes. Este certificado podrá sustituirse por un sello de calidad reconocido oficialmente.

El Director de la Interventoría, si lo estima necesario, podrá ordenar en cualquier momento la realización de ensayos sobre lotes, aunque hubiesen sido ensayados en fábrica, para lo cual el Contratista avisado previamente por escrito, facilitará los medios necesarios para realizar estos ensayos de los que se levantará acta, y los resultados obtenidos en ellos prevalecerán sobre cualquier otro anterior.

Cada entrega en obra de los tubos y elementos será acompañada de un albarán especificando naturaleza, número, tipo y referencia de las piezas que la componen y deberá hacerse con el ritmo y plazos señalados en el Plan de Obra, o en su caso por el Ingeniero Director. Las piezas que hayan sufrido averías durante el transporte o que presenten defectos serán rechazadas.

Los ensayos de recepción, en el caso de que el Director de Interventoría lo considere oportuno, podrán sustituirse por un certificado en el que se expresen los resultados satisfactorios de los ensayos de estanqueidad, aplastamiento y flexión longitudinal del lote a que pertenezcan los tubos o los ensayos de autocontrol sistemáticos de fabricación que garanticen las propiedades anteriores.

Respecto al tipo de juntas propuestas, el Director de la Interventoría podrá ordenar ensayos de estanqueidad de tipos de juntas. En este caso, el ensayo se hará en forma análoga al de los tubos, disponiéndose dos trozos de tubo, uno a continuación del otro, unidos por su junta, cerrando los extremos libres con dispositivos apropiados y siguiendo el mismo procedimiento que para los tubos, se comprobará que no existe pérdida alguna.

La tolerancia para el diámetro interior del tubo se establece en uno por ciento (1%) de su diámetro nominal, sin exceder de quince milímetros (15 mm). Además, el promedio de los diámetros mínimos en las cinco secciones resultantes de dividir la longitud del tubo en cuatro partes iguales, no debe ser inferior a su diámetro nominal.

La tolerancia para el espesor del tubo se establece en cinco por ciento (5%) de su espesor nominal. Esta misma tolerancia se establece para el núcleo de los tubos pretensados.

La ovalización en la zona de junta deberá ser tal que la diferencia entre sus diámetros interiores máximo y mínimo no exceda del cero con cinco por ciento (0,5%) del diámetro nominal del tubo.

Con respecto a la tolerancia para los diámetros de la camisa de chapa o de las capas de armaduras, se establece que la diferencia entre sus diámetros interiores máximo y mínimo no sea superior al uno por ciento (1%) de los diámetros nominales correspondientes.

La tolerancia para la longitud del tubo se establece en uno por ciento (1%) de su longitud nominal.

Todos los elementos de la tubería llevarán grabados de forma indeleble los distintivos y marcas siguientes:

- Distintivo de fábrica.
- Diámetro nominal, en mm.
- Presión de timbre, en kPa.
- Número de identificación, que permita conocer el historial de su fabricación.
- Fecha de terminación de la fabricación del tubo.

(2) Proceso de ejecución

Transporte y acopio en obra

El transporte desde la fábrica a la obra no se iniciará hasta que haya finalizado el período de curado.

Los tubos se transportarán sobre unas cunas de madera que garanticen la inmovilidad transversal y longitudinal de la carga, así como la adecuada sujeción de los tubos apilados, que no estarán directamente en contacto entre sí, sino a través de elementos elásticos, como madera, gomas o sogas.

Los tubos se descargarán, cerca del lugar donde deban ser colocados y de forma que puedan trasladarse con facilidad al lugar en que hayan de instalarse. Se evitará que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados.

El acopio de los tubos en obra se hará en posición horizontal, sujetos mediante calzos de madera, salvo que se disponga de alguna solera rígida que garantice el acopio vertical en las debidas condiciones de seguridad.

Durante su permanencia en la obra, antes del tapado de las zanjas o terraplenados, los tubos deberán quedar protegidos de acciones o elementos que puedan dañarles, como tránsito o voladuras.

Ejecución de las obras

Los tubos se instalarán en una zanja cuyo ancho será como mínimo treinta centímetros (30 cm) mayor que el diámetro nominal del tubo, medido dicho ancho a nivel de la generatriz superior.

El entronque de los tubos con pozos, o arquetas, se realizará recibiendo el tubo con mortero, quedando enrasado su extremo con la cara interior de la arqueta o pozo.

Los tubos irán apoyados sobre una cama de concreto no estructural de doscientos kilopondios por centímetro cuadrado (200 kp/cm^2) de resistencia característica.

Una vez ejecutada la cama de concreto de manera que el tubo apoye al menos en un ángulo de ciento veinte grados (120°) se regularizará el concreto con una fina capa de mortero de seiscientos kilogramos por metro cúbico (600 kg/m^3) para, acto seguido, y mientras dure la plasticidad de éste, colocar los tubos.

Cuando se interrumpa la colocación de tuberías se taponarán los extremos libres para impedir la entrada de agua o cuerpos extraños, procediendo a examinar con todo cuidado el interior de la tubería al reanudar el trabajo.

Las tuberías y zanjas se mantendrán libres de agua, agotando con bombas o dejando desagües en la excavación en caso necesario.

No se colocarán más de cien metros (100 m) de colector sin proceder al relleno, al menos parcial de la zanja. Se colocarán como mínimo seis (6) tubos por delante de cada junta antes de terminarla totalmente.

En el caso en que los tubos se dispongan sobre soportes de concreto, éstos abrazarán el tubo en su parte inferior un ángulo de por lo menos ciento veinte grados (120°) y tendrán una dimensión mínima en el sentido longitudinal de la conducción de treinta centímetros (30 cm).

La distancia entre ejes de dos (2) soportes sucesivos será igual a cero con sesenta (0,60) veces la longitud del tubo.

Los dos soportes de un mismo tubo estarán siempre contruidos con los mismos materiales.

Las embocaduras en las entradas y salidas de los tubos serán ejecutadas conforme a la práctica habitual de este tipo de obras, respetando las condiciones de los planos, y del presente Pliego en cuanto a instalación, dimensiones, encofrados, hormigones, puesta en obra y curado del concreto, desencofrado, etc.

Artículo 94. Tubos de PVCSe definen como tales los tubos de PVC, tanto lisos, como ranurados y corrugado ranurado simple, que se utilicen como colectores de desagüe y como tuberías de drenaje.

(1) Condiciones generales

Generalmente se utiliza P.V.C., no plastificado como materia prima para su fabricación.

Se entiende como P.V.C. no plastificado la resina de cloruro de polivinilo no plastificado, técnicamente puro (menos del uno por ciento (1 %) de impurezas) en una proporción del noventa y seis por ciento (96 %), exento de plastificantes. Podrá contener otros ingredientes tales como estabilizadores, lubricantes, modificadores de las propiedades finales y colorantes.

Las características físicas del material que constituye la pared de los tubos en el momento de su recepción en obra serán las de la tabla siguiente:

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	VALORES	OBSERVACIONES
Densidad	De 1,35 a 1,46 Tn/m ³	
Temperatura de reblandecimiento	75 °C	Carga de ensayo 1 kg
Resistencia a tracción simple	50 N/mm ²	El valor menor de las cinco probetas
Alargamiento a la rotura	80 por 100	El valor menor de las cinco probetas

Tabla 23.1. Valores a cumplir por el material de constitución de tubos de PVC

La Dirección de Interventoría podrá solicitar los Certificados del fabricante sobre las características de los tubos suministrados así como realizar los correspondientes ensayos de comprobación.

El tubo debe fabricarse a partir de una banda nervada del material citado cuyos bordes están conformados para ser engatillados. La banda se enrolla helicoidalmente formando el tubo del diámetro que se desee, mediante una máquina especial, que además de fijar el diámetro, efectúa el encaje de los dos bordes de la banda y aplica sobre éstos un polimerizador que actúa como soldadura química.

(2) Proceso de ejecución

Los tubos se instalarán en una zanja cuyo ancho será cincuenta centímetros (50 cm) mayor que el diámetro nominal del tubo, a nivel de la generatriz superior.

Los tramos de tubo situados bajo la proyección de plataforma ferroviaria irán colocados sobre una solera de concreto en masa de 20 MPa de diez centímetros (10 cm) de espesor.

En este tramo se recubrirá el tubo con veinte centímetros (20 cm) de concreto en masa HM-20 sobre la generatriz superior del mismo.

Fuera de este tramo la tubería apoyará sobre una cama de arena de diez centímetros (10 cm) de espesor y se rellenará con arena con un espesor de veinticinco centímetros (25 cm) por encima de la generatriz superior. El relleno se realizará según las prescripciones para relleno de zanjas.

Para los tubos ranurados se utilizará relleno con material filtrante con un espesor de veinticinco (25 cm) por encima de la generatriz superior. El relleno se realizará según las prescripciones para relleno de zanjas.

El entronque de los tubos con pozos, arquetas y boquillas de caños se realizará recibiendo el tubo con mortero, quedando enrasado su extremo con la cara interior de la arqueta, pozo o boquilla.

Artículo 95. Tubos de fundición dúctil

Canalización con tubo de fundición dúctil y colocación de accesorios según norma ISO 2531, colocados en el fondo de la zanja.

Se consideran los siguientes tipos de accesorios:

- Piezas en forma de T para derivaciones.
- Piezas en forma de codo para cambios de dirección.
- Reducciones de diámetro con conos y placas de reducción.
- Elementos para realizar las uniones de tubos y piezas especiales de canalización con los correspondientes accesorios de fundición dúctil.

Se consideran los siguientes grados de dificultad de montaje para los tubos:

- Grado medio, que corresponde a una red equilibrada en tramos lineales y con accesorios (distribuciones de agua, gas, calefacción, etc.).
- Sin especificación del grado de dificultad, que corresponde a una red donde pueden darse tramos lineales, equilibrados y con predominio de accesorios indistintamente a lo largo de su recorrido (instalaciones de obras de ingeniería civil, etc.).

Se han considerado los siguientes tipos de unión:

- Unión de campana con anillo elastomérico
- Unión de campana con anillo elastomérico y contrabrida de estanqueidad.
- Unión de campana con anillo elastomérico y contrabrida de tracción.
- Unión por testa con bridas locas, anillos elastoméricos y manguito en cada unión.

La ejecución de la unidad de obra incluye las siguientes operaciones:

- Comprobación y preparación del plano de soporte (en canalizaciones para enterrar).
- Replanteo de la conducción
- Colocación del elemento en su posición definitiva
- Ejecución de todas las uniones necesarias
- Limpieza de la tubería
- Retirada de la obra de recortes de tubos, materiales para juntas, etc.

No se incluye, en las instalaciones sin especificación del grado de dificultad, la colocación de accesorios. La variación del grado de dificultad en los distintos tramos de la red no permite fijar la repercusión de accesorios; por ello, su colocación se considera una unidad de obra distinta.

(1) Condiciones generales

La posición será la reflejada en la Documentación Técnica o, en su defecto, la indicada por la Dirección de la Interventoría.

Las juntas serán estancas a la presión de prueba, resistirán los esfuerzos mecánicos y no producirán alteraciones apreciables en el régimen hidráulico de la tubería.

El accesorio quedará alineado con la directriz de los tubos a conectar.

La unión entre dos elementos de la canalización estará realizada de forma que el extremo liso de uno de ellos, penetre en el extremo en forma de campana del otro.

La estanqueidad se obtiene por la compresión de la anilla elastomérica situada en el interior del extremo de la campana mediante la introducción del extremo liso o bien, mediante una contrabrida que se apoya en el anillo extremo de la campana y que se sujeta con tornillos de cabeza en aquellos casos en que se indica que la unión tiene contrabrida de estanqueidad.

En las uniones con contrabrida de estanqueidad, ésta tendrá colocados todos los bulones, los cuales estarán apretados con el siguiente par:

Bulones de veinticinco milímetros (25 mm): ciento veinte kilo Newton (120 kN).

Bulones de treinta y dos milímetros (32 mm): doscientos cuarenta kilo Newton (240 kN).

En las uniones con contrabrida de tracción, ésta tendrá colocados todos los bulones y estará en contacto en todo su perímetro con la boca de la campana.

En las uniones embriadas, la brida tendrá colocados todos sus tornillos y la junta de estanqueidad.

En las uniones por testa, la estanqueidad se obtiene por la compresión de los dos anillos elastoméricos colocados en cada extremo del manguito de reacción, comprimidos por las bridas.

Colocación enterrada

Se situará sobre un lecho de apoyo, cuya composición y espesor cumplirá lo especificado en la Documentación Técnica.

Quedarán centrados y alineados dentro de la zanja.

Si la tubería tiene una pendiente mayor o igual al veinticinco por ciento ($\geq 25\%$) estará fijada mediante bridas metálicas ancladas a dados macizos de concreto.

La tubería quedará protegida de los efectos de cargas exteriores, del tráfico (en su caso), inundaciones de la zanja y de las variaciones térmicas.

Para contrarrestar las reacciones axiales que se producen al circular el fluido, los puntos singulares (curvas, reducciones, etc.), estarán anclados en dados macizos de concreto.

En caso de coincidencia de tuberías de agua potable y de saneamiento, las de agua potable pasarán por un plano superior a las de saneamiento e irán separadas tangencialmente cien centímetros (100 cm).

Por encima del tubo habrá un relleno de tierras compactadas, que cumplirá las especificaciones de su pliego de condiciones.

Distancia de la generatriz superior del tubo a la superficie:

En zonas de tráfico rodado: mayor o igual a cien centímetros (≥ 100 cm).

En zonas sin tráfico rodado: mayor o igual a sesenta centímetros (≥ 60 cm).

(2) Proceso de ejecución

La descarga y manipulación de los elementos se hará de forma que no reciban golpes.

Para realizar la unión de los tubos no se forzarán ni deformarán los extremos.

La unión entre los tubos y otros elementos de obra se realizará garantizando la no transmisión de cargas, la impermeabilidad y la adherencia con las paredes.

Cada vez que se interrumpa el montaje, se tapan los extremos abiertos.

El lubricante que se utilice para las operaciones de unión de los tubos no será agresivo para el material del tubo ni para el anillo elastomérico, incluso a temperaturas elevadas del efluente.

Si se cortase algún tubo, se hará perpendicularmente al eje y se eliminarán las rebabas.

A todas las superficies que hayan sido mecanizadas se les repondrá el recubrimiento afectado por medio de pintura epoxi de secado rápido.

Los bulones de las bridas y contrabridas se apretarán en diferentes pasadas, siguiendo un orden de diámetros opuestos.

Las hembras de las uniones de los ramales embreados se apretarán con una llave dinamométrica hasta el valor indicado en la Documentación Técnica.

Una vez terminada la instalación se limpiará interiormente haciendo pasar un disolvente de aceites y grasas, y finalmente agua, utilizando los desagües previstos para estas operaciones.

Si la tubería es para abastecimiento de agua, se procederá a un tratamiento de depuración bacteriológica después de limpiarla.

Colocación enterrada

Antes de bajar los elementos a la zanja la Dirección de la Interventoría los examinará, rechazando los que presenten algún defecto.

Antes de la colocación de los elementos se comprobará que la rasante, la anchura, la profundidad y el nivel freático de la zanja corresponden a los especificados en la Documentación Técnica. En caso contrario se avisará a la Dirección de la Interventoría.

Durante el proceso de colocación no se producirán desperfectos en la superficie del tubo. Se recomienda la suspensión del tubo por medio de bragas de cinta ancha con el recubrimiento adecuado.

El fondo de la zanja estará limpio antes de bajar los elementos.

La anchura de la zanja será más grande que el diámetro del elemento más sesenta centímetros (60 cm).

Si la tubería tiene una pendiente mayor al diez por ciento ($> 10\%$), la colocación de los tubos se realizará en sentido ascendente. De no ser posible, habrá que fijarla provisionalmente para evitar el deslizamiento de los tubos.

Los tubos se calzarán y acodarán para impedir su movimiento.

Una vez colocados los elementos dentro de la zanja, se comprobará que su interior esté libre de elementos que puedan impedir su asentamiento o funcionamiento correctos (tierras, piedras, herramientas de trabajo, etc.).

Las tuberías y las zanjas se mantendrán libres de agua, achicando con bomba o dejando desagües en la excavación.

No se montarán tramos de más de cien metros (100 m) de largo sin hacer un relleno parcial de la zanja dejando las juntas descubiertas. Este relleno cumplirá las especificaciones técnicas del relleno de la zanja.

Una vez situada la tubería en la zanja, parcialmente rellena excepto en las uniones, se realizarán las pruebas de presión interior y de estanqueidad según la normativa vigente.

No se procederá al relleno de la zanja sin autorización expresa de la Dirección de la Interventoría.

Los dados de anclaje se realizarán una vez lista la instalación. Se colocarán de forma que las juntas de las tuberías y de los accesorios sean accesibles para su reparación.

Artículo 96. Cunetas

Ejecución de cunetas de las diferentes formas geométricas mediante concreto ya sea en masa o armado, según forma y dimensiones definidas en las secciones tipo y planos de drenaje correspondientes.

(1) Condiciones generales

La cuneta y los cuentones con su forma geométrica adecuada revestidas se utilizarán como:

Cunetas o cuentones de protección de taludes. En coronación de los desmontes y al pie de los rellenos, siempre que la escorrentía del terreno natural vierta hacia la traza.

Cunetas o cuentones de la plataforma. Entre la plataforma y el pie de talud de los desmontes, así como en las bermas que se dispongan, cuando así lo indiquen los planos, en taludes tanto de desmonte como de terraplén. Se utilizará asimismo, cuando así lo indique la Dirección de Interventoría en la explanación de caminos de enlace.

El encuentro con el terreno natural se realizará sin saltos ni discontinuidades, con las formas lo más redondeadas posibles.

Espesor del concreto ≥ 10 cm

Resistencia característica estimada del concreto (Fest) a los 28 días $\geq 0,9 \times F_{ck}$

Tolerancias de ejecución:

Planeidad ± 4 mm/m

Replanteo ± 10 mm/m

Dimensiones ± 5 mm

(2) Proceso de ejecución

Las pendientes serán las indicadas en los Planos del proyecto o en su defecto las que fije el Director de la Interventoría. Cualquier diferencia respecto de los valores establecidos deberá ser subsanada por el Contratista a su costa.

Se revestirá en su totalidad con concreto (resistente a las aguas agresivas, si es preciso) de 20 MPa ó 25 MPa de resistencia característica para el cunetón tipo Ritchie.

Las pequeñas irregularidades superficiales deberán corregirse mediante la aplicación de mortero de cemento.

El revestimiento llevará juntas cada tres metros (3,00 m) aproximadamente; su ejecución se atenderá a las condiciones impuestas a la unidad de concreto.

Las conexiones de las cunetas y cunetones con las arquetas o pozos, se efectuarán a las cotas indicadas en los Planos.

Artículo 97. Bajantes prefabricadas

La función de las bajantes es evitar la erosión de los taludes por el agua procedente tanto de la cuneta de coronación en los desmontes, como de la propia plataforma en los taludes de terraplén.

(1) Condiciones generales

Las bajantes podrán ejecutarse con piezas prefabricadas de ancho hasta setenta centímetros (70 cm), construidas con concreto de 25 MPa de resistencia característica y ligeramente armadas para facilitar su manejo durante el transporte y colocación, evitando roturas.

Para dimensiones mayores, las bajantes se construirán escalonadas con concreto “in situ” en masa de 20 MPa.

(2) Proceso de ejecución

Las piezas prefabricadas se colocarán siguiendo alineaciones rectas, montando una pieza sobre otra, según se indica en Planos. La pendiente será uniforme a lo largo de toda la alineación. El Contratista realizará el acondicionamiento del apoyo necesario, incluso colocando una pequeña cama de concreto en masa de 20 MPa, para lograr que las piezas descansen sobre el terreno en toda su longitud.

No se admitirá la colocación de piezas defectuosas, desportilladas, fisuradas, etc., incluso en el caso de que el Contratista proponga repararlas una vez colocadas.

Artículo 98. Encachado de piedra

La función del encachado es proteger los taludes de la erosión por el agua, especialmente en la salida de embocaduras de obras de desagüe. También se utilizará en la formación de badenes para pasos de caminos sobre puntos bajos.

(1) Condiciones generales

Se define esta unidad como el suministro y colocación, en forma de chapado superficial de espesor superior a veinte centímetros (20 cm), de piedra procedente de machaqueo, con dimensiones medias no inferiores a quince centímetros (15 cm).

(2) Proceso de ejecución La piedra deberá cumplir las siguientes condiciones:

Ser homogénea, de grano fino y uniforme, de textura compacta, y capaz de soportar, sin desperfecto, una presión de cuatrocientos kilogramos de fuerza por centímetro cuadrado (400kgf/cm²).

Debe carecer de grietas, coqueras, nódulos y restos orgánicos. Dará sonido claro al golpearla con martillo.

Ser inalterable al agua y a la intemperie, y resistente al fuego.

Tener suficiente adherencia a los morteros.

El asiento se realizará sobre cama de arena, si bien el Director de la Interventoría podrán establecer su asiento sobre cama de concreto no estructural de 20 MPa, e incluso, el llagueado en puntos donde puedan ser removidas las piedras por el paso del agua.

Sección 2. Obras de drenaje transversal. Alcantarillas

Artículo 99. Alcantarillas

Es un elemento de carácter lineal que tiene como función la evacuación de aguas de un lado al otro de la plataforma con el fin de dar continuidad a las cuencas hidrológicas que cortan transversalmente la traza ferroviaria.

Estas obras podrán estar configuradas por los siguientes elementos:

- Tubos de concreto prefabricado que deberán cumplir las condiciones especificadas en la sección 1, Artículo 21 de estas especificaciones.
- Marcos prefabricados de concreto
- Marcos de concreto ejecutados in-situ

(1) Condiciones generales

En el caso de optar por tubo de concreto prefabricado la dimensión mínima bajo plataforma ferroviaria, correspondiente a caudales de paso muy pequeños será de tubos de 1,5 metros de diámetro, aunque normalmente se ubicarán de 1,8 ó 2 metros de diámetro nominal.

Para caudales apreciables y rasante ajustada es preferible colocar marcos de concreto de 2,5 x 1,25 metros.

Para caudales superiores se dispondrán marcos de concreto de 2,0 x 2,0 metros y el de 2,5 x 2,5 metros. Este último, además de funciones hidráulicas permitirá el paso de personas, vehículos ligeros y animales.

La dimensión máxima de marco de 6 x 6 m, es adecuada para el cruce con corrientes de agua de cierta entidad que discurran por cauces incisos bien definidos, o bien para permitir el paso de vehículos pesados como tractores y camiones.

Las obras de mayor envergadura se conciben como estructuras de puentes.

a) En muchos casos la solución de drenaje transversal más idónea no consiste en un conducto sino en una batería de conductos de categoría inferior, más fáciles de compatibilizar con la altura disponible del terraplén. Además, de esta forma se reparte más favorablemente el flujo, y se tiene un mejor aprovechamiento hidráulico de la sección de los conductos, cuando las máximas alturas tolerables de la lámina de aguas arriba son reducidas. Por el contrario los conductos múltiples tienen el inconveniente de un mayor riesgo de obstrucción, por lo que debe limitarse su uso a casos excepcionales.

b) Las obras de paso en los cruces de la vía con caminos y carreteras secundarias ubicadas en el entorno de la vaguada pueden en general utilizarse para el desagüe, puesto que en muchas cuencas, los cauces están habitualmente secos, e incluso los caudales de avenida son prácticamente nulos para los bajos períodos de retorno. Pueden complementarse con una cuneta o un tubo para aguas bajas, cuando así se considere oportuno.

c) Como regla general la disposición de obras de desagüe transversal se ajustará al perfil longitudinal de la vaguada, y en los extremos del conducto se deben disponer muros de cabecera y aletas al uso tradicional.

d) Cuando la altura del terraplén sea insuficiente para albergar el conducto mínimo en el talud de aguas arriba, pero no suceda lo mismo en el de aguas abajo, se puede recurrir a deprimir la solera de la embocadura y proceder con criterios hidráulicos al oportuno despeje del terreno hasta enlazar con la topografía natural.

Con un terraplén de altura insuficiente en ambos taludes, también la salida será deprimida y deberá disponerse un despeje análogo al de entrada, dotado de zanja de drenaje para evitar aterramientos. El proyecto de la rasante de la vía debe procurar evitar estas situaciones y cuando se presenten puede optarse por rebajar el criterio general del tamaño mínimo deseable fijado en 1,80 m y aceptar tubos de 1,50 m, e incluso si fuera necesario 1,20 m, antes que afrontar los problemas y los riesgos de las salidas deprimidas.

e) Debe prestarse atención a las posibles interferencias de los pasos elevados en el esquema circulatorio de las crecidas, e incorporar a sus terraplenes las oportunas obras de drenaje cuando resulte pertinente.

f) El cerramiento de la franja de terreno reservada al tren, que se hace con tela metálica, debe retranquearse por detrás de los extremos de las obras de desagüe a fin de evitar que las brozas y flotantes queden retenidos en dicha tela y obstruyan la circulación de las aguas.

(2) Proceso de ejecución

En función de las conclusiones de los estudios geotécnicos realizados previamente en la zona de ubicación de una obra de drenaje transversal, se realizarán mejoras del terreno si fueran necesarias, con el fin de asegurar la estabilidad vertical y la capacidad portante del mismo.

En caso de presencia de agua o nivel freático elevado, se podrán realizar actuaciones como saneos de 1 a 2 metros de altura, desde la cota de inicio del terraplén y posterior relleno con material pétreo tipo escollera, protegida con geotextil.

En el caso de disposición de tubos de concreto prefabricados se dispondrá, como cimiento, una base de concreto en masa de 15 ó 20 MPa de resistencia característica, que deberá tener la pendiente correspondiente a la obra de drenaje y un espesor mínimo de 20 cm, dejando espacio para el sobre espesor o campana que puedan tener los tubos.

En el caso de marcos prefabricados también se dispondrá como cimiento mínimo una base de concreto en masa con las mismas características especificadas en el párrafo precedente, sobre la que se dispondrán los cajones prefabricados y se ejecutarán sus juntas.

En el caso de marcos de concreto ejecutados “in-situ”, la cimentación de la obra estará formada por una pequeña base de concreto de limpieza de resistencia mínima 15 MPa, sobre la que se ejecutará,

posteriormente, la solera de concreto o losa. Tras ello se levantarán los hastiales y posteriormente con sistema de cimbrado se ejecutará el dintel o losa superior de concreto.

Todas las alcantarillas dispondrán de cabezotes o aletas a su entrada y salida, que tendrán la función principal de sostener las tierras del terraplén colindante y se ejecutarán cuando se encuentra finalizado el cuerpo de la obra. Estos elementos deberán contar con una cimentación adecuada para evitar vuelco o hundimiento, normalmente materializada mediante zapata corrida.

Finalmente también se dispondrá a la entrada y salida de todas las alcantarillas, el rastrillo, que se constituye como un elemento lineal, prismático y normalmente de sección rectangular, de concreto reforzado y que tiene la función de evitar la erosión por parte del agua circulante, de la parte inferior inicial y final de la obra de drenaje.

También será conveniente disponer un elemento en la parte superior de entrada y salida de marcos a modo de imposta o elemento contenedor de tierras del relleno superior.

Tras la ejecución de la obra de drenaje se procederá al relleno de tierras en el terraplén del que forma parte mediante las especificaciones de obras de tierra. Se tendrá especial cuidado en las labores de compactación de tierras anexas a los cabezotes para no dañarlos.

En el caso de que la pendiente de la cuenca en la entrada de la alcantarilla sea muy pronunciada, se deberá ejecutar un cuenco amortiguador de energía de concreto.

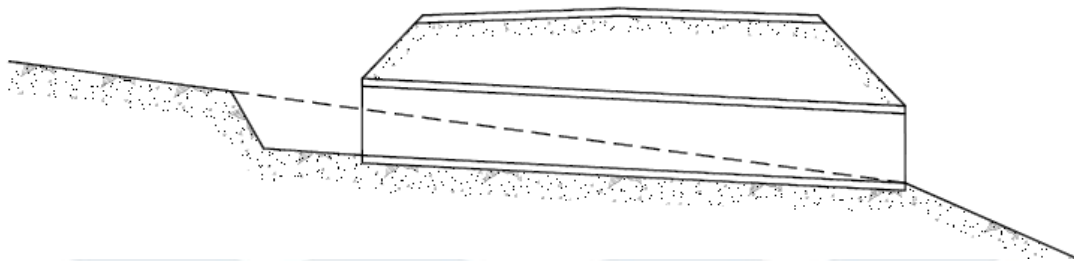


Figura 28.1. Esquema de una obra de drenaje transversal o alcantarilla en media ladera

3.5 INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA. RECOMENDACIONES GENERALES

Sección 1. Elementos que integran la superestructura ferroviaria

Artículo 100. Los elementos que integran la superestructura ferroviaria son el balasto, el durmiente, el sistema de fijación o sujeción entre riel y durmiente y el riel o carril.

En esta sección únicamente se determinarán especificaciones generales para la puesta en obra de los elementos durmiente, sistema de fijación y riel.

Las especificaciones para la puesta en obra del balasto se encuentran contenidas en el apartado **3.7 Especificaciones para el balasto** de esta normativa.

Sección 2. Logística de suministros de componentes a obra

Artículo 101. Suministro del doble tratamiento superficial y de imprimación.

Como operación anterior al vertido de balasto sobre la infraestructura ferroviaria, será recomendable la aplicación de un doble tratamiento superficial y riego de imprimación sobre la capa de subbalasto dispuesta en la plataforma, con el fin de sellarla y evitar contaminaciones de la misma.

El doble tratamiento superficial (DTS), riego con gravilla del 90% de la superficie y riego de imprimación del 10% de la superficie, se realizará sobre la traza en los tramos de subbalasto (no se extenderá sobre viaductos ni túneles) y el Contratista será el encargado del transporte y el vertido directo de esta capa.

Artículo 102. Suministro de balasto.

El balasto se llevará a los acopios ubicados a lo largo de la traza y se entregará al Contratista previa firma de un acta de entrega. Las cantidades a suministrar en cada acopio serán según acuerdo entre el Suministrador y el Contratista, conforme al Plan de Obra.

Artículo 103. Suministro de durmientes.

Los durmientes se suministrarán a la traza, descargándose a lo largo de la misma tal y como indique el Contratista.

Artículo 104. Suministro de riel.

El riel se suministrará en las bases de montaje, en el acopio de riel, previa firma del acta de entrega.

El contratista deberá redactar un Plan de Suministro y montaje del riel que debe ser aceptado por la Interventoría.

A continuación se ofrecen unas recomendaciones de suministro que pueden ser modificadas por la Interventoría en caso de que existan alternativas viables referentes a la longitud de las barras elementales de riel y la conformación de soldaduras entre barras con maquinaria fija o móvil especializada.

Si el proyecto ha definido una vía en barra larga soldada, la longitud de las barras que se suministrarán dependerá del modo de suministro:

- Si se dispone de tren carrilero, la longitud de las barras será la máxima posible que permita el tren. Es habitual que esta longitud sea entre 90 m y 270 m.
- Si no se dispone de tren carrilero, la longitud de las barras será la que permita el transporte carretero, no inferior a 18 m.,

Si el proyecto ha definido una vía embridada o unida mediante bridas, las barras normalmente serán de la máxima longitud permitida por el transporte carretero, no inferior a 18 metros de longitud.

En el caso de vía en barra larga soldada, el proyecto o la Interventoría definirán el procedimiento para la conformación de la barra larga en la vía, que podrá realizarse combinando los siguientes procedimientos:

- Mediante soldadura eléctrica en plantas fijas de soldadura instaladas en la obra. En este caso el contratista debe disponer de un tren carrilero para transportar el riel largo al frente de trabajos, realizando el tendido del riel en vía principal o en vía paralela, según el caso.
- Mediante soldadura aluminotérmica entre las barras que se hayan tendido según lo indicado en el punto anterior. Este procedimiento es muy adecuado si la longitud de las barras tendidas en la vía es del orden de 270 m.
- Mediante soldadura eléctrica con maquinaria móvil especializada entre las barras que se hayan tendido en la vía. Normalmente este procedimiento se emplea cuando no se dispone de tren carrilero y no se ha podido conformar una barra larga, por lo que la longitud de las barras tendidas está entre 18 y 24 m. En este caso la Interventoría decidirá sobre la idoneidad de realizar soldaduras aluminotérmicas complementarias, ya que la soldadura de rieles con arco eléctrico (donde no hay aporte de material) realizada en la vía no es de tanta calidad como la aluminotérmica (donde sí que hay aporte de material).

Todas las actividades siguientes serán responsabilidad del Contratista:

- Carga de las barras en la Base de Montaje
- Transporte de dichas barras hasta su lugar de ubicación en la traza mediante plataformas.

- Descarga de las barras a lo largo de la traza mediante el empleo de los útiles adecuados.
- La tracción ferroviaria de obras y maquinaria de montaje de vía también correrá a cargo del Contratista.

Artículo 105. Suministro de aparatos de vía

Los desvíos se suministrarán premontados en la losa de premontaje de desvíos, previa firma del acta de entrega.

Desde la zona de acopio en la base antes mencionada, el Contratista se encargará de todas las operaciones necesarias hasta su colocación definitiva en la vía, incluyendo el transporte hasta su lugar definitivo, con las cargas y descargas necesarias, el levante de la vía provisional, la preparación de la superficie de balasto, el tendido de los durmientes de la transición, los embreados provisionales y los bateos hasta la segunda nivelación más dos estabilizaciones dinámicas, perfilado y limpieza. Además corren a cargo del Contratista las operaciones adicionales de suministro e instalación de murete guardabalasto y engrase de aparatos.

Sección 3. Procedimiento de instalación por fases

Artículo 106. Las actividades que se desarrollarán para el montaje de vía son las siguientes:

1. Sistema de Replanteo de Vía
2. Acceso a la traza de materiales
3. Topografía. Implantación de red secundaria de hitos centrada. Colocación de piquetes Toma de datos de la plataforma para comprobación y encaje de la rasante.
4. Extendido del lecho de balasto
5. Posicionado de durmiente
6. Montaje del esqueleto
7. Primera nivelación
8. Soldadura
9. Liberación de tensiones
10. Segunda nivelación y perfilado de vía
11. Estabilización dinámica

Artículo 107. Sistemas de marcaje y replanteo.

(1) Se aportan las directrices para replantear el extendido del lecho de balasto y conseguir la posición definitiva de la vía. Para algunas de las fases de ejecución de la obra se emplean métodos clásicos de

topografía, que quedarán descritos esquemáticamente por ser sobradamente conocidos. La posición absoluta de la vía debe estar siempre determinada, dentro de las tolerancias exigidas en el Proyecto, y poderlas reproducir en cualquier momento. Esta determinación se apoya en puntos de marcaje exteriores a la vía los cuales se podrán determinar de forma previa (a obtener por métodos topográficos a partir de vértices geodésicos).

(2) Independientemente del método que se utilice para posicionar la vía, estas referencias deberán quedar correctamente materializadas y documentadas para facilitar el posterior mantenimiento de la vía.

Los puntos de marcaje se situarán en unos hitos metálicos que sirven de soporte, describiéndose la configuración de los mismos en posteriores apartados.

En el caso de que tuviesen que añadirse nuevos vértices a la Red de vértices comentada en (1), se efectuaría esta operación, siguiendo las siguientes consideraciones:

Los nuevos vértices deberán encontrarse fuera de la explanación de la vía, pero cerca de la misma y tal que, desde cada vértice pueda divisarse el anterior y el posterior; deberán además estar dentro de la zona de expropiación.

Los lados de la poligonal básica, de la que forman parte los nuevos vértices, tendrán una longitud de 800 a 1.000 m aproximadamente.

Las nuevas coordenadas se calcularán a partir de los restantes vértices de la Red Básica bien por métodos clásicos topográficos, bien por GPS.

Los nuevos vértices estarán formados por una base de concreto de 1x1x1 m llevando en el centro un tubo de uralita anclado a la base de 20 cm de diámetro y 1,20 m de altura macizado de concreto donde recibe en el centro de la parte superior la pieza de bronce de centrado fijo y un clavo en la base para nivelación

(3) Puntos de referencia.

Para poder posicionar la vía mediante este método, es necesaria la colocación de puntos de marcaje y piquetes.

Se implantarán en la vía los puntos de marcaje y una serie de piquetes que se utilizarán como puntos intermedios de replanteo. Las coordenadas de ambos se obtendrán apoyándose en la Red de vértices.

Para vía doble los puntos de marcaje se disponen a ambos lados de la traza, siendo la distancia de los mismos al eje de la vía más próxima de 3,3 m, aproximadamente.

En el caso de vía única se dispondrán únicamente a un lado de la traza a una distancia del eje de la vía de 3,3 m.

Los puntos de marcaje cada 60 m estarán formados por un perfil metálico IPN-100 o similar de 2,00 m de longitud hincado en el terreno 0,80 m y bulón de marcaje metálico situado a una altura de 15 cm por encima del riel del hilo alto e identificación de datos de alineación, nivelación y peralte incluidos.

Los piquetes se colocarán en los tramos en curva y en los acuerdos verticales mientras que los puntos de marcaje estarán en todo el tramo, ambos situados a ambos lados de la traza, siendo la distancia de los mismos al eje de la vía más próxima de 3,3 m, aproximadamente.

Mediante métodos clásicos de topografía, se marcará primero el punto donde debe hincarse el piquete, y una vez hincado se le dará las coordenadas exactas, anotando también la distancia al borde activo del riel más cercano.

Los piquetes serán angulares de 40 x 40 mm y estarán anclados por medio de unas pequeñas zapatas de concreto de 30 x 30 x 30 cm que irán embutidas en el subbalasto.

(4) Replanteo en planta.

Mediante el flechado de la vía se conseguirá alcanzar la alineación correspondiente. Esta alineación se ubicará en su posición absoluta mediante la medición de distancia lateral a piquetes y puntos de marcaje.

En los levantes previos al estado de 1ª Nivelación, es suficiente la lectura de los datos que se obtengan de la bateadora y de las mediciones de distancia lateral, si bien se realizarán cuantos sondeos sean necesarios, a juicio del Director de Interventoría, para asegurar el correcto posicionado de la vía.

Alcanzado el estado de 1ª Nivelación se procederá a flechar manualmente la vía, en un porcentaje que fijará la Dirección de la Interventoría, para descartar posibles desviaciones que pudiera cometer la bateadora.

Además se medirán la distancia lateral a todos los piquetes y puntos de marcaje. Como alternativa al procedimiento manual, se podrán emplear procedimientos de comprobación de nivelación con carros auscultadores de vía especializados, dotados con tecnología GPS y registro informatizado de datos.

Previo a la recepción de la vía se flechará manualmente el 100% de la longitud del tramo adjuntando los datos que proporcione la bateadora. Se medirán nuevamente las distancias laterales a todos los piquetes y puntos de marcaje.

El flechado de la vía se realizará utilizando cuerda de 20 m cada 5 m. Para el procedimiento de flechado manual se utilizarán asas y cuerda de flechado.

Para la medición de la distancia lateral, se puede emplear un perfil de aluminio dotado de nivel de burbuja que asegure la horizontalidad en el momento de tomar la medida.

Apoyándolo en el piquete o punto de marcaje se medirá la distancia hasta la cara activa del riel más cercano. Cada estado de nivelación de la vía deberá cumplir las tolerancias recogidas en el Proyecto.

(5) Replanteo en alzado

En los levantes previos al estado de 1ª nivelación se tomará la cota del hilo bajo apoyándose en las referencias existentes en puntos de marcaje y piquetes, mediante la medición del peralte se determinará la posición del hilo alto, si bien se realizarán cuantos sondeos sean necesarios, a juicio del Director de la Interventoría, para asegurar el correcto posicionado de la vía.

A partir de la 1ª nivelación se tomará la cota del hilo bajo y el peralte cada 5 m, en el porcentaje que fije el Director de la Interventoría.

Previo a la recepción de la vía se tomará la cota del hilo bajo y el peralte cada 5 m en el 100 % de la longitud del tramo.

Cada estado de nivelación de la vía deberá cumplir las tolerancias recogidas en el Proyecto.

(6) Puntos de referencia.

Para la aplicación de esta metodología solo es necesario implantar los puntos de marcaje en todo el tramo cada 60 m, dándoles coordenadas desde la Red de vértices.

Para vía doble los puntos de marcaje se disponen a ambos lados de la traza, siendo la distancia de los mismos al eje de la vía más próxima de 3,3 m, aproximadamente.

En el caso de vía única se dispondrán igualmente a cada lado de la traza, a una distancia del eje de la vía de 3,3 m.

El tratamiento que se dará a los puntos de marcaje es el siguiente:

Se marcarán con pintura indeleble o, mediante pequeñas incisiones con sierra, las cotas cabeza de riel tanto del hilo bajo como del alto. Se aconseja realizar las incisiones con sierra ya que posteriormente son de gran utilidad para llevar a cabo las mediciones.

Se colocarán mediante remaches unas placas identificativas en las que vendrá indicada la distancia desde el punto de marcaje hasta la cara activa del riel más próximo. En los piquetes situados en los principios o finales de curvas de transición o acuerdos verticales deberá venir indicado además el radio de la curva y el peralte.

Los puntos de marcaje deben estar situados en la traza y con sus coordenadas obtenidas antes del extendido del lecho de balasto.

En el caso de muros, hastiales de obras de fábrica o túneles, se utilizarán unos anclajes especiales que permitan colocar el prisma o reflector tipo estándar.

Se colocarán piquetes en el principio y final de cada curva de transición y acuerdo vertical.

En cada levante se comprobará mediante la distancia lateral de la cara activa del riel a los puntos de marcaje que la posición absoluta de la vía es correcta.

(7) Método en planta.

Para asegurar la máxima precisión del sistema se recomienda la utilización de estaciones totales monitorizadas.

Una vez obtenida las coordenadas de todos los puntos de marcaje, se procederá al levantamiento de los puntos de riel. Se estacionará la estación total mediante el método de estacionamiento libre, eligiendo una zona de trabajo que abarque entre 200 a 250 m a ambos lados del estacionamiento libre. Para la obtención de las coordenadas de estacionamiento, se leerán del orden de 6 a 10 puntos de marcaje con prisma y se comprobará que los errores residuales de las coordenadas obtenidas sean lo suficientemente bajos para poder obtener buenas precisiones. El método de estacionamiento libre permite eliminar el mayor error cometido que será la altura de instrumento, de esta forma no será necesario tomar por métodos clásicos la altura de instrumento. Las precisiones que se obtendrán con este método para el estacionamiento serán inferiores a los 2 mm en los tres ejes (x, y, z).

Posteriormente se tomarán las coordenadas x, y, z de la cara activa del hilo bajo de la vía.

Para ello, resulta recomendable utilizar un carro de toma de datos con prisma que empujado sobre la vía, permite también medir trocha y peralte asociando estos datos a las coordenadas correspondientes. Así se mejora el rendimiento y precisión de la toma de datos, pudiendo tomar puntos con la cadencia deseada (recomendable entre 10 y 20 m) y obteniendo un conjunto de coordenadas que sirven para calcular la geometría de la vía actual y su rectificación para alcanzar la posición y geometría teórica. Con estos datos se generarán ficheros para poder incorporarlos en los ordenadores de la maquinaria de bateo. Con la adecuada adaptación de lenguajes de software se calcularán las flechas a partir de las coordenadas X e Y, y se efectuará la rectificación de la vía con la bateadora en control automático.

Previo a cada bateo es necesario leer los datos de la vía para llevarla a su posición definitiva en coordenadas absolutas, si bien, cuando se trate solo de corregir flechas y peraltes, se podrá trabajar con los datos de la última lectura efectuada con el fin de no disminuir excesivamente el avance del replanteo.

Se elaborarán listados con datos de la vía cada 5 m.

En cada levante se comprobará mediante la distancia lateral de la cara activa del riel a los puntos de marcaje que la posición absoluta de la vía es correcta.

Artículo 108. Montaje de vía sin vía auxiliar.

Es un procedimiento de descarga y clavado de rieles en la vía directora (habilitando el avance del tren carrilero) mediante un sistema de arrastre de riel sobre rodillos.

Los apartaderos, segunda vía principal y otras vías paralelas pueden construirse a partir de la vía principal con el mismo procedimiento aquí descrito, solo que la descarga del riel con el tren carrilero no es frontal, sino lateral, desde la vía principal ya montada.

(1) Con el montaje de la vía directora se consiguen dos objetivos:

El avance del montaje de vía sin necesidad de vía auxiliar y

El montaje de la vía paralela, utilizando plataformas de descarga lateral unidas a la cola del tren carrilero.

(2) Proceso de ejecución

Implantación de la red secundaria de hitos de centrado forzoso.

Reparto de durmientes. El reparto se distribuye en ambas márgenes de la plataforma.

Los durmientes puestos en obra son apoyadas sobre durmientes de madera, de tal forma que se permita el extendido del lecho de balasto y no sufran ningún deterioro.

Extendido del lecho de balasto. El suministro a la traza se realiza con camión desde el acopio. Se extiende, de una sola pasada y en toda su anchura, una capa uniforme de unos 100 mm de espesor sobre la limatesa de la plataforma de subbalasto, formando un plano horizontal, por medio de una extendidora de balasto controlada en planta y alzado por un cable guía fijado al borde de la plataforma, apoyándose el cable en dicho borde con palpadores. Esta capa conforma un tercio aproximadamente del espesor total de la banqueta, variable en función del espesor de balasto bajo durmiente.

Se rebaja el balasto en la zona central del eje de ambas vías (surco) para evitar daños en los durmientes.

Posicionamiento de durmientes. Tanto en vía directora como en paralela, el posicionado de durmientes se realiza tras el avance del lecho de balasto.

La colocación de durmientes en su posición definitiva sobre el lecho de balasto se realiza por medio de una retroexcavadora sobre orugas equipada con útil de descarga o similar.

El montaje de vía no podría realizarse de forma correcta si no se garantiza una buena alineación y distribución de durmientes previamente.

Montaje de vía en esqueleto. Desde la losa de descarga de la Base de Montaje se carga el riel, el cual se encuentra acopiado en barra larga de 270 m de longitud aproximada o bien en barras cortas de longitud mínima de 18 m, en su caso. A título orientativo, el rendimiento habitual de montaje en vía directora es de 1.890 m (14 barras) al día y 3.240 m (24 barras) en vía paralela.

Descarga de rieles. La descarga de riel sin vía auxiliar requiere:

1. Colocación de rodillos sobre durmientes
2. Descarga del carril/riel sobre rodillos con grúa sobre orugas.
3. Levante y traslado de rodillos al siguiente tajo.

Posicionado en vía y sujeción de rieles. En la vía, una vez retirados los rodillos, se procede a la sujeción del riel.

Se comprueba, acto seguido, la posición de los durmientes y la trocha.

Los rieles se colocan con las juntas centradas entre dos durmientes para permitir la soldadura posterior sin tener que desplazar los durmientes.

El alma riel no puede ser taladrada bajo ningún concepto, por tanto, se unen las barras después de la descarga con bridas especiales que abrazan cada riel, tanto lateral como longitudinalmente. Las juntas entre barras se realizan con eclisas especiales diseñadas para tal fin, las cuales abrazan las barras, no solo por el alma, sino por el patín también.

A medida que se va avanzando y la vía queda en esqueleto, se va abrigando ésta con balasto mediante tolvas, para evitar deformaciones en la misma.

Primera nivelación. La primera nivelación consiste en realizar las descargas de balasto y los levantes necesarios para dejar la vía en situación definitiva en planta y a la cota necesaria para primera nivelación, teniendo en cuenta que tras el 2º levante se realiza una estabilización.

Soldadura. Cuando la vía ha alcanzado la cota de levantes previos, se procede a la realización de las soldaduras aluminotérmicas en barras de 270 m., dejando una cala cada 1.080 m. para posteriormente neutralizar.

La ejecución de las soldaduras ha de realizarse por soldadores homologados por el Administrador Ferroviario u organismo acreditado.

El 100 % de soldaduras han sido controladas mediante control visual, geométrico, líquidos penetrantes y ultrasonidos.

Los resultados de dichos controles se deben guardar como resultado final de los ensayos de control de calidad. Así como los partes diarios realizados por los soldadores.

Neutralización. La liberación de barra larga soldada se ha realizado según el ritmo impuesto por el desarrollo de las obras, una vez superado el levante de la primera nivelación y antes del paso del estabilizador dinámico.

La temperatura de liberación de tensiones depende del tramo en el que se ubique la actuación. La liberación de tensiones se puede realizar tanto por calentamiento solar como por tracción del riel.

Segunda nivelación y perfilado de la vía. Para obtener la segunda nivelación se realiza la última descarga de balasto y el bateo necesario para dejar la vía en su situación definitiva, tanto en planta como en alzado.

Nivelación complementaria

La nivelación complementaria se realiza lo más tarde posible al final de los trabajos, después de la rectificación de las barras largas soldadas, y debe permitir la circulación a la velocidad de homologación de la línea, y antes del amolado del riel previo a la puesta en servicio, en caso de haberse previsto.

Comprende el aporte de balasto necesario y su perfilado.

Perfilado de la vía

Esta operación comprende el perfilado de la banqueta de balasto, de los paseos y las cunetas sin revestir, caso de existir, con el objeto de que la vía quede totalmente terminada y con buen aspecto. También se incluye la retirada de cualquier material sobrante que no haya sido eliminado previamente.

En las zonas de aparatos de vía, balizas y sistemas de seguridad, conexiones eléctricas o cualquier elemento que lo necesite, se completa el perfilado manualmente de forma que dichos aparatos y conexiones queden libre de piedras y suficientemente limpios para que puedan cumplir adecuadamente su función.

Estabilización dinámica de la vía. La estabilización dinámica consigue de forma artificial la compactación del balasto colocado debajo de los durmientes y alrededores.

Con esta actividad se logra un efecto de compactación del balasto equivalente al obtenido con el paso por las vías de unas 100.000 t brutas.

De esta forma se puede realizar la 2ª nivelación y el perfilado definitivo inmediatamente, sin tener que mantener inmovilizados los equipos en espera del tiempo necesario para que circulen las 100.000 t.

No obstante, la Interventoría podrá obviar la estabilización dinámica del balasto con maquinaria de vía estabilizadora si, una vez puesto en servicio, controla el paso de circulaciones equivalentes 100.000 t a velocidad restringida.

Esta operación se realiza en tres fases:

- Después del primer levante y con una frecuencia de 30-35 Hz.
- Después de la 1ª nivelación y a carga constante de 100 BAR y una frecuencia de 30-35 Hz.
- Una vez realizada la 2ª nivelación con una frecuencia de 30 a 35 Hz y carga constante de 100 BAR

Artículo 109. Las tolerancias para estos procesos se encuentran recogidas en el apartado 4.8 *Calidad de la vía* de estas Especificaciones.

3.6 INSTALACIÓN DESVÍOS, CAMBIAVÍAS Y APARTADEROS. RECOMENDACIONES GENERALES

Sección 1. Instalación de cambiavías

Artículo 110. Condicionantes que determinan la instalación de desvíos o cambiavías.

En planta los desvíos serán situados en alineación recta y, excepcionalmente, en curva circular, nunca en curva de transición. Los desvíos no deben montarse en acuerdos verticales cuyo radio de curvatura sea inferior a 10.000 metros.

El equipo de montaje debe disponer de los útiles, maquinaria, medios materiales necesarios y personal cualificado en número suficiente.

El replanteo debe estar terminado y perfectamente definido. Se tendrá gran precaución en no variar las referencias.

Habitualmente, antes de montar un desvío, se habrá dado continuidad a la línea mediante la colocación de durmientes de madera sobre tacos conformar una vía provisional que permita la circulación de trenes de trabajo, y que habrá que retirar.

Artículo 111. Procedimiento de montaje de un aparato de vía (cambio, travesía, bretelle, descarrilador o de dilatación), premontado o no en taller.

Este procedimiento se recomienda en ausencia de otro que pueda optimizar el tiempo y costos de su instalación.

Descarga de materiales y organización de equipos: maquinaria y útiles, previsión de acceso de la maquinaria, recursos humanos, personal especialista en vía, mandos y personal auxiliar; singularidades.

Replanteo: toma de datos, cálculos, referencias y fecha límite de terminación

Carga y descarga de pórticos de instalación. Es recomendable que se utilicen grúas pórtico que se puedan desplazar de modo lineal a lo largo de la zona de instalación de los aparatos de vía, aunque también se pueden utilizar otros medios como grúas simples o camión-grúa, aunque permiten menos autonomía.

Carga del aparato, premontado o no, sobre la plataforma en base de trabajos

Transporte y descarga hasta el punto de instalación en vía o de montaje, según el caso

Acondicionamiento de zona de premontaje. Si es necesario premontar el aparato porque no se ha realizado en taller, es conveniente disponer de una zona amplia para la operación que se encuentre lo más cerca posible del punto de instalación en la vía pero no entorpezca otros trabajos o circulaciones ferroviarias que pudieran existir.

Premontaje y levante del aparato de vía con pórticos o grúas. Para ello debe estar completamente alineado y apoyado sobre superficie recta.

Levante de la vía provisional, en caso de que se haya dispuesto previamente

Preparación de la superficie de balasto. Se deberá rebajar el nivel de la capa de balasto hasta la cota prevista de disposición de los durmientes del desvío en toda el área afectada.

Tendido de los durmientes de transición, que deberán estar numerados con el fin de facilitar su correcta disposición. Se tomarán referencias de las posiciones inicial y final del aparato, de modo que se tengan puntos de referencia iniciales en un área adyacente para la correcta colocación de los durmientes.

Montaje in-situ de los durmientes.

Embridado provisional

Montaje de aparato con pórticos de vía o grúa.

Soldadura de los rieles de las diferentes partes del aparato según las especificaciones del fabricante y soldadura o eclisado de unión a las vías en los que se instala el aparato.

Para los cambios, travesías, bretelles y descarriladores, montaje y regulación de motores de accionamiento, cerrojos y comprobadores de agujas.

Sección 2. Apartaderos

Artículo 112. Los apartaderos son vías que sirven para el apartado de composiciones ferroviarias en estaciones, apeaderos o tramos férreos configurados en vía única. Sus funciones principales son la carga y descarga de pasajeros o mercancías, el estacionamiento de trenes o su apartado para que sean adelantados por otros más rápidos.

Artículo 113. La configuración constructiva de un apartadero se compone básicamente de un cambiavía inicial que le da acceso, a un tramo de vía recta o curva que lo materializa y otro cambiavía al final para volverlo a conexionar con la red general. Debido a esta composición, su instalación se traduce en la instalación de dos cambiavías y una vía que los una. Sin embargo en líneas de apartadero de gran longitud (como sucede en el transporte de carga), suele instalarse dos cambios más en el centro (también llamado escape), para permitir a los trenes más cortos volver antes a la línea principal.

3.7 ESPECIFICACIONES PARA EL BALASTO

Sección 1. Prescripciones técnicas generales para el balasto

Artículo 114. Origen y naturaleza del balasto 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 o de otro tipo.
- La reutilización de balasto procedente de obras ferroviarias.

Las rocas para extracción del balasto serán de naturaleza silícea y, preferentemente, 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).

Tampoco se admitirá balasto constituido por cantos rodados ni por mezcla de rocas de diferente naturaleza geológica.

Artículo 115. Granulometría del balasto.

El tamaño del balasto debe designarse mediante el par de tamices con tamaños de abertura de luz cuadrada d y D (mm), designando como tamiz límite inferior a aquel cuya dimensión de abertura es d , y como tamiz límite superior a aquel cuya abertura es D . Entre este par de tamices se encuentra la mayor parte de la distribución de tamaños de las partículas. El balasto estará compuesto en su mayor parte por elementos de piedra partida cuyos tamaños estarán comprendidos entre los tamices de treinta y uno y medio (31,5) milímetros y cincuenta (50) milímetros.

Se emplearán tamices con las siguientes aberturas de luz cuadrada aproximada: 22,4; 31,5; 40; 50; y 63 mm.

La conveniencia de obtener una curva granulométrica bien graduada para el balasto se deriva de la necesidad de conseguir un mayor número de contactos entre partículas, lo cual origina en las mismas un número menor de roturas por dichos contactos y, consecuentemente, un inferior asentamiento de la superestructura.

La curva granulométrica se determina mediante tamices de chapa con agujeros cuadrados de las aberturas mencionadas. El tiempo de tamizado manual debe ser el suficiente para asegurar la completa clasificación del material. Las fracciones retenidas por cada tamiz deberán pesarse en balanza con precisión de un (1) gramo.

La muestra para el ensayo se preparará por cuarteo de la muestra global o colectiva, formada con las muestras unitarias o individuales obtenidas según el apartado 3.3. Se realizará el ensayo con la totalidad de dicha muestra (≥ 40 kilogramos).

El balasto es un material cuya granulometría está casi totalmente integrada dentro del tipo que se denomina grava gruesa.

Tamaño nº (ver nota 1)	Tamaño nominal del tamiz	% que material que pasa por el tamiz									
		3''	2½''	2''	1½''	1''	¾''	½''	d''	Nº 4	Nº 8
24	2½''-¾''	100	90-100	-	25-60	-	0-10	0-5	-	-	-
25	2½''-d''	100	80-100	60-85	50-70	25-50	-	5-20	0-10	0-3	-
3	2''-1''	-	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-
4ª	2''-¾''	-	100	90-100	60-90	10-35	0-10	-	0-3	-	-
4	1½''-¾''	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
5	1''-d''	-	-	-	100	90-100	40-75	15-35	0-15	0-5	-
57	1''-Nº 4	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
<p>Nota 1: Los números 25, 2, 3, 4ª y 4 son graduaciones de balasto para líneas principales</p> <p>Los números 5 y 57 son graduaciones de balasto de vías en talleres y cocheras</p>											

Tabla 44.1 Recomendaciones de usos granulométricos para diferentes tipos de balasto, según la norma AREMA

Artículo 116. Partículas finas que contendrá el balasto.

La piedra partida del balasto estará limpia de partículas finas y polvo procedente de su machaqueo o de elementos granulares del suelo. El polvo actúa como lubricante, en especial cuando el balasto está húmedo, lo cual minora el coeficiente de fricción de las partículas del mismo y produce asentamientos en la banqueta.

El ensayo para su determinación se realizará mediante tamizado en vía seca. Se exceptúan los casos indicados en el artículo siguiente, en los que el ensayo se hará por vía húmeda.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, se exigirán los siguientes valores:

Lugar de recepción del lote de balasto	Porcentaje de peso total de la muestra que pasa por el tamiz 0,50 mm
En el centro de producción	≤ 0.6 %
En obra o acopio intermedio	≤ 1 %

Tabla 45.1. Contenido en partículas finas del balasto

Artículo 117. Contenido en finos (polvo) del balasto

El ensayo para su determinación se realizará mediante tamizado en vía húmeda, en los casos siguientes:

Cuando se observen claros síntomas de contaminación por finos (adherencias de polvo húmedo, barro, arcillas, etc.) en las piedras de balasto.

Cuando lo juzgue necesario el Director de la Interventoría.

Cuando el ensayo de determinación de partículas finas refleje un contenido de éstas superior al 0,6% del peso total de la muestra tamizada en vía seca.

En los dos primeros casos, se realizará directamente el tamizado por vía húmeda, reflejando los dos valores (partículas finas y finos), por lo que no será necesario realizar el tamizado por vía seca. En el tercer caso, se realizará el ensayo de finos a continuación del ensayo de partículas finas, complementando el mismo con las operaciones pertinentes.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, se exigirán los siguientes valores:

Lugar de recepción del lote de balasto	Porcentaje de peso total de la muestra que pasa por el tamiz 0,063 mm
En el centro de producción	≤ 0.5 %
En obra o acopio intermedio	≤ 0.7 %

Tabla 46.1. Contenido en finos del balasto

Artículo 118. Forma de las partículas de balasto

(1) El coeficiente de rozamiento entre las partículas de balasto está condicionado, entre otros factores, por la forma de éstas y sus caras de fractura. Por ello, las formas poliédricas de fracturas vivas dificultan el resbalamiento entre partículas y la consiguiente deformación plástica de la banqueta. Por otra parte, las partículas con una dimensión dominante sobre alguna de las otras dos se fraccionan fácilmente, por lo que éstas alteran la granulometría y se acoplan más densamente al paso de los trenes, dando lugar también a deformaciones de la banqueta.

(2) Las partículas que forman el balasto tendrán formas poliédricas definidas por caras de fractura con aristas vivas, con la dimensión mayor no superior a tres (3) veces la dimensión menor (espesor). Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, el porcentaje en peso de elementos no cúbicos (cuya longitud mayor sea superior a tres veces la longitud menor o espesor), con respecto al total retenido por el tamiz de 22,4 mm, será $\leq 10 \%$.

(3) El espesor mínimo en balasto será de veinticinco (25) milímetros. Se admite un tanto por ciento de la masa total de la muestra ensayada (≥ 40 kilogramos), con espesores comprendidos entre esta medida y dieciséis (16) milímetros, en función del coeficiente de Desgaste Los Ángeles, y se determina a través de la fórmula:

$$C \leq 39.5 - \text{CLA}, \text{ teniendo que ser siempre } C \leq 27 \quad (47.1)$$

Siendo:

C = Porcentaje admisible de la masa de elementos con espesor comprendido entre veinticinco (25) y dieciséis (16) milímetros.

CLA = Coeficiente de Desgaste Los Ángeles. En general, deberá ser siempre $\text{CLA} < 16$

El máximo valor admisible de la masa de elementos comprendidos entre el tamiz de barras de 25 mm y el de 16 mm (EM25-16) no excederá nunca del veintisiete (27) por ciento.

Así mismo, la masa de elementos que pasan por el tamiz de dieciséis (16) milímetros (EM<16), no deberá ser superior al cinco (5) por ciento respecto de la masa total de la muestra ensayada.

Artículo 119. Longitud de las piedras de balasto

El ensayo se realizará midiendo con calibres o galgas apropiados, las dimensiones máximas de los elementos que componen una muestra de balasto superior a 40 kg.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, el porcentaje de piedras cuya longitud máxima sea superior a 100 mm será $\leq 4 \%$.

Sección 2. Recepción del balasto en obra

Artículo 120. Los ensayos de recepción se realizarán sobre lotes situados en el centro de producción (que hayan pasado el control de producción del fabricante, y estén perfectamente delimitados y asignados al Comprador), en acopios intermedios o en la obra. Serán realizados a iniciativa del Comprador y costeados por éste.

El Comprador constituirá un archivo documental de todos los controles realizados, que estará en todo momento a disposición de la Dirección de la Interventoría.

A efectos de control, el material elaborado se dividirá en lotes de recepción, definidos cada uno por la menor de las dos cantidades siguientes:

Volumen de 500 m³. Para el caso de balasto con distintivo de calidad reconocido oficialmente por el administrador de la infraestructura ferroviaria.

Volumen producido en una semana.

Para cada lote de recepción o conjunto de varios lotes se exigirá la presentación de toda la documentación referida a la denominación, descripción, identificación, etiquetado y marcados de calidad, en su caso. De toda esta documentación se destaca la siguiente:

Nº de identificación del lote y volumen del mismo.

Origen (centro de producción) y manipulaciones intermedias hasta la llegada a la obra.

Naturaleza y descripción de la roca.

- El tipo de balasto, según su resistencia al desgaste – fragmentación.
- Resistencia a la meteorización por la acción de la helada.
- Resistencia a la ebullición (Sonnenbrand)
- Liberación de sustancias radiactivas y/o peligrosas, según Norma UNE-EN 13450:2003.
- El certificado de Control de Producción de Fábrica (CPF) emitido por el Organismo Notificado.

Artículo 121. El plan de ensayos a realizar a cada lote de recepción será el siguiente:

- Análisis granulométrico.
- Partículas finas.
- Finos.
- Índice de forma.
- Espesor mínimo de los elementos granulares.
- Longitud de las piedras.
- Ensayo de desgaste de Los Ángeles.
- Determinación del porcentaje de partículas totalmente trituradas, en el caso de balasto procedente de reutilización.

Los resultados de todos los ensayos deberán cumplir las exigencias de la tabla siguiente. En caso de que un lote no cumpla alguna de ellas, el lote será rechazado.

Propiedad	Material para balasto					Ensayo ASTM
	Granito	Basalto	Cuarcita	Escoria de alto horno	Escoria de soldadura eléctrica	
% de material que pasa por tamiz n° 200	1%	1%	1%	1%	1%	C117
Densidad aparente (ver nota 2)	2.6	2.6	2.6	2.3	2.9	C127
Porcentaje de absorción de agua	1%	1%	1%	5%	2%	C127
Terrones de arcilla y partículas friables	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	C142
Degradación	35%	25%	30%	40%	30%	Ver nota 1
Consistencia a 5 ciclos de sulfato sódico	5%	5%	5%	5%	5%	C88
Partículas aciculares y lajas	5%	5%	5%	5%	5%	D4791
Nota 1: Materiales que tienen graduaciones de partículas retenidas en el tamiz de 1 pulgada deben ser ensayados según ASTM C535. Materiales que tengan graduaciones de partículas con el 100 % de paso por el tamiz de 1 pulgada deben ser ensayados por ASTM C131. Emplear la graduación más representativa del balasto Nota 2: El límite de la densidad aparente es un valor mínimo. Los límites para los restantes ensayos son valores máximos.						

Tabla 50.1 Valores límites recomendados de los ensayos de los materiales para balasto, según AREMA

Sección 3. Puesta en obra del balasto

Artículo 122. Puesta en obra del balasto en vía nueva.

El suministro a la traza se realiza con camión desde el acopio. Se extiende, de una sola pasada y en toda su anchura, una capa uniforme de unos 100 mm de espesor sobre la limatesa o borde de la plataforma de subbalasto, formando un plano horizontal, por medio de una extendedora de balasto controlada en planta y alzado por un cable guía fijado al borde de la plataforma, apoyándose el cable en dicho borde con palpadores. Esta capa conforma un tercio aproximadamente del espesor total de la banqueta, variable en función del espesor de balasto bajo durmiente.

Se rebaja el balasto en la zona central del eje de ambas vías (surco) para evitar daños en los durmientes.

Siempre se asegurará el espesor mínimo requerido bajo durmiente.

Artículo 123. Puesta en obra del balasto en renovación de vía

El suministro a la traza se realiza con tren-tolva desde el acopio y se va disponiendo a lo largo de la banqueta de la vía mediante maquinaria especializada como perfiladora o la propia bateadora de vía.

Siempre se asegurará el espesor mínimo requerido bajo durmiente.

3.8 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE LA VÍA. CALIFICACIÓN DE VÍA

Sección 1. Especificaciones de calidad de una nueva vía.

Artículo 124. Definiciones de parámetros de geometría de vía férrea.

- (1) Alabeo de la vía.-Considerando las cuatro ruedas de un vagón, o de un bogie de dos ejes, el alabeo de la vía en una sección transversal se define como la distancia existente entre el punto de apoyo teórico de una de las ruedas y el plano determinado por los puntos de apoyo reales de las otras tres, cuando el eje delantero se encuentra situado en la citada sección transversal. El alabeo, así definido, depende de la separación entre los ejes de las ruedas delanteras y traseras que se utilice para su determinación (base de medida). Para hacer comparable las medidas realizadas con diferentes bases, se divide la distancia entre el punto teórico de apoyo de la cuarta rueda y el plano definido por los puntos reales de apoyo de las otras tres por la longitud de la base, expresando el alabeo en milímetros por metro. El alabeo, teóricamente, sólo debe existir en las curvas de transición.
- (2) Alineación.-La alineación teórica de la vía viene determinada por la proyección horizontal del hilo director definido por el Proyecto o por el replanteo. Llevando una trocha a un lado de dicha proyección se obtiene la alineación teórica del otro hilo.
- (3) Ancho de la vía.-Es la distancia existente entre las caras activas de las cabezas de los rieles de la vía, medida a 14 milímetros por debajo de su superficie de rodadura para rieles UIC y a 16 mm (5/8") para rieles AREMA.
- (4) Nivelación longitudinal.-Parámetro que define la cota de la superficie de rodadura de un hilo de la vía, referida a un plano de comparación.
- (5) Nivelación transversal (peralte).-Es la diferencia de cota existente entre las superficies de rodadura de los dos rieles de una vía en una sección normal al eje de ésta.

Artículo 125 Tolerancias asumibles para cada una de las operaciones de primera nivelación de vía, tras su construcción.

En la siguiente tabla se describen las tolerancias previstas para cada una de las operaciones de primera nivelación, para cualquier tipo de vía férrea, independientemente de su velocidad de diseño.

TRABAJO	PARÁMETRO	TOLERANCIAS	
		DIFERENCIAS (mm)	VARIACIONES CADA 5 m (mm)
Primer levante de las nivelaciones previas	Alineación (ubicación respecto a proyecto)	±30 mm	10
	Nivelación longitudinal Cota teórica	+ 20 -30	10
	Peralte provisional	±10	6
	Trocha de vía cada 5 durmientes (tener en cuenta sobreancho en curvas)	-3 +5	-
Primera nivelación	Alineación (flechado con cuerda de 20 m cada 5 m)	En recta (o curva $r > 1500m$) ±4 En curva ($r < 1500m$) ±5	2 3
	Alineación por distancia lateral y piquetes de marcaje	±20	-
	Nivelación longitudinal (cota teórica)	0 -40	6
	Peralte provisional cada 5 m	±5	5
	Trocha de vía cada 5 durmientes (tener en cuenta sobreancho en curva)	-3 +5	2
Después de estabilización dinámica tras primera nivelación	Alineación (ubicación respecto a proyecto)	±12	5
	Nivelación longitudinal Cota teórica	+3 -10	5
	Peralte provisional	±8	5
	Trocha de vía cada 5 durmientes (tener en cuenta sobreancho en curva)	-3 +5	2

Tabla 53.1. Tolerancias previstas para cada una de las operaciones de primera nivelación.

Artículo 126. Tolerancias asumibles para cada una de las operaciones de segunda nivelación de vía, tras su construcción, dependiendo si la velocidad de proyecto es inferior o superior a 120 km/h.

Se indican en la siguiente tabla las tolerancias permitidas en las diferentes operaciones a realizar en esta fase de los trabajos. Segunda nivelación, estabilización dinámica y perfilado de vía.

TRABAJO	PARÁMETRO	TOLERANCIAS V≤120 km/h		TOLERANCIAS V>120 km/h	
		DIFERENCIAS (mm)	VARIACIONES CADA 5 m (mm)	DIFERENCIAS (mm)	VARIACIONES CADA 5 m (mm)
Segunda nivelación, tras estabilización dinámica	Trocha: carro de control geométrico o manual cada 5 m	±3 mm	2	±2 mm	2
	Alineación: carro de control geométrico o flechado manual con cuerda de 20 m cada 5 m	±3	2	±2	2
	Alineación por distancia lateral a piquetes de marcaje	±10	-	±10	-
	Nivelación: Carro de control geométrico en base de 20 m o manual cada 5 m con nivel óptico, referido a piquetes de marcaje	+10 -10	5	+5 -10	4
	Peralte: carro de control geométrico o manual cada 5 m	±5	2	±3	2
	Alabeo: carro de control geométrico o manual cada 5 m	±4	-	±3	

Tabla 54.1. Tolerancias previstas para las operaciones de segunda nivelación, dependiendo de la velocidad de la línea.

Sección 2. Especificaciones de calidad de vía existente.

Artículo 127. Tolerancias generales asumibles tras las tareas de mantenimiento y conservación de una vía férrea.

Se presentan en la tabla siguiente las tolerancias, a nivel general de los cinco parámetros geométricos de la vía. Estos aspectos se desarrollan con más detalle en las *Especificaciones técnicas de mantenimiento de vía*.

Parámetro	Riel largo soldado	Vía eclisada
Nivelación longitudinal	14 mm	20 mm
Alabeo de la vía	4,5 mm/m	6,5 mm/m
Trocha de la vía	-7 mm y +20 mm	-7 mm y +20 mm
Peralte	15 mm	20 mm
Alineación (flechas)	16 mm	32 mm

Tabla 56.1. Tolerancias permitidas para cada parámetro geométrico de vía en las labores de mantenimiento

Sección 3. Calificación de vía

Artículo 128. Existen diversos métodos de calificación de vía que se clasifican a continuación.

- (1) Método estadístico, que se encuentra descrito por la norma internacional UIC 518
- (2) Método de sondeo general de vía para evaluar su calidad global que se describirá en los siguientes artículos (Artículos 57 a 65).
- (3) Método indirecto en función de la calidad del servicio ferroviario prestado

Artículo 129. Método de sondeo general para la evaluación de la calidad de vía.

El sondeo debe verificarse realizando, para cada elemento, las comprobaciones que se indican en los diferentes artículos que se muestran a continuación dentro de la presente sección.

Artículo 130. Evaluación general del balasto

Se realizarán dos apiques, una por cada hilo de la vía. En ellas se comprobará: el espesor del balasto bajo durmientes, el espesor de balasto limpio y la posibilidad de evacuar el agua de lluvia hasta cunetas.

Se comprobarán, asimismo, las dimensiones de la banquetta midiendo: su altura, desde su superficie a la del paseo; la distancia desde la cara interior de la cabeza del riel a su arista superior; la distancia entre esta arista y la inferior de intersección con el paseo, y la entrevía mínima.

Artículo 131. Evaluación general de durmientes

Se comprobará: el estado de 20 durmientes, su descuadre y la distancia entre sus ejes.

- (1) Durmientes de madera.-Se considerarán inútiles: los quemados, las podridas, los rotos y aquéllos que presenten hendiduras longitudinales que coincidan con los taladros de los tirafondos.
- (2) Durmientes de concreto reforzado, monobloque.-Se considerarán inútiles: los que presenten grietas o roturas y los que no permitan una correcta posición de la sujeción.
- (3) Durmientes de concreto reforzado, de dos bloques.-Se considerarán inútiles: los que presenten fisuras o roturas y los que no permitan un perfecto anclaje de la sujeción. Se comprobará, además, el buen estado de la riostra, descubriéndola totalmente.

Artículo 132. Evaluación general de rieles/carriles

Se comprobarán 4 barras elementales, dos por cada hilo de la vía, examinando: los extremos del riel/carril, el desgaste lateral de su cabeza, el desgaste vertical, el desgaste del alma, los defectos de la superficie de rodadura, los defectos del patín, la existencia de fisuras o grietas y las deformaciones permanentes.

Además se verificará la inclinación del riel, tomando dos puntos en cada barra (8 puntos). Si la vía está montada sobre durmientes tipo RS, la inclinación se medirá cada 10 metros, en ambos hilos (22 puntos).

Fisuración o grietas de los extremos de los rieles.-Para determinar las posibles fisuras horizontales del riel debajo de las bridas, se golpeará con un martillo metálico, de 0,5 kilogramos de peso, dejándolo caer sobre su cabeza desde una altura de 20 a 30 centímetros. Los golpes se repetirán en varios puntos separados unos 10 centímetros entre sí. Cuando el riel no tiene fisuras, el choque produce un sonido claro y el martillo rebota varias veces con amplitud decreciente.

Las fisuras verticales se detectan utilizando el mismo martillo, pero dando golpes horizontalmente en la cara activa de la cabeza del riel, otra forma de detectar las fisuras es mediante la aplicación de ultrasonido

Desgastes.-Se determinan mediante el calibre de pie de rey, una vez eliminado el óxido existente en la superficie afectada.

Otros defectos.-Se determinarán visualmente: la existencia de fisuras o grietas, los defectos de la superficie de rodadura y del patín y las deformaciones permanentes.

Artículo 133. Evaluación general de juntas entre rieles

Se comprobarán 2 juntas, una en cada hilo de la vía, examinando el estado de las bridas y de sus tornillos, midiendo la posible tijera que formen los rieles en su acoplamiento y comprobando si existe diferencia de engrase en sus superficies de rodadura.

(1) Eclisas.-Se verificará, visualmente, su engrase. Se considerarán inútiles las fisuradas y se comprobará su posible inutilidad por desgaste. Dicho desgaste se medirá introduciendo una cuña graduada entre la eclisa y el riel a 2 centímetros del extremo de éste. El desgaste debe ser inferior a 37 décimas de milímetro; cuando sea mayor, se comprobará si es debido a la eclisa o al riel.

(2) Tornillos de eclisa.-Se comprobará si están flojos o se encuentran alquitranados. Se verificará si están inutilizados por golpe de tajadera, por redondeo de la tuerca, por mal estado del fileteado o por torcedura.

(3) Tijera.-Se comprobará colocando una regla metálica sobre la cara activa de uno de los rieles, a 15 milímetros por debajo de la superficie de rodadura, y midiendo la holgura con la cara activa del otro riel. Esta holgura debe ser menor de 1 milímetro.

Engrase de las superficies de rodadura. Se verificará en forma similar a la tijera, colocando la regla sobre la superficie de rodadura del riel alto. El huelgo, en el otro riel, debe ser menor de 1 milímetro.

Artículo 134. Evaluación de fijaciones o sujeciones

Evaluación de las sujeciones rígidas: Se comprobará el estado de las placas metálicas de asiento y de los tirafondos.

(1) Placas metálicas de asiento.-Se comprobarán 7 placas, realizando las operaciones en un durmiente por cada 5. Cuando la alineación sea en curva, 3 de las placas verificadas corresponderán al hilo alto de la vía y 4 al bajo. Se considerarán inútiles: las que dejen un huelgo superior a 6 milímetros con el patín del riel y las que se encuentren muy oxidadas.

(2) Tirafondos.-Se examinará el estado de 21 tirafondos. Antes de extraerlos, se comprobará su apriete e inclinación. Se considerarán inútiles: los torcidos, los que tengan la cabeza redondeada y aquellos que posean deteriorada la rosca.

Evaluación de sujeciones elásticas: Se comprobarán todos los elementos de la sujeción, siguiendo las indicaciones que se relacionan a continuación.

(3) Placas de asiento.-Se comprobarán 7 placas, realizando las operaciones en un durmiente por cada 5.

Se considerarán mal colocadas aquellas que se encuentren desplazadas más de 15 milímetros de su posición correcta.

(4) Sectores de caucho.-Se levantarán los 20 sectores correspondientes a las placas comprobadas y otros 6 más. Se considerarán inútiles: los seccionados longitudinalmente, los que tengan menos de 4 milímetros de espesor y los que tengan menos de 5,4 milímetros en la dimensión horizontal.

Se considerarán mal colocados aquellos que no asienten perfectamente en el cajetín del durmiente.

(5) Tornillos de grapa.-Se comprobarán los 14 tornillos correspondientes a las placas levantadas. Se considerarán inútiles: los que presenten desperfectos en el fileteado, los torcidos y aquellos que no queden perfectamente anclados al durmiente, sea por desgaste, sea por cualquier otra causa imputable a ellos.

Se considerarán mal colocados aquellos que no presenten la ranura superior paralela al riel, admitiéndose una tolerancia de $\pm 10^\circ$ en este paralelismo.

(6) Piezas aislantes.-Se comprobarán, en su caso, los 14 casquillos correspondientes a los tornillos citados anteriormente. Se considerarán inútiles los rotos y los rajados.

(7) Láminas o grapas elásticas.-Se examinarán las 14 grapas correspondientes a los 14 tornillos citados. Se considerarán inútiles: las que presenten fisuras. Las que tengan deformaciones y aquellas con elasticidad menor de 15 décimas de milímetro.

(8) Espigas roscadas.-Se comprobarán las 14 espigas de los durmientes donde asientan las placas revisadas. Se considerarán inútiles aquellas que no permitan un buen anclaje del tirafondo o impidan que éste pueda introducirse completamente.

Se considerarán mal colocadas aquellas que sobresalgan más de 2,5 milímetros del concreto.

(9) Placas acodadas.-Se comprobarán las 14 placas correspondientes a las plantillas anteriormente mencionadas. Se considerarán inútiles: las fisuradas, las rotas, las deformadas y aquellas que tengan un desgaste superior a 2 milímetros en el borde de contención del patín del riel.

Artículo 135. Tolerancias.

Para calificar el estado de los materiales que componen la vía se consideran dos clases de tolerancias: las de calidad y las tolerancias límite.

Las tolerancias de calidad son aquellas que deben exigirse a los materiales de una vía en funcionamiento para que puedan prestar un buen servicio; de acuerdo con ellas se califica el índice de calidad de dichos materiales según la fórmula que indica el Artículo 65 de las presentes Especificaciones.

Las tolerancias límite son aquellas que no deben rebasarse en ningún caso ni bajo ningún concepto, aunque no representen un peligro para la circulación. Ponen de manifiesto el mal estado de alguno de los materiales que obliga a calificar de “mal” a todo el tramo inspeccionado, sea cual fuere el índice de calidad, I, que se obtuviese.

En los Cuadros de la Fig. 65.6 y de la Fig. 65.7 constan ambas clases de tolerancias para los diferentes materiales de la vía.

Artículo 136. Calificación de la vía.

La calificación del estado de los materiales de la vía se obtiene rellorando la ficha de calificación correspondiente del Artículo 57 con los datos de campo y reseñando, en ella, tanto el número de elementos fuera de tolerancia de calidad como el número de aquellos fuera de tolerancia límite.

Cuando exista algún valor fuera de tolerancia límite, la vía se calificará de “mal”, por lo que se refiere al estado de sus materiales, y se rechazará todo el tramo comprobado.

En caso contrario, se deducirá el índice de calidad de los materiales de la vía, I, por aplicación de la fórmula:

$$I = R + 20 A/B \quad (65.1)$$

Dónde:

R = 1,3 para vía nueva y cero para vía en conservación.

A = Suma de los productos del número de elementos fuera de tolerancia de calidad por su peso respectivo, indicado en la columna (4) de la ficha.

B = Suma de los productos del número de unidades comprobadas por sus pesos respectivos de la columna (4).

La calidad de la vía, en cuanto a sus materiales se refiere, se calificará de acuerdo con la puntuación obtenida para su índice, según el Cuadro de la Fig. 65.8.

La calificación será de “bien” cuando los cinco primeros parámetros de la ficha estén dentro de las tolerancias de calidad -valor cero en la columna (3)- y siempre que el valor del índice I sea menor que el correspondiente a “aceptable” en la Fig. 65.8.

El procedimiento aquí expuesto para calificación de vía y las fichas que se muestran a continuación están extraídos de la Norma Adif Vía 7.3.8.0., española.

**VIA EN BARRA CORTA SOBRE DURMIENTES DE MADERA
Y SUJECION RIGIDA. ESTADO DE LOS MATERIALES**

LINEA DE _____ P.K. _____ AL P.K. _____ VIA N° _____
PROSPECCION EN _____ VELOCIDAD _____ km/h

MATERIALES (1)		SONDEO		PRODUCTO		F. T. LIMITE (7)	DATOS DE CAMPO (8)
		Uds. (2)	F. T. Calidad (3)	PESO (4)	(3)x(4) (5)		
4.2.1.	BALASTO						
	Espesor bajo traviesa	2		6		12	
	Espesor limpio	2		6		12	
	Drenaje	2		8		16	
	Dimensión de banquetas	2		14		28	
4.2.2.	DURMIENTES						
	Estado	20		4		*80	
	Descuadre	10		1		10	
	Distancias entre ejes	10		1		10	
4.2.3.	RIELES						
	Desgaste: Vertical	4		2		8	
	Lateral	4		8		32	
	En alma	4		1		4	
	Defectos: En superficie rodadura	4		3		12	
	En patin	4		2		8	
	Fisuras, grietas	4		9		36	
	Roturas	4		—		—	F. T.
	Inclinación	8		2		16	
4.2.4.	JUNTAS DE CARRIL						
	Tijera	2		7		14	
	Enrase	2		4		8	
	Bridas: Estado	4		3		12	
	Holgura	4		2		8	
	Engrese	4		1		4	
	Tornillos: Estado	8		3		24	
	Apriete	8		1		8	
4.2.5.	SUJECIONES RIGIDAS						
	Placas metálicas asiento: Estado	7		1		7	
	Faltan	7		1		7	
	Tirafondos: Rotos, faltan	21		2		42	
	Flojos	21		1		21	
	Torcidos, inclinación	21		1		21	
				Suma A=	Suma 460		

CALIFICACION _____

$$I = R + 20 \frac{A}{460} = \quad + \quad \frac{\quad}{23} =$$

R=1,3 en vía nueva; cero en los demás casos.

F. T. = Número de elementos fuera de tolerancias.

La calificación será: "mal", cuando algún elemento rebase la tolerancia límite.

La calificación será: "bien", cuando todos los elementos, salvo sujeciones, estén dentro de tolerancia de calidad y el valor I sea inferior al correspondiente a "aceptable"

Figura 65.1. Ficha 1 para calificación de vía

**VIA EN BARRA LARGA SOBRE DURMIENTE R.S. Y
SUJECION R.N.-ESTADO DE LOS MATERIALES**

LINEA DE _____ P.K. _____ AL P.K. _____ VIA N° _____
PROSPECCION EN _____ VELOCIDAD _____ km/h

MATERIALES (1)	SONDEO			PRODUCTO		F.T. LIMITE (7)	DATOS DE CAMPO (8)
	Uds. Calidad (2)	F.T. (3)	PESO (4)	(3)x(4) (5)	(2)x(4) (6)		
4.2.1. BALASTO							
Espesor bajo traviesa	2		19		38		
Espesor limpio	2		14		28		
Drenaje	2		14		28		
Dimensión de banquetta	2		40		80		
4.2.2. DURMIENTES							
Estado	20		7		140		
Descuadre	10		2		20		
Distancia entre ejes	10		2		20		
4.2.3. BARRAS ELEMENTALES							
Desgaste: Vertical	4		5		20		
Lateral	4		14		56		
En alma	4		2		8		
Defectos: En superficie de rodadura	4		6		24		
En patin	4		3		12		
Fisura, grietas	4		16		64		
Roturas	4		—		—	F.T.	
Inclinación	22		2		44		
4.2.6. SUJECION ELASTICA R.N.							
Placas de asiento: Estado	7		1		7		
Posición	7		1		7		
Sectores de caucho: Estado	20		3		60		
Posición	20		1		20		
Tornillos de grapa: Estado	14		1		14		
Posición	14		1		14		
Casquillos aislantes	14		1		14		
Grapas elasticas: Estado	14		1		14		
Elasticidad	14		2		28		

$$I = R + 20 \frac{A}{760} + \frac{\quad}{38}$$

Suma A=	Suma 760
------------	-------------

CALIFICACION _____

R=1,3 en via nueva, cero en los demás casos.
F.T.= Número de elementos fuera de tolerancia.
La calificación será de "mal" cuando algún elemento rebase la tolerancia límite.
La calificación será de "bien" cuando todos los elementos, salvo sujeciones, estén dentro de tolerancia de calidad y el valor de I sea inferior al correspondiente a "aceptable"

Figura 65.2. Ficha 2 para calificación de vía

**VIA EN BARRA LARGA SOBRE DURMIENTE DE MADERA
Y SUJECION RIGIDA. ESTADO DE LOS MATERIALES**

LINEA _____ P.K. _____ AL P.K. _____ VIA N° _____
PROSPECCION EN _____ VELOCIDAD _____ km/h

MATERIALES (1)		SONDEO			PRODUCTOS		F.T. LIMITE (7)	DATOS DE CAMPO (8)
		Uds. Coidad (2)	F.T. (3)	PESO (4)	(3)x(4) (5)	(2)x(4) (6)		
4.2.1.	BALASTO							
	Espesor bajo traviesa	2		6		12		
	Espesor limpio	2		6		12		
	Drenaje	2		8		16		
	Dimensión de banquetta	2		13		26		
4.2.2.	DURMIENTE							
	Estado	20		4		80		
	Descuadre	10		1		10		
	Distancia entre ejes	10		1		10		
4.2.3.	BARRAS ELEMENTALES							
	Desgaste: Vertical	4		2		8		
	Lateral	4		8		32		
	En alma	4		1		4		
	Defectos: En superficie de rodadura	4		3		12		
	En patin	4		2		8		
	Fisuras, grietas	4		9		36		
	Roturas	4		—		—	F.T.	
	Inclinación	8		2		16		
4.2.5.	SUJECION RIGIDA							
	Placas metálicas asiento: Estado	7		1		7		
	Posición	7		1		7		
	Tirafondos: Estado	21		2		42		
	Barrenado	21		1		21		
	Apriete	21		1		21		
				Suma A=	Suma 380			

CALIFICACION: _____

$$I = R + 20 \frac{A}{380} + \frac{\quad}{19} =$$

R= 1.5, en vía nueva; cero en los demás casos.

F.T.= Número de elementos fuera de tolerancia.

La calificación será de "mal" cuando algún elemento rebase la tolerancia límite.

La calificación será de "bien" cuando todos los elementos, salvo sujeciones, estén dentro de tolerancia de calidad y el valor de I sea inferior al correspondiente a "aceptable".

Figura 65.3. Ficha 3 para calificación de vía

**VIA EN BARRA LARGA SOBRE 'DURMIENTE' R. S.
Y SUJECION P.2.- ESTADO DE LOS MATERIALES**

LINEA _____ P.K. _____ AL P.K. _____ VIA N° _____

PROSPECCION EN _____ VELOCIDAD _____ Km/h.

MATERIALES (1)	SONDEO			PRODUCTOS		F.T. LIMITE (7)	DATOS DE CAMPO (8)
	Uds. (2)	F.T. (3)	PESO (4)	(3)x(4) (5)	(2)x(4) (6)		
4.2.1. BALASTO							
Espesor bajo traviesa	2		19		38		
Espesor limpio	2		14		28		
Drenaje	2		14		28		
Dimensión de banquetta	2		40		80		
4.2.2. DURMIENTE							
Estado	20		7		140		
Descuadre	10		3		30		
Distancia entre ejes	10		2		20		
4.2.3. BARRAS ELEMENTALES							
Desgaste: Vertical	4		5		20		
Lateral	4		14		56		
En alma	4		2		8		
Defectos: En superficie derodadura	4		6		24		
En patin	4		3		12		
Fisuras, grietas	4		16		64		
Roturas	4		—		—	F.T.	
Inclinación	22		2		44		
4.2.7. SUJECION ELASTICA P.2							
Placas de asiento: Estado	7		2		14		
Posición	7		2		14		
Tornillos de grapa: Estado	14		1		14		
Posición	14		2		28		
Piezas aislantes: Estado	14		2		28		
Flecha	14		1		14		
Láminas elásticas: Estado	14		2		28		
Flecha	14		2		28		
				Suma A=	Suma 760		

$$I = R + 20 \frac{A}{760} = \quad + \quad \frac{\quad}{38} =$$

CALIFICACION _____

R= 1,3 en vía nueva; cero en los demás casos

F.T.= Número de elementos fuera de tolerancia

La calificación será de "mal" cuando algún elemento rebase la tolerancia límite

La calificación será de "bien" cuando todos los elementos, salvo sujeciones, estén dentro de tolerancia de calidad y el valor de I sea inferior al correspondiente a "aceptable."

Figura 65.4. Ficha 4 para calificación de vía

**VIA EN BARRA LARGA SOBRE DURMIENTE D.W. Y
SUJECION H.M.- ESTADO DE LOS MATERIALES**

LINEA DE _____ P.K. _____ AL P.K. _____ VIA N° _____
PROSPECCION EN _____ VELOCIDAD _____ km/h

MATERIALES (1)	SONDEO			PRODUCTOS		F.T. LIMITE (7)	DATOS DE CAMPO (8)
	Uds. (2)	F.T. (3)	PESO (4)	(3)x(4) (5)	(2)x(4) (6)		
4.2.1. BALASTO							
Espesor bajo traviesa	2		16		32		
Espesor limpio	2		13		26		
Drenaje	2		14		28		
Dimensión de banquetta	2		36		72		
4.2.2. DURMIENTE							
Estado	20		7		140		
Descuadre	10		2		20		
Distancia entre ejes	10		2		20		
4.2.3. BARRAS ELEMENTALES							
Desgaste: Vertical	4		5		20		
Lateral	4		14		56		
En alma	4		2		8		
Defectos: En superficie de rodadura	4		6		24		
En patin	4		3		12		
Fisuras, grietas	4		16		64		
Roturas	4		—		—	F.T.	
Inclinación	8		2		16		
4.2.8. SUJECION ELASTICA H.M.							
Placas de asiento: Estado	7		2		14		
Posición	7		2		14		
Espigas roscadas: Estado	14		1		14		
Posición	14		1		14		
Plantillas aislantes: Estado	14		1		14		
Placas acodadas: Estado	14		1		14		
Desgaste	14		1		14		
Grapas elásticas: Estado	14		1		14		
Elasticidad	14		2		28		
Tirafondos n° 6: Estado	14		2		28		
Apriete	14		1		14		
				Suma A=	Suma 720		

$$I \leq R + 20 \cdot \frac{A}{720} = \quad + \quad \frac{\quad}{36} =$$

CALIFICACION: _____

R = 1,3 en vía nueva; cero en los demás casos

F.T. = Número de elementos fuera de tolerancia.

La calificación será de "mal" cuando algún elemento rebase la tolerancia límite.

La calificación será de "bien" cuando todos los elementos, salvo sujeciones, estén dentro de tolerancia de calidad y el valor I sea inferior al correspondiente a "aceptable".

Figura 65.5. Ficha 5 para calificación de vía

ESTADO DE LOS MATERIALES DE LA VIA

SONDEO EN VIA	T O L E R A N C I A S	
	DE CALIDAD	L I M I T E
4.2.1.-BALASTO	ESPOSOR MINIMO BAJO TRAVIESA: 25 cm, DE ELLOS 15 cm DE BUENA CALIDAD, BUENA GRANULOMETRIA Y LIMPIOS EN VIAS ANTERIORES AL 1º ENERO 1985. EN VIA MONTADAS O RENOVADAS POSTERIOR- MENTE, LOS ESPESORES DE BALASTO SERAN LOS QUE INDICA LA N.R.V 3-4-1.0. DISMINUIDOS EN 5 cm	
	NINGUN IMPEDIMENTO PARA EL BUEN DRENAJE DE BANQUETA.	
BANQUETA	ENRASE: — 2 cm; ANCHO: — 5 cm	ENRASE: — 5 cm; ANCHO: — 10 cm EN VIA SIN JUNTA
4.2.2.- DURMIENTE	F.T.-TODAS LAS INUTILES. RIOSTRA TORCIDA O PARTIDA EN LAS R.S. DESCUADRE MAXIMO = 6 cm DISTANCIA ENTRE EJES = TEORICA \pm 5 cm	3 DURMIENTE INUTILES, O MAS, SEGUIDAS CAJON, ENTRE 2 TRAVIESAS CONSECUTIVAS, MAYOR DE 1,30 m
4.2.3.- RIELES		
DESGASTE MAXIMO	LATERAL EN CABEZA: 6 mm EN CADA LADO. TOTAL: 17, 21 y 24 mm PARA CARRIL DE 42'5, 45 y 54 kg ALMA: 4, 4 y 7 mm PARA CARRIL DE 42'5, 45 y 54 kg JUNTO A BRIDA < 3,7 mm MEDIDO A 2 cm. DEL EXTREMO.	RIELES 45 kg: 8 mm; RIELES 54 kg: 10 mm 17, 21 y 24 mm RESPECTIVAMENTE.
DEFECTOS DE SUPERFICIE	F.T. LOS AFECTADOS POR APLASTAMIENTO, DESCONCHADO, PATI- NAJE, DESGASTE ONDULATORIO (VER CATALOGO AVERIAS Y ROTURAS, E.D. 1979)	
DEFECTOS DE PATIN	F.T.- LOS QUE NO PERMITAN BUEN ACOPLAMIENTO DE LA SUJECION	
FISURAS, DEFORMACIONES	F.T. LOS FISURADOS, LOS DEFORMADOS PERMANENTE.	
4.2.4.-JUNTAS DE RIELES		
TIJERA Y ENRASE	MENOR DE 1 mm.	
BRIDAS	F.T.- LAS FISURADAS, AQUELLAS CON DESGASTE > 3,7 mm	ROTAS
TORNILLOS	F.T.- LOS INUTILES, LOS ALQUITRANADOS	
4.2.5.-SUJECIONES RIGIDAS		
PLACAS DE ASIENTO	F.T.- LAS MUY OXIDADAS, Y LAS QUE DEJEN JUEGO CON EL PATIN MAYOR DE 6 mm	
TIRAFONDOS	F.T.- LOS INUTILES, AQUELLOS CUYO EJE FORMA ANGULO MAYOR DE 4º CON EL DEL CARRIL.	CUANDO 7 ESTEN FLOJOS, COMPROBAR 100 UNIDADES; DE ELLAS, MAXIMO ADMISIBLE = 35 FLOJAS.

Figura 65.6. Ficha de estado de materiales de vía

ESTADO DE LOS MATERIALES DE LA VIA

SONDEO EN VIA	T O L E R A N C I A S	
	DE CALIDAD	LIMITE
4-2-6.-SUJECION ELASTICA R.N.		
PLACAS DE ASIENTO	F.T.- LAS DESPLAZADAS MAS DE 15 mm	
SECTORES	F.T.- SECCIONADOS LONG. ; CON a < 4 mm ; CON b < 5,4 mm	AMPLIAR EL SONDEO A 50 UNIDADES CUANDO RESULTEN MAS DE 3 INUTILES – MAXIMO: 35% INUTILES.
	MAL COLOCADOS – CON ASIENTO IMPERFECTO EN LA TRAVIESA	
TORNILLOS DE GRAPA	F.T.- LOS CONSIDERADOS INUTILES- MAL COLOCADOS: RANURA SUPERIOR FORMANDO ANGULO CON EJE LONG. CARRIL > 10°	
CASQUILLOS AISLANTES	F.T.- LOS ROTOS Y RAJADOS.	
GRAPAS ELASTICAS	F.T.- FISURADAS, DEFORMADAS Y CON ELASTICIDAD < 1,5 mm	AMPLIAR EL SONDEO A 25 UNIDADES CUANDO RESULTAN MAS DE 2 CON PERDIDA DE ELASTICIDAD. MAXIMO:35% CON PERDIDA ELAST.
REFUERZOS DE GRAPA	F.T.- LOS FISURADOS, LOS DEFORMADOS- CUANDO SU NUMERO SEA INFERIOR AL QUE MARCA LA FIG. 4.1-7. c .	
4-2-7.- SUJECION ELASTICA P.2		
PLACAS DE ASIENTO	IGUAL A PLACAS DE ASIENTO R.N.	
TORNILLOS DE GRAPA	IGUAL A TORNILLOS DE GRAPA R.N. O FLOJOS.	
PIEZAS AISLANTES	F.T.- DEFORMADAS, ROTAS, RAJADAS Y CON FLECHA EN CENTRO < 1,2 mm	AMPLIAR EL SONDEO A 25 UNIDADES CUANDO MAS DE 2 TENGAN FLECHA < 1,2 mm. MAXIMO:35% CON FLECHA < 1,2 mm
LAMINAS ELASTICAS	F.T.- ROTAS Y FISURADAS. DEFORMACION MAX.= 0,5 mm	
4-2-8.- SUJECION ELASTICA H.M.		
PLACAS DE ASIENTO	F.T.- LAS QUE INTERFIERAN CON OTROS ELEMENTOS.	
ESPIGAS ROSCADAS	F.T.- LAS QUE NO DEN UN BUEN ANCLAJE O SOBRESALGAN MAS DE 2,5 mm	
PLANTILLAS AISLANTES	F.T.- RAJADAS Y ROTAS.	
PLACAS ACODADAS	F.T.- FISURADAS, ROTAS, DEFORMADAS, DESGASTE > 2 mm EN BORDE DE CONTENCION DEL PATIN.	
GRAPAS ELASTICAS	F.T.- DEFORMADAS, PERDIDA DE ELASTICIDAD CON d < 8 mm	AMPLIAR EL SONDEO A 25 UNIDADES CUANDO MAS DE 2 TENGAN d < 8 mm MAXIMO:35% CON d < 8 mm
TIRAFONDOS N° 6	F.T.- TORCIDOS, ROSCA DETERIORADA. O FLOJOS.	

Figura 65.7. Ficha de estado de materiales de vía

CALIFICACION DEL ESTADO DE LOS MATERIALES DE LA VIA SEGUN EL INDICE "I"

CALIFICACIONES	VIA NUEVA		VIA RECIEN TRATADA		VIA SIN TRATAR	
	1ª Nivelación	2ª Nivelación	V _{max} < 120	V _{max} ≥ 120	V _{max} < 120	V _{max} ≥ 120
BIEN	CUANDO EL BALASTO, LAS TRAVIESAS, LAS JUNTAS DE CARRIL Y EL CARRIL PROSPECCIONADOS ESTEN DENTRO DE TOLERANCIA E I TENGA VALOR MENOR DE "ACEPTABLE"					
ACEPTABLE Menor de	1, 7	1, 4	2, 0	1, 8	3, 1	2, 4
REGULAR { De	1, 7	1, 4	2, 0	1, 8	3, 1	2, 4
	a 2, 3	2, 0	2, 7	2, 4	4, 3	3, 3
DEFICIENTE { Mayor de	2, 3	2, 0	2, 7	2, 4	4, 3	3, 3
	a 2, 9	2, 6	3, 4	3, 0	5, 5	4, 2
MAL Mayor de	2, 9	2, 6	3, 4	3, 0	5, 5	4, 2

Figura 65.8. Calificación de vía

3.9 OTRAS RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

Sección 1. Recomendaciones en lo referido a protección de taludes

Artículo 137. Definición de los diferentes métodos recomendados

(1) Mallas metálicas

Colocación de mallas de protección de taludes, ancladas con barras de acero o a una correa de concreto o bulones en la parte superior del talud, y sujeta con cables o con piquetas de anclaje.

La ejecución de la unidad de obra incluye las siguientes operaciones:

- Preparación de la zona de trabajo.
- Colocación de la malla.
- Anclaje de la malla en la parte superior y al pie del talud.
- Unión a los lados de las mallas adyacentes.

(2) Barreras dinámicas

Las barreras dinámicas son sistemas de componentes diseñados y certificados para absorber una energía máxima determinada, causada por caídas y desprendimientos de piedras u otros materiales. El objetivo es la protección contra posibles desprendimientos.

(3) Escolleras

Se define como escollera de protección, la capa de fragmentos de roca sana, dura y resistente a la meteorización colocada sobre el talud de una obra de rellenos o sobre la superficie final al pie del talud de desmonte en suelos o en rocas blandas y en las cimentaciones de puentes y viaductos sobre cauces naturales, con el fin de protegerlos contra la erosión.

(4) Gaviones

El gavión consiste en una envolvente o caja fabricada con enrejado de malla de triple torsión, obtenida con alambre de acero galvanizado “reforzado” y rellena en obra posteriormente con piedras. Se colocarán como elementos protectores contra la erosión en el pie de los desmontes o terraplenes que indique la Dirección de Obra.

(5) Bulonajes

Los bulones para el cosido del terreno (sin placa), habrán de colocarse inmediatamente después de la capa de sellado. La malla metálica se colocará en la fase especificada siendo las placas de los bulones las que servirán de fijación. Si con el número de bulones colocados no se consigue una buena adaptación del

mallazo a la superficie del terreno o capa de sellado, se colocarán los clavos necesarios para conseguir una buena adaptación de la malla a la sección excavada.

(6) Malla electro soldada

El mallazo constituye la armadura del concreto proyectado, cuando éste no incorpora fibras. La Dirección de Interventoría podrá definir a lo largo de toda la obra la cantidad de mallazo a colocar, modificada de la reflejada en los planos, tanto en aplicación ordinaria como de refuerzo.

(7) Concreto proyectado

La proyección de una capa (capa de sellado) de concreto proyectado de tres a cinco centímetros (3-5 cm) de espesor, reforzado con fibras de acero, se ejecutará una vez saneada la excavación para garantizar a corto plazo la estabilidad de la sección, evitando con ello los fenómenos de venteo y alteración que pudieran originar desprendimientos de fragmentos en la zona de trabajo.

Artículo 67. Condiciones generales

(1) Mallas metálicas

El enrejado cumplirá la función de protección contra los desprendimientos de rocas y piedras de los taludes anexos a las vías de comunicación.

La malla quedará anclada en la parte superior del talud, a tres metros lineales (3 m) de su inicio.

Los laterales de las mallas adyacentes estarán unidos entre sí para trabajar como una malla única.

La parte superior de la malla y los laterales, estarán doblados y unidos a una barra continua de acero de diámetro mayor o igual a diez milímetros (≥ 10 mm).

La red quedará fijada al pie del talud, con picas dispuestas cada metro.

Las sujeciones al talud no disminuirán la elasticidad de la red, para permitir su función amortiguadora de posibles desprendimientos.

Si la sujeción se hace con cables, quedarán fijados en la cabeza y al pie del talud. Si se hace con piquetas, quedarán situadas de manera discrecional, siguiendo las irregularidades del terreno.

Anclaje con barras de acero corrugado:

- Diámetro de las barras de anclaje en la cabeza del talud: mayor o igual a doce milímetros (≥ 12 mm).
- Diámetro de los redondos de anclaje al pie del talud: mayor o igual a doce milímetros (≥ 12 mm).
- Separación entre barras de anclaje en la cabeza del talud: menos o igual a un metro (≤ 1 m).
- Anclaje con piquetas
- Separación entre piquetas de sujeción: menor o igual a 5 metros (≤ 5 m).

(2) Barreras dinámicas

Son barreras que se colocan transversalmente a la trayectoria de las piedras en su caída con el fin de detenerlas, sustituyendo la rigidez características de las barreras estáticas por deformación plástica.

(3) Escolleras

El tamaño del material será, en el sesenta por ciento (60%) del conjunto de la escollera, el correspondiente a un peso por elemento no inferior a treinta y cinco kilogramos (35 Kg). La piedra procederá de cantera y cumplirá las siguientes características físicas y mecánicas:

CARACTERÍSTICA DE LA ROCA	LÍMITE
Densidad de la roca saturada y superficialmente seca	Mínimo 2,55 t/m ³
Absorción de agua	Máximo 2,5%
Resistencia a la compresión	Mínimo 100 MPa
Coefficiente de desgaste en el ensayo de los Ángeles	Máximo 40
Pérdida de peso después de 5 ciclos de inmersión en sulfato sódico	Máximo 10 %

Tabla 67.1. Características físicas y mecánicas a cumplir por las rocas de escollera

La escollera se apoyará sobre una capa de base que sirva de asiento de la capa de protección y de transición entre ésta y el material subyacente. La capa de base deberá ser más permeable que el material subyacente, e impedirá la fuga de los elementos finos de éste a través de ella. A su vez los finos de la capa de base no deberán poder pasar a través de la escollera; esta última condición puede obligar a ejecutar la base en varias capas diferentes.

(4) Gaviones

El acero que sirve para la fabricación de los hilos de alambre de las diferentes mallas y para cosidos y atirantados, será del tipo adecuado para la obtención de alambre por trefilado, con contenido máximo de carbono de cero con diez por ciento (0,10%) y límites superiores de fósforo y azufre de cero con cero cuatro (0,04%) y cero con cero cinco por ciento (0,05%) respectivamente.

El alambre se galvanizará en caliente mediante inmersión de un baño de zinc fundido obtenido por procedimiento electrolítico que deberá contener como mínimo un noventa y nueve con noventa y cinco por ciento (99,95%) en peso de zinc.

El peso del recubrimiento de zinc no será inferior a doscientos veinticinco gramos por metro cuadrado (225 g/m²). La comprobación del espesor del recubrimiento se realizará por el método gravimétrico o por el volumétrico (midiendo el volumen de hidrógeno desprendido en la reacción del zinc con el ácido clorhídrico). En caso de disputa servirán los resultados del ensayo gravimétrico. Para los ensayos realizados

sobre alambre después de tejido se admitirá una reducción del cinco por ciento (5%) del peso del recubrimiento de zinc.

El recubrimiento no presentará ninguna exfoliación apreciable a simple vista, y permanecerá adherente después de realizar el ensayo de adherencia correspondiente consistente en enrollar ocho (8) espiras completas de alambres galvanizado sobre un mandril de diámetro cuatro (4) veces superior al del alambre. En cualquier punto distante más de treinta milímetros (30 mm) del extremo final del alambre tejido, el recubrimiento será capaz de soportar dos (2) inmersiones de un (1) minuto y una (1) de medio minuto en una solución "Standard" de sulfato de cobre.

El espesor o grueso de los alambres se medirá según dos direcciones perpendiculares entre sí, adaptándose como diámetro la media aritmética de ambas mediciones.

Dentro de cada rollo o bobina de alambre galvanizado se admitirán solamente soldaduras a tope hechas antes del galvanizado del alambre, no admitiéndose después ningún tipo de soldaduras.

La resistencia a la tracción de la malla se calculará con la suma de cada uno de los alambres contenidos en un metro cuadrado (1 m^2) de superficie.

La malla denominada de triple torsión estará constituida por una serie de alambres que después de tejidos en torsiones toman la forma de un hexágono alargado en el sentido de una de sus diagonales. Las dimensiones de luz de cada malla se miden en centímetros (cm), tomando primeramente la medida entre torsiones laterales y seguidamente la correspondiente al final y principio de las torsiones anterior y posterior, en el punto de intersección teórico de los dos alambres teniendo en cuenta la figura en el sentido alargado del hexágono. Se admitirá una tolerancia no superior al cinco por ciento (5%).

Las dimensiones de la malla no podrán ser inferiores a cinco por siete centímetros (5x7 cm), ni superiores a doce por catorce centímetros (12x14 cm).

El diámetro del alambre será como mínimo de dos milímetros (2 mm) y estará directamente relacionado con el tipo de malla adoptada.

La resistencia por metro cuadrado (m^2) de malla será superior a cuatro mil trescientos kilogramos (4.300 kg) y su peso mínimo mil cien gramos (1100 g).

En el calibre del alambre se admitirá una tolerancia después de tejido, del tres por ciento (3%); la tolerancia sobre la resistencia por metro cuadrado (m^2) de malla y sobre el peso de la misma será del cinco por ciento (5%).

Las aristas o bordes de los gaviones, deberán estar rematados con alambre galvanizado "Reforzado" de un diámetro del veinte por ciento (20%) superior, como mínimo, al que se emplea en la fabricación de cada tipo de malla. Se admitirá una tolerancia del tres por ciento (3%) en el calibre del alambre después de tejido.

El alambre para cosidos y atirantados de los gaviones, será de acero también galvanizado

“Reforzado” del número quince (nº 15), dos con cuatro milímetros (2,4 mm) de diámetro, como mínimo. Se admitirá una tolerancia en el calibre del tres por ciento (3%).

(5) Bulonajes

Los bulones para el cosido del terreno (sin placa), habrán de colocarse inmediatamente después de la capa de sellado. La malla metálica se colocará en la fase especificada siendo las placas de los bulones las que servirán de fijación. Si con el número de bulones colocados no se consigue una buena adaptación del mallazo a la superficie del terreno o capa de sellado, se colocarán los clavos necesarios para conseguir una buena adaptación de la malla a la sección excavada.

(6) Malla electro soldada

El mallazo constituye la armadura del concreto proyectado, cuando éste no incorpora fibras. La Dirección de Interventoría podrá definir a lo largo de toda la obra la cantidad de mallazo a colocar, modificada de la reflejada en los planos, tanto en aplicación ordinaria como de refuerzo.

(7) Concreto proyectado

La proyección de una capa (capa de sellado) de concreto proyectado de tres a cinco centímetros (3-5 cm) de espesor, reforzado con fibras de acero, se ejecutará una vez saneada la excavación para garantizar a corto plazo la estabilidad de la sección, evitando con ello los fenómenos de venteo y alteración que pudieran originar desprendimientos de fragmentos en la zona de trabajo.

Salvo indicación en contrario por parte de la Dirección de Interventoría está prevista la utilización de la capa de sellado en todos los pases que se realicen en avance en tanto que, tan sólo, en los terrenos de peor calidad en los pases que se realicen en destroza.

Los espesores de la capa de sellado se considerarán incluidos dentro del espesor total del concreto proyectado que en cada caso se especifique.

4.0 ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN Y CONTROL FERROVIARIO

Sección 1. Limitaciones a la carga y otros aspectos

Artículo 138. Los vehículos no deberán ser sobrecargados más allá de su límite de carga especificada.

(2) En la carga de mercancías en el vehículo, se harán esfuerzos para equilibrar la carga del peso y para evitar que la mercancía se caiga, salga rodando, etc., debido a la oscilación durante su funcionamiento.

(3) Los bienes no serán cargados en el vehículo más allá de la superficie disponible para ello en el material rodante. Sin embargo, en el caso de transporte de carga de gran volumen, esta regla no se aplica si se confirma que la carga no es perjudicial para el funcionamiento del vehículo.

Artículo 139

1 Los bienes que superen la carga máxima indicada en los vehículos no deberán ser cargados.

2 A la hora de transportar cargas extra grandes, se comprobarán con antelación los posibles obstáculos a lo largo de la ruta y se adoptarán las medidas necesarias para garantizar la seguridad.

3 Siempre que sea posible, las cargas peligrosas deberán ser transportadas en vehículos con una estructura sellada (incluidos los vehículos con contenedores cisterna, etc.; las medidas a tomar serán las mismas).

4 Se comprobará que no hay riesgo de fugas cuando se carguen materiales peligrosos en los vehículos con una estructura sellada, o cuando los contenedores llenos de materiales peligrosos se carguen en vehículos.

Artículo 140. Un vehículo cargado con mercancía peligrosa deberá tener señalizada e indicada su carga mediante etiquetas en lugares bien visibles a ambos lados del vehículo.

Artículo 141. Indicación de mercancía peligrosa.

El etiquetado con respecto a los vehículos cargados con materiales peligrosos debe incluir descripciones relativas, no sólo al nombre de las sustancias peligrosas relevantes, sino también a sus propiedades con el fin de ayudar a determinar las medidas a tomar en caso de emergencia.

Sección 2. Instrucciones para el personal a cargo de la operación

Artículo 142. Aseguramiento de la seguridad en la operación ferroviaria.

La seguridad en la circulación ferroviaria debe estar garantizada a través del conocimiento y las aptitudes de los miembros del personal y mediante la utilización de instalaciones relevantes de seguridad.

Artículo 143. Formación y entrenamiento del personal a cargo de la operación.

- (1) El operador ferroviario debe proporcionar formación y entrenamiento adecuados a aquellos individuos que estén directamente vinculados a la operación de trenes y/o vehículos o a trabajos relevantes de mantenimiento de instalaciones férreas y material rodante, con el fin de que desarrollen el conocimiento y las aptitudes necesarios para ello.
- (2) El operador ferroviario no debe hacer desarrollar a su personal tareas relacionadas directamente con la operación ferroviaria hasta no confirmar que el mismo posee el conocimiento y aptitudes requeridas para realizar estas labores.
- (3) Una empresa ferroviaria no debe hacer desarrollar a su personal tareas relacionadas directamente con la operación ferroviaria si aquél no es capaz de desarrollar las aptitudes requeridas para el trabajo correctamente.

Artículo 144. Formación y entrenamiento del personal.

- (1) El personal que está desarrollando tareas directamente relacionadas con la operación ferroviaria se define por los siguientes aspectos:
 - (A) Personal que realiza maniobras de trenes o material rodante similar.
 - (B) Personal que lleva a cabo trabajos de coordinación en la operación ferroviaria como el cambio de secuencias en la operación de trenes o material rodante, el paso de material móvil por una vía o la cancelación de un servicio.
 - (C) Personal que lleva a cabo trabajos a bordo de trenes o material rodante para proteger los vehículos, hacer operar los frenos o dar señales requeridas para la correcta operación.
 - (D) Personal ocupado en el manejo de control de rutas, bloqueos o señales ferroviarias u operar aparatos de vía.
 - (E) Personal que actúa o supervisa, de forma individual, el correcto trabajo relacionado con la operación de material móvil para el mantenimiento o trabajos de ingeniería o similares en vagones eléctricos o instalaciones ferroviarias relacionadas con la seguridad.
 - (F) Personal que opera las instalaciones de seguridad en los cruces ferroviarios.

(2) El personal que está relacionado directamente con el mantenimiento de instalaciones y material rodante y otros trabajos similares se define como sigue y en el caso de que un operador ferroviario externalice el “Servicio de instalaciones y material rodante y otros trabajos similares”, el personal perteneciente a esta subcontrata también estará incluido en esta definición.

(A) Personal que lleve a cabo tareas de mantenimiento de estructuras, vías o edificios de carácter ferroviario.

(B) Personal que lleve a cabo instalaciones eléctricas o relacionadas con la seguridad en la operación.

(C) Personal que actúe directamente sobre los dispositivos que controlan los aparatos de vía.

(3) La obtención de las aptitudes establecidas en (1) será a través de un examen físico y de las funciones mentales.

(4) La implementación de la formación y el entrenamiento para el personal descrito en (1) y la obtención de las aptitudes, conocimientos y destreza es responsabilidad del operador ferroviario, en lo que se refiere a su propio personal (si el operador externaliza estos trabajos a una empresa que no es un operador ferroviario, aquél no posee obligación de dar estas aptitudes con medios propios, sino que lo podrá exigir al subcontratado y deberá supervisarla. Lo mismo se aplicará de aquí en adelante), según el procedimiento requerido para cada tipo de trabajo. En el caso en que la responsabilidad de formar y entrenar al personal recaiga directamente sobre el operador ferroviario principal, éste podrá subcontratar otros medios para que la realicen por él.

(5) Para el personal descrito en (1) y (3), debe existir un marco apropiado para la emisión, el control y la supervisión de un informe que contenga todos los trabajos o tareas específicas requeridas para cada operación, antes de la salida de un tren o material rodante, durante su circulación y posteriormente a su estacionamiento. Este informe deberá estar siempre disponible en un lugar concreto de la oficina del operador ferroviario.

(6) La formación y entrenamiento para el personal descrito en (2) debe incluir la formación y el entrenamiento llevada a cabo por otros bajo la supervisión del operador ferroviario principal.

(7) Acerca de la formación y el entrenamiento del personal

La formación y el entrenamiento del personal implicado directamente en las labores de operación de trenes o material móvil ferroviario, debe ser como sigue:

(A) En relación con la formación y entrenamiento del personal:

(i) Los procedimientos de operación deben estipular el tipo, proveedor, receptor objetivo de la formación y cualquier otro aspecto que se considere necesario para definir el tipo de formación o entrenamiento.

- (ii) La formación, entrenamiento o similar debe ser llevada a cabo regularmente según el plan anual del operador.
- (iii) La formación, entrenamiento o similar debe ser llevada a cabo sobre aquéllos que hayan sido cambiados de lugar de trabajo incluso cuando sus tareas concretas no hayan cambiado, además de sobre aquéllos que se incorporen nuevamente a una tarea cualquiera contemplada en los apartados anteriores.
- (iv) En el caso en que la operación de una línea férrea haya cambiado, la formación o entrenamiento proporcionado para la familiarización del individuo, que opera las unidades ferroviarias, con las nuevas tareas correspondientes a la maniobra de unidades motrices en la misma, debe cumplir lo siguiente:
 - (B) Se debe desarrollar un recorrido por las nuevas áreas, en su caso y una formación sobre las nuevas maniobras asociadas. En este caso, el número de recorridos por estas instalaciones ha de ser, como mínimo, de 5. Disponiéndose, sin embargo, que el número de maniobras de entrenamiento puede ser aumentado o disminuido, según corresponda, en la consideración de la longitud de la sección asignada, la complejidad de la vía y la indicación de la señal o similares.
 - (C) El entrenamiento en maniobras debe ser llevado a cabo con el mismo patrón de servicios que se desarrolla en la operación ferroviaria real. Sin embargo, en el caso en que ello suponga una interrupción de la sección o tramo ya en operación, estas maniobras deben realizarse de forma lo más parecida posible a las reales sin entorpecer la operación real.
 - (D) En relación con la comprobación de aptitudes
 - (i) El examen de las funciones físicas debe incluir una evaluación de las funciones visuales, audición, enfermedades sufridas en los últimos tiempos y debe ser realizada no menos de una vez al año, dependiendo de la descripción de los trabajos realizados por el individuo y de los resultados del examen se debe certificar la validez de los mismos en correspondencia con las aptitudes físicas requeridas.
 - (ii) El examen de las funciones mentales debe ser realizada al menos una vez cada 3 años y debe incluir evaluación del test de aptitud para el trabajo (Test Kraepelin), identificación, sustitución, segmentación y test de interferencia, velocidad de reacción, test de atención, en función de las labores concretas para el puesto. Dependiendo de la descripción de los trabajos realizados por el individuo y de los resultados del examen se debe certificar la validez de los mismos en correspondencia con las aptitudes mentales requeridas, sin excepción.

- (iii) En el caso en que los test de aptitudes sean desarrollados por el propio operador ferroviario, el evaluador debe ser una persona que disponga de un certificado que lo habilite para estas funciones por el organismo correspondiente.
- (E) Ningún trabajador podrá incorporarse a su puesto sin haber tenido resultados aptos en las pruebas enumeradas y descritas en el punto (D) (i) y (ii).

Artículo 145. Tareas de la tripulación para la operación de unidades motrices.

- (1) Un tren debe tener a bordo personal de tripulación que sea capaz de conducir las unidades motrices.
- (2) Este personal deberá estar en posesión, obligatoriamente, de la licencia correspondiente para la conducción de este tipo de vehículos ferroviarios.
- (3) En el caso en que se produzca una emergencia, los pasajeros deberán poder evacuar el tren de forma fácil, de manera que la tripulación debe conocer perfectamente el protocolo a seguir en estos casos para indicarles las salidas más cercanas y el modo de actuar. Las personas que integren la tripulación deberán ser las últimas en abandonar los vehículos en caso de emergencia excepto cuando corra peligro su propia vida.
- (4) La tripulación no deberá realizar sus funciones, cualesquiera que éstas sean bajo la influencia de alcohol o drogas.

Sección 3. Velocidades de operación según el tipo de servicio

Artículo 146. Las velocidades de operación deberán adecuarse a los siguientes aspectos de cada línea de la Red Férrea Nacional, que son esenciales a conocer por el Administrador o Gestor de las Infraestructuras Ferroviarias y por el operador ferroviario correspondiente.

- (1) Tipo de tráfico que discurra por la línea en cuestión: pasajeros, mercancías o tráfico mixto.
- (2) Condiciones del estado de la infraestructura y superestructura ferroviarias de la línea.
- (3) Nivel de servicio para el que la línea está diseñada, altas prestaciones o bajas prestaciones, que depende en gran medida del estado de la línea.
- (4) Estado y diseño del material rodante que preste el servicio
- (5) Orografía del terreno por la que discurra la línea férrea en cuestión

Artículo 147. Cada línea de la RFN debe tener asignada una velocidad mínima de circulación o velocidad de proyecto que se fijará en función de los aspectos anteriores (Artículo 9).

Artículo 148. Como niveles generales para líneas de nueva construcción, en función del tipo de servicio que se quiera prestar sobre ellas, se establecen los siguientes valores de velocidad de proyecto.

(1) La velocidad mínima de proyecto para nuevas líneas de tráfico de mercancías, excluidas las zonas de apartado y aparatos de vía u otras áreas en las que la velocidad esté restringida por condicionantes específicos como curvas de bajo radio en planta u otros, será de 50 km/h.

(2) La velocidad mínima de proyecto para nuevas líneas de tráfico de pasajeros, excluidas las zonas de apartado y aparatos de vía u otras áreas en las que la velocidad esté restringida por condicionantes específicos como curvas de bajo radio en planta u otros, será de 80 km/h.

(3) La velocidad mínima de proyecto para nuevas líneas de tráfico mixto, excluidas las zonas de apartado y aparatos de vía u otras áreas en las que la velocidad esté restringida por condicionantes específicos como curvas de bajo radio en planta, será de 60 km/h.

(4) La velocidad mínima de proyecto para nuevas líneas de altas prestaciones de pasajeros, excluidas las zonas de apartado y aparatos de vía u otras áreas en las que la velocidad esté restringida por condicionantes específicos como curvas de bajo radio en planta, será de 120 km/h.

Artículo 149. Línea de altas prestaciones.

Se define como aquella línea férrea destinada al tráfico de pasajeros que ofrezca un nivel de servicio superior al resto de las existentes en niveles de velocidad, confort para el pasajero, servicios a bordo del tren, etc. además de disponer de sistemas de seguridad y comunicaciones adecuados al desarrollo tecnológico del momento.

Sección 4. Capacidad teórica y real de un corredor ferroviario

Artículo 150. Capacidad teórica.

Se entiende como capacidad teórica de transporte de una la línea férrea a la máxima cantidad de producto teórico que se puede transportar por la línea en la unidad de tiempo.

Si la línea es de mercancías, se pueden establecer ratios anuales, mensuales, semanales o diarios de capacidades de diferentes productos transportados. Si la línea es de viajeros, se puede establecer la máxima capacidad de transporte de viajeros para unas condiciones de circulación y material rodante dados.

La capacidad de la línea depende de los siguientes aspectos:

- Velocidad de operación de la línea

- Capacidad de los vagones o vehículos disponibles para transportar un determinado producto o viajeros.
- Número y características de locomotoras disponibles para el transporte
- Características de la explotación de la línea, tráfico mixto, mallas de circulación.

La capacidad de transporte teórica de una línea se puede mejorar, de modo que se pueda ajustar a una determinada demanda o bien a demandas potenciales futuras.

Artículo 151. Capacidad real.

La capacidad de circulación de la línea se refiere al número de trenes que pueden circular en un intervalo de tiempo, en ambos sentidos de la línea, bajo determinadas condiciones de explotación. Evidentemente el concepto de capacidad de transporte va muy ligado al concepto de capacidad de circulación.

El administrador de la infraestructura férrea debe imponer una limitación legal de cargas por eje en cada una de las líneas que gestiona, por motivos de seguridad y mantenimiento de vía que se deberá cumplir en todos los casos. Esta limitación legal de cargas dependerá de los diseños particulares de cada línea o tramos de la misma.

La forma más eficaz de mejorar la capacidad de transporte de la línea es la operación de la misma, incluso a velocidades bajas. Para un transporte de mercancías no es tan importante la velocidad de la operación sino la eficacia de la misma.

Hay que tener en cuenta que la reducción de los tiempos de frecuencias de circulación viene asociado a otro tipo de medidas adicionales de seguridad ferroviaria para evitar colisiones, como la introducción de sistemas de detección de trenes y señalización, lo cual supone un desarrollo tecnológico de elevado costo pero hace aumentar muy considerablemente la seguridad puesto que se puede reducir en gran medida la distancia entre trenes y por tanto, aumentar su frecuencia.

Artículo 152. Tiempo de recorrido.

Se entiende por tiempo de recorrido a todo el tiempo que transcurre entre que un tren inicia su trayecto y llega a su destino final. Este tiempo incluye todas las paradas necesarias para realizar el trayecto. Si la distancia recorrida se divide entre el tiempo de recorrido se obtiene la velocidad comercial para ese tren.

Para los tráfico de mercancías no es importante el tiempo de recorrido empleado en el transporte de mercancías, sino que el flujo de mercancías origen-destino sea regular en el tiempo. Esto se logra con una buena operación, con una baja tasa de accidentalidad, y también con un mantenimiento y mejora continua y

eficiente de la infraestructura de drenaje, taludes y túneles, de modo que se minimicen los daños causados por olas invernales.

Para los tráficos de viajeros, la velocidad comercial es muy importante, ya que es uno de los criterios que tiene en cuenta un viajero para tomar la decisión de utilizar el modo férreo en lugar del modo carretero. Como órdenes de magnitud, las velocidades comerciales de los tráficos de viajeros ferroviarios dependen mucho del entorno en el que se desarrollan y de las paradas que realizan. Un tranvía puede rondar los 20 km/h (paradas cada 400 m), un metro los 35 km/h (paradas cada 600 m), un tren de cercanías los 80 km/h (paradas del orden de varios kilómetros). Las velocidades máximas de los vehículos suelen ser de 80 km/h para tranvías, 100 km/h para metros y 140 km/h para cercanías.

Artículo 153. Posibles actuaciones para el incremento de la capacidad real del corredor.

Es posible desarrollar actuaciones puntuales a lo largo de una línea férrea con el fin de incrementar la capacidad de los tramos en cuestión.

(1) Duplicación de tramos de vía. Es una medida que actúa directamente sobre la capacidad de la línea ferroviaria, aumentándola. En este caso, se duplica la capacidad de los tramos que se incluyan dentro de la actuación. Esta medida es recomendable en aquellas líneas o tramos en los que, teniendo en cuenta el tráfico actual, prácticamente, se llega a la capacidad máxima de la misma y, por ello, se necesita una actuación para incrementarla.

(2) Mejoras concretas del trazado ferroviario. Si se mejora en ciertos tramos el trazado de la vía disponible, se consigue incrementar la velocidad de los vehículos, lo que supone una mejora en la capacidad, que depende directamente de la velocidad comercial. Además, estas medidas generan un incremento directo de la seguridad de circulación de los trenes.

(3) Aumento del número de estaciones de cruce. Con ella se incrementa considerablemente la capacidad de una línea constituida en vía única.

Sección 5. Operación ferroviaria

Esta sección de la presente normativa incluye los contenidos referentes a Recomendaciones de la aplicación de la malla de trenes y horarios, Operación en pasos a nivel, Operación en patios, estaciones y apeaderos, Sistemas de detección de trenes, Sistemas de enclavamiento, equipos de seguridad en vía, Sistemas de señalización, Sistemas de seguridad y de alerta y Recomendaciones del uso de sistemas de control y de seguridad.

Notas previas:

- Las especificaciones que se muestran a continuación se adaptarán, en cada caso, al sistema de seguridad, señalización y comunicaciones de que se disponga en cada momento en cada tramo o línea de la Red Férrea Nacional (RFN).
- Se recomienda la modernización de las instalaciones de seguridad y comunicaciones de la RFN con el fin de mejorar la seguridad en la circulación y aumentar la capacidad de las líneas.
- Para conocer con más detalle las recomendaciones para instalaciones de seguridad ferroviaria se deberán consultar las *Especificaciones de Seguridad Ferroviaria*.

Artículo 154. (1) El máximo número de vehículos acoplados en un tren compuesto deberá cumplir con el rendimiento, la estructura y la resistencia del material rodante, así como la situación de las instalaciones.

(2) Cuando el vehículo (excepto aquél con una estructura hermética) cargado sólo con mercancías peligrosas esté acoplado a un tren, se tomarán las medidas preventivas pertinentes a fin de no poner en peligro a la tripulación.

(3) La “situación de las instalaciones” tal y como se dispone en el epígrafe (1), se refiere a la pendiente de una vía férrea y la longitud efectiva de la vía en una estación donde el tren se detiene de forma correcta y ocupando el andén o plataforma. Adicionalmente, en el caso de los trenes de pasajeros, se refiere a la longitud efectiva de las plataformas en las estaciones (excepto aquellos en los que no se les permite abrir las puertas y donde las medidas para eliminar el peligro, tales como para evitar el riesgo de caída de los viajeros mediante anuncios públicos, se llevan a cabo en los casos de bajos volúmenes de subida y bajada de pasajeros y cuando dicha exclusión sea imprescindible para el funcionamiento de los trenes).

Artículo 155. Freno del tren.

Un tren que esté constituido por dos o más vehículos adoptará el sistema de frenado que funcionará en conjunto con todos los vehículos y se aplicará automáticamente cuando los vehículos que lo componen estén separados. Sin embargo, no se aplica si se han tomado medidas para evitar que se entorpezca el funcionamiento seguro de los trenes.

(2) Cuando un tren se compone o su consistencia se ve alterada, los frenos deberán ser examinados para confirmar sus funciones.

Artículo 156. En relación al freno del tren.

Los trenes considerados objeto de “medidas para evitar que se entorpezca el funcionamiento seguro de los trenes”, tal y como se menciona en el apartado 1 será el siguiente:

(1) Los trenes formados exclusivamente por locomotoras en los cuales una persona a cargo de la operación de tracción se encargue de cada locomotora, o trenes de servicio, trenes de socorro o trenes quita-nieves donde hay una persona responsable a bordo para tomar medidas de seguridad, tales como parar, desacoplar vehículos o prevenir la rodadura de los vehículos.

(2) Los trenes donde los frenos continuos no funcionan en algunos vehículos debido a un fallo, o debido a que un vehículo no esté acoplado en el centro, y un freno se emplea en los primeros y últimos vehículos.

(3) Los trenes donde hay un vehículo dañado en el que un freno no actúa de forma continua, y un vehículo especial (limitados a los que no se pueden acoplar en el centro del tren) se acopla en la parte delantera o trasera del tren, y si el diseño permite que la persona a cargo de monitorear el vehículo para montarlo o para evitar que el vehículo se desacople.

Se establecerán por adelantado dos métodos de prueba de frenos de tren teniendo en cuenta y basándose en las condiciones en el momento de confeccionar un tren o cuando su composición se ve alterada.

Artículo 157. Potencia de frenado.

La potencia de frenado de un tren deberá tener la capacidad suficiente para acomodar la pendiente de la vía y la velocidad del tren.

(1) Se deberán establecer ciertos criterios en relación a la potencia de frenado para poder tener un criterio, incluyendo la relación entre el número de ejes de un vehículo en el que se aplica una potencia de frenado necesaria para el número de ejes del vehículo construido.

(2) El ratio mencionado arriba será de 100 como valor estándar. Si el valor debe establecerse a menos de 100, como por ejemplo cuando se conecta un vehículo con un freno fallido o un vehículo especial, la relación se establece en base a la pendiente del tramo de vía y velocidad de circulación estándar.

Artículo 158. Límite de estación o apeadero.

En el caso de que la operación de manejo dentro de la estación y el apeadero difiera de la de fuera, el límite se indica claramente en una forma que sea fácilmente reconocible. La línea divisoria entre el interior y el exterior de una estación y el apeadero se indicará en cada vía de ferrocarril por los siguientes métodos:

(1) En el caso de una vía férrea que permite el acceso a trenes en una estación y un apeadero en una línea de ferrocarril de doble vía, o una vía de ferrocarril en una estación de vía única.

Una señal de entrada externa o un signo de entrada en la estación, o un indicador que marque la sección central.

(2) En el caso de una vía de ferrocarril que permita la salida de trenes de una estación en una línea ferroviaria de doble vía.

Un indicador que indique la sección de la estación.

No obstante las disposiciones del párrafo (1), para la estación y parada situada en una sección de operación de doble vía donde no hay obstáculo potencial para interrumpir la operación, podrá establecerse el límite de dos o más vías de la estación mediante una señal principal, una señal de local o una señal que indique la sección de la estación descrita en (1) como referencia.

Artículo 159. Ningún vehículo se pondrá en funcionamiento en la vía principal en el exterior de la estación y apeadero, a menos que se combinen para formar un tren. Sin embargo, esta regla no se aplica a vehículos desviados.

Artículo 160. Funcionamiento en la Vía Principal en el Exterior de la Estación y en el Apeadero.

El “vehículo de maniobras” como se menciona en la disposición se limitará a los casos en que la maniobra de los vehículos dentro de una estación corra inevitablemente hacia el exterior de la estación, debido a la situación de las instalaciones.

Artículo 161. Horarios previstos de la operación ferroviaria.

(1) El tren se pondrá en funcionamiento para cumplir con la hora de salida programada, la hora de recogida del tren y su llegada a la estación de destino estarán regidas de acuerdo con la necesidad.

(2) Cuando se produzca una alteración en la programación de un tren, se realizarán esfuerzos por recuperarse y volver a la programación inicial.

Artículo 162. En relación a los horarios previstos de la operación ferroviaria.

(1) A la hora de evaluar las condiciones de tráfico ferroviario o hacer ajustes de operación de tráfico, no es necesario establecer los horarios para las estaciones que no son objeto de tal operación.

(2) Cualquier operación de regulación de tráfico necesaria se realizará de acuerdo a las instrucciones del jefe de transporte o la persona a cargo de la regulación del tráfico.

Artículo 163. Prevención de accidente en la salida de trenes.

El personal de cabina no arrancará un tren en el caso en que se considere que los pasajeros estén en peligro, como ser atrapado al cerrarse una puerta de tren.

(1) Teniendo en cuenta las condiciones actuales, el funcionamiento de la plataforma del tren, etc., se establecerá un método para evitar que se dé la situación en la que un pasajero se vea atrapado por una puerta o cualquier otra situación de peligro.

Artículo 164. Aseguramiento de la seguridad entre circulaciones ferroviarias.

Se operará un tren a través de uno de los siguientes métodos con el fin de garantizar la seguridad de los trenes, dependiendo de las instalaciones de seguridad de las que se disponga en cada línea. Esta regla no se aplica, sin embargo, para el tren que sea operado dentro de la estación o el apeadero, de acuerdo con el aspecto de la señal y su visualización, o la dirección de la persona que esté a cargo de la gestión de la estación y el apeadero (incluyendo el caso de que una persona sea designada antes de tiempo por un administrador):

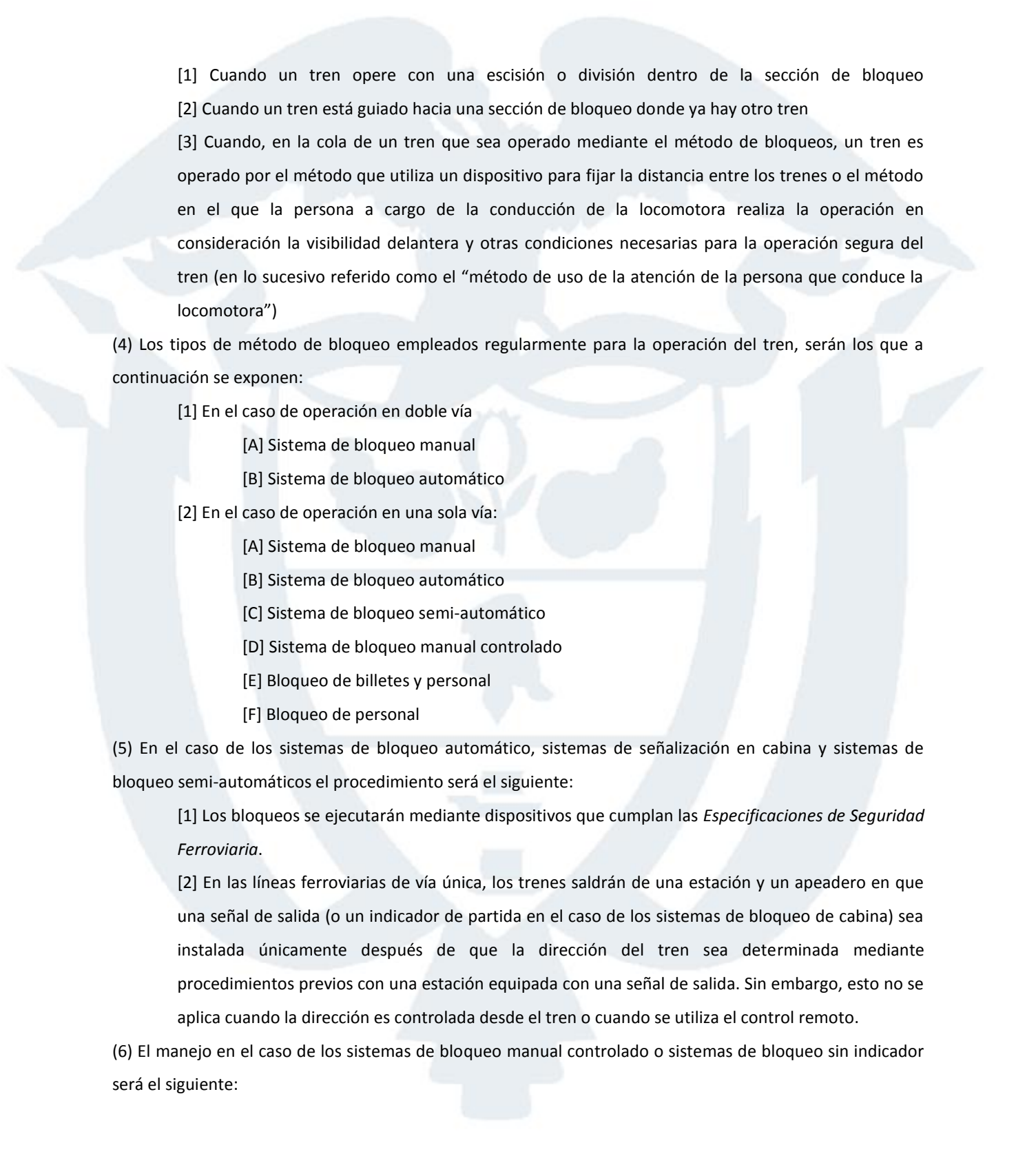
- (1) Método empleando bloqueos;
- (2) Método mediante un dispositivo para asegurar la distancia entre los trenes;
- (3) Método utilizando un dispositivo para fijar la distancia entre los trenes o el método en el que la persona encargada de conducir la locomotora lleva a cabo la operación teniendo en cuenta la visibilidad delantera (marcha a la vista) y otras condiciones necesarias para la operación segura del tren.

En el caso de las medidas de seguridad se proporcionen por separado para los trenes, como un tren de rescate o un tren de construcción de instalaciones en la sección donde otro tren de construcción de instalaciones ya esté trabajando, la norma mencionada con anterioridad puede considerarse nula.

Artículo 165. Métodos para el aseguramiento de la seguridad entre circulaciones ferroviarias

A. En la operación del tren por el “método de uso de bloqueos”, mencionado en el artículo 27, (1), se aplicará lo siguiente:

- (1) La vía principal estará dividida en secciones de bloqueo. Sin embargo, esto no se aplica para las secciones en las que dos o más trenes no sean operados al mismo tiempo a lo largo de la vía.
- (2) La vía principal en la estación y el apeadero puede no ser una sección de bloqueo.
- (3) Excluyendo los siguientes casos, dos o más trenes no funcionarán al mismo tiempo en una sección de bloqueo:

- 
- [1] Cuando un tren opere con una escisión o división dentro de la sección de bloqueo
- [2] Cuando un tren está guiado hacia una sección de bloqueo donde ya hay otro tren
- [3] Cuando, en la cola de un tren que sea operado mediante el método de bloqueos, un tren es operado por el método que utiliza un dispositivo para fijar la distancia entre los trenes o el método en el que la persona a cargo de la conducción de la locomotora realiza la operación en consideración la visibilidad delantera y otras condiciones necesarias para la operación segura del tren (en lo sucesivo referido como el “método de uso de la atención de la persona que conduce la locomotora”)
- (4) Los tipos de método de bloqueo empleados regularmente para la operación del tren, serán los que a continuación se exponen:
- [1] En el caso de operación en doble vía
 - [A] Sistema de bloqueo manual
 - [B] Sistema de bloqueo automático
 - [2] En el caso de operación en una sola vía:
 - [A] Sistema de bloqueo manual
 - [B] Sistema de bloqueo automático
 - [C] Sistema de bloqueo semi-automático
 - [D] Sistema de bloqueo manual controlado
 - [E] Bloqueo de billetes y personal
 - [F] Bloqueo de personal
- (5) En el caso de los sistemas de bloqueo automático, sistemas de señalización en cabina y sistemas de bloqueo semi-automáticos el procedimiento será el siguiente:
- [1] Los bloqueos se ejecutarán mediante dispositivos que cumplan las *Especificaciones de Seguridad Ferroviaria*.
 - [2] En las líneas ferroviarias de vía única, los trenes saldrán de una estación y un apeadero en que una señal de salida (o un indicador de partida en el caso de los sistemas de bloqueo de cabina) sea instalada únicamente después de que la dirección del tren sea determinada mediante procedimientos previos con una estación equipada con una señal de salida. Sin embargo, esto no se aplica cuando la dirección es controlada desde el tren o cuando se utiliza el control remoto.
- (6) El manejo en el caso de los sistemas de bloqueo manual controlado o sistemas de bloqueo sin indicador será el siguiente:

[1] Los bloqueos se ejecutarán con dispositivos que cumplan con las disposiciones de las *Especificaciones de Seguridad Ferroviaria*.

[2] Para que un tren entre en una sección de bloqueo, se requiere previa aprobación de la otra estación. Además, la ausencia de otro tren en la sección de bloqueo debe ser confirmada antes de su aprobación.

(7) En el caso de sistemas de bloqueo de billetes y el personal, el procedimiento será el siguiente:

[1] Los bloqueos se ejecutarán mediante un miembro del personal a bordo por cada sección de bloqueo y un teléfono específico.

[2] Las estaciones y apeaderos deberán estar equipados con una taquilla de billetes de tren con personal, así como una señal de bloqueo para mostrar la presencia o ausencia de los trenes en la sección de bloqueo.

[3] En las secciones de bloqueo adyacentes, el personal deberán ser de diferentes tipos, y los billetes de tren tendrán un apartado en el que se señalice en rojo y otro color diferente el personal empleado.

[4] La taquilla será de un tipo tal que no podrá ser abierta por cualquier persona ajena al personal de esa misma sección.

[5] En el billete de tren se incluirán los nombres de las estaciones y apeaderos en ambos extremos, así como la fecha de expedición y el número del tren. Una vez que un billete de tren es utilizado, no podrá volverse a utilizar en otros trenes.

[6] El billete de tren será emitido en las estaciones y apeaderos con personal solamente cuando hay dos o más trenes operados subsecuentemente en la misma sección y en la misma dirección. En estos casos, el tren anterior llevará el billete de tren, y el último tren llevará el personal.

[7] Cuando se entrega un billete de tren al conductor de una locomotora, se debe mostrar el personal que está trabajando en esa zona. En tales casos, la persona que conduce la locomotora recibirá el billete de tren después de la confirmación del personal.

[8] Cuando se opera un tren, el personal deberá llevar consigo el billete de tren.

[9] Las disposiciones del (6) [2] se aplicarán, *mutatis mutandis*.

(8) El procedimiento en el caso de los sistemas de bloqueo del personal se hará de la siguiente manera:

[1] Los bloqueos funcionarán mediante un miembro del personal por cada sección.

[2] El personal para las secciones de bloqueo adyacentes deberá ser de diferentes tipos.

[3] Cuando se opera un tren, el personal de su sección de bloqueo deberá estar a bordo.

(10) Independientemente de las disposiciones de (4), el funcionamiento en secciones donde no haya dos o más trenes operativos al mismo tiempo dará lugar a la implantación de un procedimiento distinto establecido con anterioridad.

A. En el caso de operar un tren mediante “el método que utilice un dispositivo para fijar la distancia entre los trenes”, según lo prescrito en el Artículo 28, se empleará un dispositivo tal y como queda reflejado en el artículo 28.

B. En el caso de la operación de los trenes por el método que utiliza la atención de la persona que conduce la locomotora según indica el Artículo 27 Número 3, se aplicará lo siguiente:

(1) En cuanto al “método que utiliza la atención de la persona que conduce la locomotora” se refiere, solamente se llevará a cabo en casos distintos a aquellos en los que los trenes salgan de estaciones (limitado a las estaciones y apeaderos equipados con una señal de entrada o indicador de camino) o entren en estaciones y apeaderos, y donde haya una necesidad de operar un tren por otros medios que el método de uso de bloques o el mediante un dispositivo para fijar la distancia entre los trenes.

(2) La técnica en el caso del “método que utiliza la atención de la persona que conduce la locomotora” será la siguiente:

(A) En los casos en que ha pasado un período de tiempo predeterminado después de la salida de un tren desde la estación y apeadero, y por consiguiente el próximo tren inicia su marcha en la misma dirección que el tren anterior:

(a) El conductor de la locomotora deberá hacerlo a una velocidad en que pueda detenerse con una amplia visibilidad delantera.

(b) La circulación de trenes en la misma dirección se llevará a cabo con un intervalo apropiado en relación con el tren precedente.

(c) Cuando se opera un tren en una dirección en una sección de operación de una sola vía, se establecerá de antemano un método para prevenir que otros trenes operen en la dirección opuesta.

(B) En los casos en que, tras ser operado mediante un sistema de bloqueo, un tren se detiene en respuesta a una señal de parada, o cuando un tren operado por el método que utiliza un dispositivo para fijar el intervalo entre trenes se detiene en respuesta a un control de detención, se opera cambiando el método de operación de los trenes por aquél que utiliza la atención del conductor del mismo.

(a) El conductor de la locomotora deberá hacerlo a una velocidad en que pueda detenerse con una amplia visibilidad delantera.

(b) Cuando se cambie el método de funcionamiento, los trenes comenzarán a funcionar de nuevo al pasar un minuto de su detención.

(c) Cuando un tren en movimiento se acerque al precedente, se detendrá rápidamente y esperará un minuto después de que el tren anterior inicie su marcha antes de volver a arrancar.

C. El procedimiento a la hora de operar un tren por el método que utiliza bloqueos en los casos en que se produzca un fallo en los dispositivos utilizados regularmente para bloqueos o dispositivos para fijar la distancia entre los trenes, etc., será el siguiente:

(1) Se pondrá en práctica el sistema de bloqueo expuesto en las disposiciones de 1 (4) o bien el sistema de bloqueo siguiente:

[1] En el caso de operación en doble vía

[A] Sistema de comunicación

[B] Tipo de mando

[C] Sistema de detección

[2] En el caso de operación en vía única

[A] Sistema piloto y telefónico

[B] Sistema piloto y de aviso

[C] Sistema piloto y de detección

[D] Sistema de piloto

(2) En los casos en que las estaciones y apeaderos adyacentes que permitan el paso estén divididas en dos secciones o más debido a un error en la vía, etc., y al operar un tren por el método que utiliza bloqueos, un sistema piloto deberá ser empleado con respecto a las estaciones y apeaderos pertinentes.

(3) El procedimiento en el caso de sistemas de comunicación, será el siguiente:

[1] Los bloqueos serán aplicados en secciones que se extienden entre las estaciones y apeaderos mediante la implementación de un teléfono en las estaciones en ambos extremos de la sección, y mediante el uso de un registro de los sistemas de comunicación. Sin embargo, cuando se utilice un dispositivo que permita la detección de trenes, no se requerirá el registro de un sistema de comunicación.

[2] Los registros del sistema de comunicación deberán incluir la aprobación de bloqueo, la llegada y salida del tren y cancelación del bloqueo.

[3] El acceso de trenes en secciones de bloqueo requiere la aprobación previa de la otra estación. Además, la ausencia de los trenes en una sección de bloqueo debe ser confirmada antes de dar dicha aprobación.

(4) El procedimiento para el tipo mando será el siguiente:

[1] Los bloqueos serán operados por el jefe de transporte o la persona a cargo de las operaciones de ajuste mediante un dispositivo de radio, con la vía extendiéndose entre las estaciones como si de una unidad de sección de bloqueo se tratase.

[2] El acceso de trenes a secciones de bloqueo requiere instrucción previa del jefe de transporte o la persona a cargo de la operación de ajuste. Además, el jefe de transporte o la persona a cargo de la operación de ajuste deberá confirmar la ausencia de trenes en la sección de bloqueo cuando se de tal instrucción.

(5) El procedimiento en el caso de los sistemas de detección será el siguiente:

[1] Los bloqueos se implementarán haciendo que la vía que se extiende entre las estaciones sea una única sección de bloqueo, y el uso de un dispositivo que automáticamente detecta que no hay ningún tren en la sección en ambos extremos de las estaciones y apeaderos.

[2] Cuando se permita el acceso de un tren a una sección de bloqueo, la ausencia de trenes, etc., en esta sección de bloqueo será confirmada usando el dispositivo mencionado en [1].

(6) El procedimiento en el caso de los sistemas piloto y telefónico, será el siguiente:

[1] Los bloqueos se implementarán haciendo que la vía que se extiende entre las estaciones sea una única sección de bloqueo mediante la selección de un líder y un teléfono por cada sección, y estará provisto de un billete piloto en las estaciones y apeaderos en ambos extremos de la sección.

[2] El líder será especificado a través de un acuerdo entre las estaciones y apeaderos en ambos extremos de una sección, y su nombre será registrado.

[3] El líder llevará puesto un brazalete rojo.

[4] El billete piloto deberá incluir los nombres de las estaciones y apeaderos en ambos extremos de la sección, la fecha de expedición y el número del tren.

Además, los billetes piloto utilizados para un tren no podrán ser utilizados para la operación de los demás.

[5] Los billetes piloto serán expedidos en la estación y apeadero donde el líder se encuentre estacionado cuando se produzca la operación de dos trenes o más en la misma dirección de manera continua. En tales casos, el tren precedente deberá llevar el ticket piloto, y el último tren tendrá el líder a bordo.

[6] El billete piloto será entregado directamente a la persona encargada de conducir la unidad motriz por el líder de esta sección.

[7] En la operación del tren, el tren tendrá el líder de esta sección a bordo o llevará el billete piloto.

[8] En secciones de doble vía, cuando quede suspendido el servicio en alguna de las vías y se implemente el sistema piloto y telefónico, también podrá usarse con respecto a los trenes que circulen en la misma dirección, el método que utiliza un dispositivo para fijar la distancia entre los trenes, el sistema de bloqueo automático o el sistema de bloqueo de señales de cabina.

[9] Las disposiciones de (3) [3] se aplicarán mutatis mutandis (cambiando lo que se deba cambiar).

(7) El procedimiento en el caso de los sistemas piloto y de aviso será el siguiente:

[1] Los bloqueos se ejecutarán haciendo que la vía que se extiende entre las estaciones sea una única sección de bloqueo, y mediante la selección de un líder y la utilización de un sistema de radio por parte del jefe de transporte o persona encargada de la operación. En tales casos, el billete piloto será proporcionado en las estaciones y apeaderos en ambos extremos de la sección de bloqueo.

[2] El líder deberá ser especificado, y su nombre será registrado.

[3] Las disposiciones de (4) [2] y (6) [3] - [8] se aplicarán mutatis mutandis (cambiando lo que se deba cambiar).

(8) El procedimiento en el caso de los sistemas piloto y de detección será el siguiente:

[1] Los bloqueos se llevarán a cabo haciendo que la vía que se extiende entre las estaciones sea una única sección de bloqueo, y mediante la selección de un líder de la sección y el uso de un dispositivo que detecte automáticamente desde los extremos de la sección que no hay ningún tren detenido en ella. En tal caso, será proporcionado un billete piloto en ambos extremos de las estaciones y apeaderos.

[2] Las disposiciones del (5) [2] y (6) [2] - [8] se aplicarán mutatis mutandis (cambiando lo que se deba cambiar).

(9) El procedimiento para sistemas piloto será el que a continuación se expone:

[1] Los bloqueos se realizarán seleccionando un líder por sección.

[2] A la hora de operar un tren, el líder de la sección deberá ir a bordo del tren.

[3] Las disposiciones de (6) [3] se aplicarán mutatis mutandis.

(10) En la ejecución de sistemas piloto y telefónicos, sistemas piloto y de aviso, sistemas piloto y de detección y sistemas piloto, si existe una línea de trayectoria con una parte en la que es difícil utilizar el líder, estas secciones se pueden especificar de antemano y un miembro del personal puede ser utilizado en lugar del líder de esta sección. En estos casos, habrá un solo piloto por el personal de la sección de bloqueo, y el personal piloto para secciones cercanas deberá ser de diferentes tipos. Además, las disposiciones de 1 (8) [7] se aplicarán mutatis mutandis para el envío de los billetes piloto bajo sistemas piloto y telefónicos, sistemas piloto y de aviso y sistemas piloto y de detección.

D. El método utilizado cuando se conduzca un tren de socorro o un tren de servicio en una sección donde otro tren de servicio esté presente (como se indica en la Orden Ministerial 2.2, artículo 101) debe ser especialmente establecido, así como un sistema de suspensión; su procedimiento, será el siguiente:

(1) El tren liberado o el tren anterior no se moverán de su posición de parada, y se proporcionan indicaciones de fin de carrera con respecto al tren de socorro o de otros trenes de servicio.

(2) Además de lo dispuesto en (1), se aplicará lo siguiente:

[1] Un mensajero por sección será seleccionado.

[2] El mensajero deberá llevar un brazalete blanco.

[3] Cuando se opere un tren, un mensajero deberá estar a bordo del mismo.

[4] Una vez que el tren haya iniciado su marcha, la llegada de un mensajero en la estación y apeadero será confirmada antes de permitir que otro tren efectúe su entrada en la misma sección.

(3) Cuando ejecutan el método de mensajero, si hay una vía con un parte donde esta difícil de utilizar un mensajero, esta sección puede ser estipulada con anterioridad, y un billete de mensajero pueda reemplazar el mensajero en esa sección. En estos casos, habrá un billete mensajero por sección en cuál se emplea este método.

E. El procedimiento para bloqueos al ejecutar el sistema de bloqueo o de las disposiciones de 5 (2) cuando se utiliza el método de suspensión, éste será ejecutado por el jefe de transporte, la persona a cargo de la operación de ajuste o el jefe de la estación (si el jefe del transporte designa una persona que no sea un jefe de estación, la ejecución se realizará por la persona designada).

F. Cuando el método que utiliza un dispositivo para fijar la distancia entre los trenes se cambia al método que utiliza bloqueos, o cuando un sistema de bloqueo se cambia a otro sistema de bloqueo, o cuando vuelven a uno de tipo predeterminado, se tendrá en cuenta de forma total la garantía de la seguridad del primer tren tras el cambio, y por lo tanto se proporcionará preliminarmente su manejo tal y como se requiere.

G. El procedimiento en los casos siguientes se ejecutarán de acuerdo con la instrucción del jefe de transporte o la persona a cargo de la operación de ajuste:

(1) Trenes normales

Cuando se cambia temporalmente el método de funcionamiento de un tren o de una sección de bloqueo, o al volver a un método de tipo predeterminado. Sin embargo, esto no se aplica en los casos previstos en las Especificaciones de este Artículo, (2) [1] (B), y cuando un tren esté equipado con un dispositivo automático de parada de tren, etc., que haga que sea imposible sobrepasar una velocidad determinada.

Artículo 166. Nota acerca de la seguridad en la operación ferroviaria.

(1) El método destinado a garantizar la seguridad de los trenes regularmente utilizado para la operación del tren (o el tipo de sistema de bloqueo en el caso de la operación del tren por métodos bloqueo) se establecerán en las normas de aplicación de cada sección. Además, se fijará un procedimiento para cada tipo.

(2) Manejar con la incorporación o división de una sección de bloqueo, las Especificaciones de los Modelos Aprobados 1 se establecerán en la norma de aplicación para los siguientes elementos:

[1] Las secciones objeto de incorporación o división

[2] El manejo con testigos (tokens), etc., con respecto a secciones de bloqueo incorporadas divididas.

[3] Manipulación en indicaciones, etc., en una estación y apeadero en el límite entre las secciones de bloqueo.

[4] El método de clarificación de la incorporación o división a la persona a cargo de la conducción de un vehículo de tracción

- [5] Manipulación en el caso donde las señales y las máquinas de aguja se detengan como resultado de la incorporación o la división de secciones de bloqueo
- [6] Otros asuntos relacionados con el manejo de constitución o división
- (3) En el caso del manejo según las Especificaciones del Artículo 28, 1 (7) [3], la norma de aplicación dispondrá la colocación de avisos en cada estación y apeadero sobre los trenes que realicen un retroceso.
- (4) El manejo de personal piloto conforme a lo dispuesto en las Especificaciones del Artículo 28, (10) se establecerán en la norma de aplicación para los siguientes elementos:
- [1] Las secciones con personal piloto y el tipo de personal piloto empleado en cada sección
 - [2] El formato de personal piloto
 - [3] El método para controlar el personal piloto y la persona implementado el control
 - [4] El método para la expedición de personal piloto y la persona que las emite
 - [5] El método de manejo por interrupción del uso de personal piloto
 - [6] Otros asuntos relacionados con el manejo de personal piloto
- (5) La tramitación de los billetes mensajero, de acuerdo con las Especificaciones de Modelos Aprobado 5 (3) se prescribirán en la implementación estándar mediante la aplicación de las disposiciones del personal piloto (4) *mutatis mutandis*. En tal caso, el tipo y formato de los billetes mensajero deberá ser diferente de los del personal piloto para la misma sección.

Artículo 167. Localización de trenes en circulación.

Un equipo que conduce un vehículo de tracción deberá conducir un tren en la parte delantera del primer vehículo. Sin embargo, esta regla no se aplicará cuando la operación segura del tren no se vea afectada. Debe entenderse que se podrá conducir un tren desde otro vehículo tractor que no sea el primero si la maniobra se realiza de forma segura, según se especifica en el artículo siguiente.

Artículo 168. “Casos en que la operación segura del tren no se vea afectada” en lo dispuesto en el artículo 30, serán los que se detallan a continuación, y deberán incluir los casos en que la persona a cargo le haga una señal a la parte delantera del primer vehículo y la persona que opera la unidad de tracción la conduce, los casos en que la persona calificada para conducir la unidad de tracción activa una bocina o un frenado continuo en la parte delantera del vehículo principal, y en otros casos en los que se puede asegurar la operación segura del tren.

- (1) Cuando la vía del tren, la catenaria o el vehículo esté fuera de servicio
- (2) Cuando se opera un tren de servicio, un tren liberado o un tren quitanieves

- (3) Cuando se opera entre una estación y una parte de revestimiento que se ramifica desde la mitad de una vía principal fuera de una estación
- (4) Al realizar la operación de retroceso en una estación de retroceso
- (5) Cuando se opera para probar instalaciones o vehículos
- (6) Cuando se realiza la operación en una sección especificada como predeterminada

En el caso de la manipulación en vía, el nombre de la estación y la sección se especificará en la consigna u orden de la operación.

Artículo 169. Velocidad de la operación del tren.

El tren será operado a una velocidad segura, según sean las condiciones de la vía y la catenaria, el rendimiento del vehículo, el método de operación, la condición de las señales, el método de protección del tren etcétera.

La velocidad máxima de operación será establecida según sean las condiciones de la vía y la catenaria, el rendimiento del vehículo y el método de protección del tren, y las velocidades de circulación de cada tren serán estipuladas abajo en los siguientes casos:

- (1) Las velocidades suministradas que dependen del método operacional de la operación serán especificadas abajo.

[1] Trenes normales:

[A] En el caso de la operación del tren desde una posición aparte de la cabeza del tren (excluyendo los casos donde se usan un vehículo quitanieves) la velocidad no superará las 25 km/h. Sin embargo, con la excepción de contramarcha, en casos donde la persona cualificada para conducir la unidad de tracción a la cabeza del tren activa una claxon o un freno continuo, la velocidad no superará las 45 km/h.

[B] En el caso de la operación en contramarcha (con la excepción donde tal operación está prevista y los casos en (A)), la velocidad no superará las 25 km/h.

[C] En el caso de la operación de una locomotora con una tender a contramarcha (excluyendo los casos de acoplamiento a cualquier parte del tren que no sean la parte de enfrente), la velocidad no superará las 45 km/h.

[D] En los casos estipulados bajo las provisiones de las Especificaciones del Artículo 27 (2)

[1] (A) y (B), la velocidad no superará las 25 km/h.

- (2) Velocidades especificadas según las condiciones de las señales serán las siguientes:

(A) Señales de restricción de velocidad

Velocidades no superarán las 25 km/h. Sin embargo, en el caso de la operación usando un dispositivo para frenar automáticamente el tren antes de que llega al inicio de una sección protegida por un señal con aspecto de parada y que contiene una función de comprobar la velocidad, la velocidad no excederá un nivel apropiada para que el tren pueda frenar en el punto de la próxima señal con aspecto de parada (o la posición de parada donde no hay un señal de aspecto de parada).

(B) Señal de caución

Velocidades no excederán un nivel que permite el tren frenar en el punto de la próxima señal con aspecto de parada (o la posición de parada donde no hay un señal con aspecto de parada) o un nivel apropiada para permitir el paso del punto de la próxima señal con aspecto de restricción de velocidad a una velocidad predeterminada.

(C) Señales de reducción de velocidad

Velocidades no excederán un nivel que permite el tren pasar el punto de la próxima señal de caución o señal con aspecto de restricción de velocidad a una velocidad predeterminada.

(D) Señales de menor reducción de velocidad

Velocidades no excederán un nivel que permite el tren pasar el punto de la próxima señal con aspecto de restricción de velocidad o señal de caución a una velocidad predeterminada.

(E) Señal de vía libre (limitada a señales en secciones donde haya un aspecto de señal de alta)

Velocidades no excederán un nivel que permite el tren pasar el punto de la próxima señal con aspecto de menor reducción de velocidad, de restricción de velocidad o de caución a una velocidad predeterminada.

(F) Señales permisivos

Velocidades no superarán las 25 km/h.

(G) Señales de baja velocidad

Velocidades no superarán los niveles especificados.

(H) Señales de vía libre desde señales de cabina

Velocidades no superarán los niveles indicados numéricamente (excluyendo 0) (o velocidades especificadas de otra manera si existen en una manera non numérica)

(I) Señales fijas serán establecidas para los aspectos de señales de (B) a (E) desde señales de entrada, señales de inicio y señales de bloqueos.

(3) En el caso del paso de una máquina de agujas en oposición abierta (excluyendo máquinas de agujas de muelles)

Velocidades no superarán las 25 km/h.

(4) En el caso de señales laterales

Velocidades no superarán las 45 km/h.

Artículo 170. Nota en relación a la velocidad de operación del tren.

(1) Por “velocidad máxima” resaltada en las Especificaciones de Modelos Aprobados, el valor máximo permisible en el plan de operación del tren será estipulada en los estándares de implementación.

(2) Una velocidad fija será establecida en líneas. Se refiere a la velocidad unificada entre operadores con respecto al mismo aspecto de señal. Sin embargo, no se aplica cuando, en cuanto a un operador operando dos o más vías se refiere, no causa un impedimento a la seguridad, por ejemplo en casos donde no hay solapamiento entre las vías manejada por la persona conduciendo la unidad de tracción.

Artículo 171. Operación de marcha atrás del tren.

Los trenes no harán movimientos de contramarcha. Sin embargo, cuando se toman medidas para mantener los próximos trenes fuera del alcance de los movimientos de contramarcha de un tren o para prevenir impedimentos a la operación segura de trenes esta regla puede ser eximida.

Artículo 172 Acerca de la operación marcha atrás del tren.

Casos “cuando se toman medidas para mantener los próximos trenes fuera del alcance de los movimientos de contramarcha de un tren o para prevenir impedimentos a la operación segura de trenes” serán los siguientes:

(1) Donde la operación a contramarcha está planificada

(2) Donde la vía, catenaria o vehículo está fuera de servicio y cualquier de las siguientes tipos de manejo estén implementados:

[1] Recepción de instrucciones desde la cabeza del transporte, la persona encargada de los ajustes de la operación del tráfico ferroviario, o la persona realizando el manejo de bloqueos en la estación y parada donde la operación a contramarcha está llevada a cabo.

[2] Implementación de los arreglos para frenar los siguientes trenes a una distancia apropiada fuera del alcance de la operación a contramarcha en el caso de distancias cortas de operación a contramarcha.

Artículo 173. Salida y entrada simultánea de trenes en estación o apeadero.

En caso en que dos o más trenes entran o salen de una estación o parada, y cuando hay posibilidad de interferir con la ruta de uno o el otro debido a un rebase, estos trenes no se operarán al mismo tiempo.

En adición a casos donde dispositivos para frenar los trenes automáticamente estén instalados, en los siguientes casos no hará riesgo de trenes causando impedimentos a la ruta del otro debido a rebase:

- (1) Cuando opera un tren con una señal de restricción de velocidad indicada;
- (2) Cuando hay un apartadero de seguridad;
- (3) Cuando la distancia entre la señal de entrada/inicio o un indicador de parada de tren y el límite de una ocurrencia de impedimento mutua en el supuesto de un rebase sea no menos que 100 m.

El caso de la existencia de un apartadero de seguridad incluye los casos donde la instalación de una máquina de descarrilamiento de agujas en una vía relacionada previene la posibilidad del evento de un rebase por otro tren.

Artículo 174. Protección del tren.

En el evento de un parón de las operaciones del tren debido a problemas, la señal de parada será mostrada u otras medidas tomadas para frenar el tren lo más pronto posible, teniendo en cuenta la necesaria distancia de frenado de emergencia del tren.

1 La protección del tren será activada en los siguientes casos:

- (1) Cuando, debido a descarrilamiento o similar un tren constituye un impedimento a la ruta de otro tren operando en una vía adyacente.
- (2) Cuando problemas que requieren la parada de trenes ocurren en las vías, catenarias o en otros puntos.

2 Medidas de protección del tren serán señales con aspecto de parada utilizando una señal principal, señal de cabina, señal de mano temporal, o señal especial, o el uso de un interruptor de tierra de emergencia en una distancia apropiada del punto de obstrucción.

3 Cuando el personal de un tren necesitan protegerlo, el personal requerido para esta tarea estará en activo antes de la operación del tren.

4 En el caso de medidas de protección del tren utilizando equipos portátiles de señalización, los individuos involucrados y la tipología de equipos de señalización llevada o almacenada será establecida de manera preliminar.

5 La distancia de frenado estándar de un tren en el caso de frenado de emergencia en ferrocarriles será de 600 m. Sin embargo, cuando un método para la rápida protección de tren esta implementada, por ejemplo,

un sistema basado en las radiocomunicaciones, el valor puede ser una distancia de frenado de emergencia de acuerdo con el método relevante.

6 Para asegurar estos aspectos de seguridad de forma automática conviene la instalación en nuevas líneas férreas, de sistemas de Avance a la Señalización y Frenado Automático (ASFA) o ATP (Automatic Train Protection), o equivalentes, que actúan de forma automática reduciendo la velocidad del tren mediante la implementación de una curva de frenado en cuanto el vehículo ferroviario circule sobre una baliza electromagnética del sistema. El sistema es mejorable en función de las instalaciones de comunicación que se tengan entre la unidad ferroviaria y el Centro de Control de Tráfico o estación más cercana que controle el tramo.

7 Existen otros sistemas de protección del tren como el ATO (Automatic Train Operation), más avanzados puesto que controlan, además del freno del tren, el acelerador, pero no se suelen utilizar en ámbitos interurbanos, únicamente en ámbitos metropolitanos.

8 La utilización de los sistemas de los puntos 6 y 7 está supeditada a la capacidad que se desee tener en la línea en cuestión y el número de circulaciones ferroviarias de la misma.

Artículo 175. En relación con la protección del tren.

En casos cuando el personal del tren está encomendada con la conducción de la protección del tren, y con trenes en cuál la persona conduciendo la unidad de tracción esta en activo sólo (operación solitaria) se aplica lo siguiente:

- (1) Cuando se operan trenes de pasajeros, ningún impedimento será causado a la seguridad de los pasajeros mientras entran y salen y durante la guía de evacuados en el supuesto de una emergencia.
- (2) Por secciones con operaciones de doble vía (incluyendo cuando vías sencillas transcurren en paralela), se harán preparativos para asegurar la protección pronto de trenes en vías adyacentes. En tales casos, un dispositivo para suministrar la protección de tren automática será instalada en un punto entre estaciones considerado necesarios, teniendo en cuenta los factores de peligro como la condición de las vías, por ejemplo, curvas estrechas y tráfico rodante en pasos a nivel.
- (3) Para la implementación de estas medidas, educación y formación serán provistas al personal relacionado durante un periodo considerable de tiempo.
- (4) La implementación de estas medidas será transmitida a los usuarios (pasajeros) durante un periodo considerable de tiempo.
- (5) Instrucciones para el manejo de las secciones, los trenes y las operaciones serán estipuladas en el estándar de implementación.

Artículo 176. Cierre o bloqueo temporal de vía.

Cuando se necesita bloquear una sección de la vía para trabajos de construcción o mantenimiento, se tomarán medidas preventivas para prevenir la llegada de otros trenes etcétera (excluyendo vehículos utilizados en los trabajos de construcción o mantenimiento) a la sección.

- (1) El bloqueo de las vías será implementada de acuerdo con las instrucciones de Jefe de Transporte o la persona a cargo de los ajustes de las operaciones de tráfico ferroviario.
- (2) Cuando se realiza trabajos de mantenimiento de la vía etcétera, o cuando se usa un trole sin bloquear la vía, se tomarán medidas para asegurar que no causan un impedimento a la operación ferroviaria, etcétera.

Artículo 177. Prevención del peligro en la operación ferroviaria.

Cuando hay una probabilidad de un huracán, un terremoto u otro desastre natural que posa una amenaza a la operación ferroviaria, se tomarán las medidas apropiadas para evitar los peligros, incluyendo la suspensión temporal del servicio.

Artículo 178. Métodos para la prevención del peligro en la operación ferroviaria.

1 Medidas para prevenir peligros debido a las condiciones climatológicas. Correspondiente a acciones como la suspensión temporal de la operación ferroviaria o circulando bajo restricciones de velocidad en casos donde trenes pueden ser expuestos a peligros por las condiciones climatológicas o terrestres, los métodos del mismo y la sección etcétera, en cuál estas acciones estén ejecutadas serán establecidas por adelantado.

2 Medidas para prevenir peligros en el supuesto de fuegos en ferrocarriles subterráneos

La siguiente información será definida para prevenir la exposición de los trenes a peligro y asegurar la seguridad de los pasajeros así como la evacuación rápida en evento de un fuego en un tren en o pasando por una estación subterránea, etcétera. En tales cosas, donde se harán diferentes tipos de manejo según las condiciones de las instalaciones, etcétera, la tipología será clarificada.

- (1) Si hay un incendio en un tren en circulación, en principio el tren continuará hasta llegar a la siguiente estación o al exterior de un túnel.
- (2) Los otros trenes serán parados en la estación más cercana y retenidos allá.
- (3) Cuando un tren en llamas esta retenida en una estación, o cuando una estación está en llamas, cualquier tren llegando a esta estación en principio no estará permitido parar en la estación.

Sección 6. Operación del material rodante

Artículo 179. Maniobras de vehículos (incluyendo maniobras de trenes, se aplicará lo mismo en el párrafo siguiente) se llevará a cabo con medidas de seguridad tal como haciendo uso de señales.

La maniobra de vehículo se llevará a cabo de manera para no obstaculizar la operación de los trenes.

Artículo 180. La maniobra de los vehículos será como se expone a continuación:

(1) Las “medidas de seguridad como el uso de señales” mencionados en el artículo 42 será uno de los siguientes. Sin embargo, para maniobras que no causen ningún obstáculo potencial a otras vías y para maniobras simples y habituales, se podrá llevar a cabo mediante un método en el que el conductor de la unidad de tracción inicie su operación teniendo en cuenta y considerando la visibilidad y otras condiciones necesarias para la operación segura del tren.

[1] Un método que utiliza un dispositivo para operar automáticamente un vehículo

[2] Un método que utiliza señales

[3] Un método que utiliza signos

[4] Un método que utiliza indicadores

[5] Un método que utiliza un dispositivo de radio

(2) La maniobra utilizando señales o indicadores se realiza después de confirmar la presencia o ausencia de obstáculos antes de iniciar la operación del vehículo.

(3) Los vehículos no deberán poner en marcha maniobras a menos que puedan ser implementado el frenado adecuado. Además, con los vehículos de transporte de pasajeros, vehículos cargados con explosivos o vehículos cargados con mercancías que, posiblemente, puedan dar lugar a un peligro como consecuencia de la puesta en marcha de las maniobras, no se iniciarán maniobras de ningún tipo ni de otros vehículos hacia dicho vehículo.

(4) Las maniobras manuales de vehículos que utilicen las vías principales serán objeto de seguimiento.

(5) Las maniobras que generen un obstáculo en una vía principal fuera de una estación en la dirección de trenes que se aproximen no deberá realizarse excepto en los siguientes casos:

[1] Cuando la aprobación del enclavamiento no se da en las secciones de aplicación de un sistema de enclavamiento en el que se lleve a cabo la manipulación de bloqueos por arreglo de las estaciones situadas en ambos extremos de la sección del bloqueo;

[2] Cuando, en las secciones de bloqueo del sistema, se desarrolla una prueba o haya una persona designada para su control y la misma se encuentran en la estación;

[3] Cuando, en el caso de la aplicación de medidas para suprimir la operación del tren, o cuando existan razones de fuerza mayor, se proporcione un nivel considerable de protección con respecto a la dirección de aproximación del tren.

(6) Las velocidades de maniobra serán las que se indican a continuación. Sin embargo, el cambio de vía realizado con un dispositivo de control automático del tren (ATC) está excluido.

(A) El cambio de vía o maniobra de locomotoras y aquél basado en una señal de maniobra (excluyendo las maniobras basadas en señales permisivas y las maniobras llevadas a cabo en el paso por una máquina de agujas no cerrada)

La Velocidad no será superior a 45 km/h.

(B) Cambio de vía o maniobra diferente a la expuesta en (A)

La velocidad no será superior a 25 km/h.

Nota: el cambio de vía del tren podrá realizarse utilizando un método similar al de la maniobra de otros vehículos.

Artículo 181. En relación con las maniobras.

(1) La aplicación del “método que utiliza un dispositivo de radio” como se menciona en el Artículo 43, [5] será la siguiente:

[1] El sistema de radio deberá estar equipado con las siguientes funciones:

(A) Detención automática del vehículo en caso de un fallo del sistema;

(B) Prevención de control para vehículos que no sean los destinatarios durante el funcionamiento del sistema;

(C) Detención automática del vehículo cuando las comunicaciones por radio se vean interrumpidas o la recepción de información presente condiciones de inestabilidad;

(D) Control automático de la velocidad del tren en el caso de que la velocidad de un tren supere el valor ajustado predeterminado.

[2] Medidas de seguridad relacionadas con las operaciones de trabajo

El puesto de conducción deberá estar situado en la parte delantera del vehículo. Sin embargo, cuando se conduzca en el suelo, deberá estar en una posición segura y capaz de ser confirmada por parte del conductor.

[3] Medidas de seguridad relacionadas con el controlador

(A) Los dispositivos manejados por un conductor no deberán causar obstáculo para las actividades del conductor.

(B) Los productos deberán ofrecer un control instantáneo o automático para permitir parar en caso de anomalías relacionadas con el conductor.

[4] Cualificaciones del conductor

Dado que el método que utiliza un dispositivo de radio significa que la persona que emite convencionalmente signos de maniobra es al mismo tiempo el conductor del vehículo, este deberá tener conocimientos y habilidades y también estará capacitado para ser un conductor de una unidad de tracción.

(2) El “método en el que la persona que conducía el vehículo de tracción opera según la visibilidad delantera y otras condiciones necesarias para la operación segura del tren”, mencionado con anterioridad, se ejecuta de la siguiente forma:

[1] “Maniobras que no causen ningún obstáculo potencial a otras vías” que se mencionan en el Artículo 43

(1) se refieren a los casos en que se dé alguna de las situaciones siguientes:

(A) Los casos en que se prevé la maniobra habitual de antemano;

(B) Los casos en que el viaje está situado dentro de un rango protegido por señales fijas, en contra del funcionamiento de otros trenes;

(C) Los casos en que no hay máquina de aguja dentro del rango de desplazamiento. Sin embargo, esto excluirá que las máquinas de aguja sean bloqueadas mediante dispositivos de enclavamiento;

(D) Los casos en que el tren viaja a una velocidad que permita que el vehículo se detenga dentro del régimen de marcha a la vista sin obstrucciones.

[2] “Maniobra simple habitual” como se menciona en la misma limitación se referirá a casos en donde cualquiera de los siguientes supuestos tenga lugar:

(A) Los casos en que se prevé la maniobra habitual de antemano;

(B) Casos en los que no hay probabilidad de maniobrar con conflictos en la ruta o donde la maniobra pueda causar conflicto debido a que sobrepase sus límites;

(C) Casos en los que la maniobra se realiza sólo en vías de apartado que no generen ningún obstáculo a la vía principal, o en los casos de utilización de una vía principal y la maniobra sea realizada en un intervalo de tiempo en el que no haya ninguna probabilidad de que otros trenes estén en funcionamiento;

(D) Los viajes se realizarán a una velocidad que permita que el vehículo se detenga dentro del régimen de marcha a la vista sin obstrucciones. Sin embargo, el vehículo irá a tal velocidad que permita una detención inmediata cuando se opere un tren al confirmar la ruta y dirección de la máquina de aguja.

[3] El método descrito en [1] se aplicará *mutatis mutandis* a la modificación de las posiciones de detención del tren en las estaciones y apeaderos. [1] [A] no se aplica en este caso.

Artículo 182. Almacenamiento de material rodante.

Cuando un vehículo se almacena, deben tomarse las medidas pertinentes y necesarias para evitar que deslice o ruede hacia fuera.

“Medidas necesarias” relacionadas con el almacenamiento de vehículos: o bien la creación de sistemas que permitan procedimientos de parada en caso necesario con el personal de vigilancia estacionado, o la implementación de medidas tales como el cierre de la fuerza motriz, la restricción del frenado de mano y del frenado del lado, y la instalación de trinquetes manuales con el fin de prevenir el movimiento (movimiento propio) bajo el poder de los vehículos o su movimiento (rodante) causadas por fuerzas naturales, incluyendo pendientes de la vía de ferrocarril y fuertes vientos.

Artículo 183. Prevención de peligro para un vehículo que transporte mercancías peligrosas

Cuando se almacene un vehículo cargado con materiales peligrosos, se adoptará una medida preventiva correspondiente con las situaciones ambientales, incluyendo un traslado de este tipo de vehículo a otra vía.

En el caso de almacenamiento para vehículos cargados con materiales peligrosos, se llevarán a cabo medidas de control de riesgos, como por ejemplo mover el vehículo a una vía situada lo más lejos posible en el caso de que las condiciones del entorno representen un peligro para los materiales peligrosos.

Artículo 184. Relación entre la Señalización Ferroviaria, si la hubiera, y la operación de trenes.

En el caso en que los trenes/vehículos, sean operados de acuerdo con la indicación o el aspecto de la señal de la vía, deberán cumplir con lo que la señal dicte.

Artículo 185. Indicación de stop por una señal.

(1) Los trenes, deberán detenerse en la posición externa de parada especificada cuando se indique un aspecto de detención. Sin embargo, cuando no sea posible obedecer la señal debido a la coordinación temporal y de lugar, el tren se detendrá tan pronto como le sea posible. .

(2) El tren detenido de acuerdo con la citada norma, no podrá salir hasta después de que la señal muestre que puede proceder.

Nota aclaratoria: “hacia fuera de la posición de parada especificada” se refiere a un lugar posterior, en el sentido de la marcha, al punto de una señal dando órdenes de detención (en el caso de señales de cabina, ésta deberá ser hacia el exterior del indicador que muestra el límite dentro del que el tren tiene que parar) o hacia el exterior de la sección de protección de la señal que proporciona el aspecto.

“Dirección a proceder” en 2 será una dirección indicada por la persona a cargo que pueda determinar la razón para el aspecto de la señal que indica una detención y la ausencia de problemas si la operación del tren es reiniciada.

Artículo 186. Inexactitud en la visualización de señales.

Cuando no hay ninguna señal de aspecto en el lugar designado, o cuando su señal de aspecto no está clara, se supone que la señal está mostrando la restricción máxima a la operación de los trenes.

Nota aclaratoria: “La señal muestra la máxima restricción en la operación del tren” se referirá a una señal de parada en el caso de señales principales y señales de cabina, y, para las señales auxiliares, una señal de detención o una señal que indique la acción de repetir esa detención especificada en la señal anterior.

Artículo 187. Prohibición de doble uso de una señal.

La señal no se utilizará para servir a dos o más vías o dos tipos de propósitos. Sin embargo, esta regla no se aplica a un caso en el que no cause ningún obstáculo para la operación segura de los trenes.

Nota aclaratoria: “En caso de que no cause ningún obstáculo para la operación segura de los trenes”, significa lo que a continuación se expone:

- (1) Si la indicación de una señal avanzada, una señal de repetición, una señal equipada con un indicador de ruta o una señal de cabina se utiliza para dos o más vías de ferrocarril.
- (2) Si la indicación de una señal instalada en un punto de ramificación para las vías vecinas con condiciones equivalentes para la seguridad operacional y se utiliza para dos o más vías de ferrocarril
- (3) Si la indicación de una señal de cabina también se utiliza como una señal con respecto al tren o vehículo para ser maniobrado
- (4) Si la indicación de una señal de dirección o camino se emplea también como una señal para el tren o vehículo a maniobrar
- (5) Si la indicación de una señal de maniobra (incluyendo una señal de tierra) también se utiliza como un indicador de ruta despejada para una vía ferroviaria

En el caso de utilizar una señal para dos o más fines, se proporcionarán indicaciones con objeto de permitir que sea inmediatamente identificable la finalidad de su uso.

Artículo 188. Condiciones del aspecto de señal para indicar paso.

El aspecto de la señal que indique vía libre puede ser dispuesto únicamente para continuar siempre que no cause ningún obstáculo a las rutas de trenes.

Mientras que no cause obstáculo alguno a las rutas de trenes, podrán ser indicadas señales que dicten vía libre o proceder con respecto a las señales que protejan la sección correspondiente o podrá ser indicada manualmente la acción de proceder.

Artículo 189. Otros aspectos concernientes a señalización ferroviaria.

Además de las reglas presentadas en los Artículos 48-50, las señales cumplirán otras reglas relevantes de acuerdo con la tipología, el método de visualización y condiciones de manejo, para que el personal pueda tomar decisiones precisas y pertinentes mientras conducen el material rodante de acuerdo con el aspecto de las señales, y también para garantizar la seguridad de la operación ferroviaria.

Nota aclaratoria: la “tipología de la señal, método de visualización y otras condiciones” quiere decir lo siguiente:

(1) Señales con una variación del aspecto entre día y noche serán utilizadas con el método del día entre el alba y el ocaso, y con el método de noche entre el ocaso y el alba. Sin embargo, para tramos donde operan dos o más trenes a la vez entre estaciones y paradas, y en casos donde el aspecto de la señal con la modalidad de día es difícil de identificar debido a las condiciones climatológicas o la presencia de túneles, las Señales fijas emplearán el método de noche incluso para el periodo entre el alba y el ocaso.

(2) Señales fijas (señales fijadas en una locación específica para proveer un aspecto de la señal) serán clasificadas de la siguiente manera:

- [1] Señales principales;
- [2] Señales subsidiarias;
- [3] Apéndices de señales.

(3) La tipología de las señales principales será la siguiente:

- [1] Señales de entrada: proveerán un aspecto de la señal a un tren entrando en una estación y parada;
- [2] Señales de salida: proveerán un aspecto de la señal a un tren saliendo de una estación y parada;
- [3] Señales de bloqueo: proveerán un aspecto de la señal a un tren entrando en una sección de bloqueo;
- [4] Señales permisivas: proveerán un aspecto de la señal a un tren operando por delante de la posición de una señal en respuesta a las señales permisivas mientras no permite un aspecto de la señal dando instrucciones para seguir con respecto a la señal de entrada o señal de maniobra;
- [5] Señales de maniobra: proveerán un aspecto de la señal a un tren en operaciones de maniobra;

[6] Señales de Vía: proveerán un aspecto de la señal a un tren entrando en o saliendo de una estación y parada en el caso donde el aspecto de la señal a un tren operando de acuerdo con el aspecto de una señal de cabina ha sido deshabilitado debido a un fallo etcétera, o para proveer un aspecto de la señal a un vehículo que realiza maniobras baja un método basado en señales, en casos donde un señal de maniobra no existe.

(4) Los tipos y aspectos de indicaciones de una señal principal serán los siguientes:

[1] Señales de entrada, Señales de salida y Señales de bloqueo;

Tipo de señal	Aspecto de señal			
	Tres posiciones	Dos posiciones		
	Color de luz	Color de luz	Señales semafóricas	
			Día	Noche
Señal de detención	Luz roja	Luz roja	Brazo horizontal	Luz roja
Señal de restricción de velocidad	Luz superior amarilla	Luz superior amarilla		
Señal de precaución	Luz ámbar			
Señal de velocidad reducida	Luz superior amarilla			
Señal de velocidad menos reducida	Luz superior amarilla			
Señal de vía libre	Luz verde	Luz verde	Brazo inclinado a la	Luz verde
Señal de alta velocidad	Luz superior verde			

Tabla 52.1. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales de entrada, señales de salida y señales de bloqueo

[2] Señales permisivas

Tipo de señal	Aspecto de señal	
	Color de luz	Posición de la señal de luz
Señal de aviso	Luz amarilla	Posición inclinada a la izquierda por debajo de 45 grados

Tabla 52.2. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales permisivas

Nota: Las luces de sistemas de posición de luces serán blancas o de un color que no pueda ser confundido por las señales de otros sistemas similares.

[3] Señales de maniobra y Señales de vía

Tipo de señal	Aspecto de señal			
	Señal de tres posiciones		Señal de dos posiciones	
	Color de luz	Posición de señal	Color de luz	Posición de señal
Señal de detención	Luz roja	Posicionada en horizontal	Luz roja	Posicionada en horizontal
Señal de precaución	Luz amarilla	Posicionada inclinación a izquierda menor		
Señal de vía libre	Luz verde	Posicionada en vertical	Luz verde o amarilla	Posicionada inclinación a la

Tabla 52.3. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales de maniobra y de vía

Nota: Las luces de sistemas de posición de luces serán blancas o de un color que no puede ser confundido por las señales de otros sistemas de posición de luces.

(5) Los tipos de señales subsidiarias serán los siguientes:

[1] Señales avanzadas

Las señales avanzadas serán subsidiarias a las señales de entrada, y servirán para notificar el aspecto de las señales principales con respecto a los trenes.

[2] Señales de paso

Las señales de paso serán subsidiarias a las señales de salida, y servirán para notificar el aspecto de las señales principales con respecto a los trenes entrando en las estaciones, para indicar la presencia o ausencia del permiso para pasar sin parada por la estación o apeadero.

[3] Señales repetidas

Las señales repetidas serán subsidiarias a las señales de entrada, señales de inicio y señales de bloqueo y proveerán aspectos de la señal avanzadas para notificar el aspecto de las señales principales con respecto a los trenes.

(5) Tipos y métodos de aspectos de señales desde una señal principal serán los siguientes:

[1] Señales avanzadas

Tipo de señal		Aspecto de señal			
		Color de luz	Señal principal de Dos posiciones		
			Color de luz	Señales semafóricas	
				Día	Noche
Señal principal indica detención	Señal de precaución	Luz amarilla	Luz amarilla	Brazo horizontal	Luz amarilla
Señal principal indica restricción de velocidad o señal de precaución	Señal de velocidad reducida	Luz superior amarilla Luz inferior verde	Luz superior amarilla Luz inferior verde		
Señal principal indica vía libre	Señal de vía libre	Luz verde	Luz verde	Brazo inclinado a la izquierda menos de 45 grados	Luz verde

Tabla 52.4. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales avanzadas

[2] Señales de paso

Tipo de señal		Aspecto de señal		
		Señal principal de Dos posiciones		
		Color de luz	Señales semafóricas	
			Día	Noche
Señal principal indica detención	Señal de precaución	Luz amarilla	Brazo horizontal	Luz amarilla
Señal principal indica vía libre	Señal de vía libre	Luz verde	Brazo inclinado a la izquierda menos de 45 grados	Luz verde

Tabla 52.5. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales de paso

[3] Señales repetidas

Tipo de señal		Aspecto de señal	
		Color de luz	Posición de señal
Señal principal indica detención	Repetición de señal de detención	Luz roja	Posicionada en horizontal
Señal principal indica restricción de velocidad	Repetición de señal de limitación	Luz superior amarilla Luz inferior amarilla	Posicionada inclinada a la izquierda menos de 45 grados
Señal principal indica precaución		Luz amarilla	
Señal principal indica velocidad reducida		Luz superior amarilla Luz inferior verde	
Señal principal indica menor velocidad reducida		Luz superior amarilla intermitente Luz inferior verde intermitente	
Señal principal indica vía libre	Repetición de señal de vía libre	Luz verde	Posicionada en vertical
Señal principal indica alta velocidad	Repetición de señal de alta velocidad	Luz superior verde Luz inferior verde	Superior posicionada en vertical Inferior posicionada en vertical

Tabla 52.6. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales repetidas

Nota: Las luces de sistemas de posición de luces serán blancas o de un color que no puede ser confundido por las señales de otros sistemas de posición de luces.

(7) Los tipos de apéndices de señales estarán conforme se indica abajo, y serán utilizados tras la indicación que emitan.

[1] Indicadores de ruta

Los indicadores de ruta indicarán, como apéndice a las señales, la ruta de un tren cuando la indicación de una señal de entrada, señal de salida, señal permisiva, señal de maniobra o señal de vía es utilizada en común por dos o más vías de desvío a su interior.

[2] Indicadores de ruta preliminares

Los indicadores de ruta preliminares serán subsidiarios a las señales de entrada, señales de inicio, señales de bloqueo, señales avanzadas o señales de paso y darán una indicación preliminar de la ruta de un tren como indicada por la siguiente señal de entrada o inicio.

(8) Tipos y aspectos de señales dadas por señales de cabina (señales que indican una señal dentro de la cabina de un tren) serán los siguientes:

Tipo de señal – Método del Aspecto

Señales de parada – Una luz con signos o caracteres que representan una indicación de parada, o una luz roja

Señales de avance – Signos o números (excluyendo 0) que representan una indicación de velocidad, o una luz de color que no sea roja

(9) Señales temporales serán montadas cuando un tren no puede operar a una velocidad determinada debida a un fallo de la vía u otras circunstancias para proveer un aspecto de la señal, y sus tipos y métodos de aspectos de señales serán los siguientes:

[1] Los tipos de señales temporales serán los siguientes:

[A] Señales de velocidad baja

Las señales de velocidad baja proveerán indicaciones de velocidad baja a trenes entrando las secciones que requieren operación de velocidad baja.

[B] Señales de notificación de velocidad baja

Las señales de notificación de velocidad baja serán subsidiarias a las señales de velocidad baja y proveerán indicaciones preliminares de notificación de velocidad baja a trenes.

[C] Indicadores del final de limitación de velocidad

Los indicadores del final de limitación de velocidad proveerán indicaciones del final de limitación de velocidad a trenes saliendo de secciones que requieren la operación a una velocidad baja.

[2] Cuando un tren está operando a una velocidad baja de acuerdo con una señal de baja velocidad, se indicarán la velocidad.

[3] Las señales temporales serán utilizadas siempre tras la emisión de la indicación.

(10) Señales de mano serán utilizadas para transmitir indicaciones en situaciones cuando una señal no puede ser utilizada o no está instalada, y sus tipos y aspectos posibles serán los siguientes:

[1] Los tipos de señales de mano serán los siguientes:

[A] Señales de mano sustitutas

Las señales de mano sustitutas serán utilizadas en casos donde las señales de entrada, señales de salida, señales de cabina, o dispositivo para asegurar la distancia entre trenes (limitado a casos donde trenes entran o salen de las estaciones o apeaderos) no pueden ser utilizadas.

[B] Señales de mano de paso

Las señales de mano de paso serán utilizadas con respecto a los trenes pasando estaciones cuando no se puede utilizar una señal de paso.

[C] Señales de mano temporales

Las señales de mano temporales serán utilizadas en casos aparte de (A) y (B) y donde sea necesaria proveer dichas señales.

[2] Los tipos y métodos de aspectos de las indicaciones de las señales de mano serán los siguientes:

[A] Señales de mano suplementarias

Tipo de señal	Aspecto de la señal	
	Día	Noche
Señal de detención	Bandera roja	Luz roja
Señal de vía libre	Bandera verde	Luz verde

Tabla 52.7. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales de mano suplementarias

[B] Señales de mano de paso

Tipo de señal	Aspecto de la señal	
	Día	Noche
Señal de vía libre	Bandera verde	Luz verde

Tabla 52.8. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales de mano de paso

[C] Señales de mano temporales

Tipo de señal	Aspecto de la señal	
	Día	Noche
Señal de detención	Bandera roja o luz roja. Sin embargo, si estos items no están disponibles, se pondrán los dos brazos en alto y se moverán o se realizará señal con artículo distinto a la bandera verde	Luz roja. Sin embargo, si no está disponible, movimiento rápido con otra luz distinta de la verde
Señal de baja velocidad	Sostener bandera roja y bandera verde (ambas cerradas) en las manos y cruzarlos en posición de aspa sobre la cabeza. Si no están disponibles estos elementos, se extienden ambos brazos y se mueven hacia abajo lentamente	Luz verde intermitente
Señal de vía libre	Bandera verde o luz verde. Si no están disponibles estos elementos, levantar una mano lo más alto posible	Luz verde

Tabla 52.8. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales temporales de mano

[3] Las banderas y las luces utilizadas para las señales de mano serán de tal forma que sean reconocibles desde una distancia no menor de 400 m.

[4] Cuando se permite la entrada de tren en una estación o apeadero en las situaciones en las que señales de paso no pueden ser utilizadas, señales permisivas serán materializadas mediante señales de mano dentro de las señales de entrada.

[5] Las señales de mano pueden ser reemplazadas con los equipos suplementarios para señales de mano, de acuerdo con el aspecto indicado en la siguiente tabla:

Tipo de señal	Aspecto de señal
Señal de detención	Luz roja
Señal de baja velocidad	Luz verde intermitente
Señal de vía libre	Luz verde

Tabla 52.9. Tipos y aspectos de señal ferroviaria: señales de mano con equipos suplementarios

(11) Las señales especiales serán utilizadas para dar indicaciones si surge la necesidad de frenar un tren en una locación inesperada, y los tipos y aspectos de estas tipos de señales de mano serán los siguientes:

[1] Los tipos de señales especiales serán los siguientes:

- (A) Señales de bengala: señales para frenar trenes utilizando fuego
- (B) Señales de luz intermitente: señales para frenar trenes utilizando una luz potente
- (C) Señales de alarma: señales para frenar trenes utilizando un sonido de aviso

[2] Las indicaciones transmitidas con señales especiales serán señales de parada o detención, y sus aspectos posibles serán los siguientes:

- (A) Señales de bengala: una llama roja utilizando una bengala
- (B) Señales de luz intermitente: una luz roja intermitente
- (C) Señales de alarma: un sonido de aviso basado en radiocomunicaciones

[3] El aspecto de las señales especiales será reconocible a una distancia dentro de cual un tren puede frenar antes del punto de fallo.

(12) Las condiciones bajo las cuales las indicaciones estén dadas a través de estas señales serán los siguientes:

[1] Las indicaciones de la restricción de velocidad serán dadas con una señal como sigue:

- (A) Las señales de entrada, señales de salida o señales de bloqueo donde existe un riesgo de obstrucción mutua debido a un rebase cuando un tren entra o sale de una estación (excluyendo los casos donde hay un desvío de seguridad o donde la distancia del punto de una señal de entrada, señal de salida o indicador de parada de tren al límite a partir de cuál la obstrucción mutua debido a un rebase es no menos que 100 m).
- (B) En los casos donde un aspecto de señal de parada es transmitido por la siguiente señal de entrada, así como donde la distancia a la máquina de agujas exterior de la sección de protección de esta señal o a la sección de parada esta corta, habrá una señal en la sección de acercamiento.

[2] Junto a los casos citados en [1], las indicaciones de restricción de velocidad pueden ser transmitido por las siguientes señales:

- (A) La señal más interior cuando exista la necesidad para prevenir el rebase al entrar una vía que termina dentro de una estación y parada;
- (B) La señal de tres posiciones exterior de una señal que transmite una indicación de freno.

[3] Las indicaciones de caución serán transmitidas por señales como sigue:

- (A) La señal de tres posiciones más interior de una vía que termina en una estación y parada (excluyendo estas que indican señales de restricción de velocidad);

(B) Una señal avanzada o de paso que sea subsidiaria a una señal que transmite una indicación de parada.

[4] Al lado de los casos citados en [3], las señales de caución pueden ser indicadas por una señal de tres posiciones al exterior de una señal que transmite una indicación de freno o una indicación de restricción de velocidad.

[5] Las señales de restricción de velocidad serán indicadas por señales avanzadas que son subsidiarias a la señal de entrada transmitiendo una indicación de restricción de velocidad o una indicación de caución.

[6] Al lado de los casos citados en [5], las señales de restricción de velocidad pueden ser indicadas por una señal de tres posiciones anterior a una señal que transmite una indicación de restricción de velocidad o una indicación de precaución.

[7] Señales de velocidad menos reducida pueden ser indicadas por una señal de tres posiciones anterior a una señal que transmite una indicación de restricción de velocidad o una indicación de precaución.

[8] Señales de vía libre (limitada a esas secciones que indican señales de alta velocidad) pueden ser indicadas por una señal de tres posiciones anterior a una señal que transmite una indicación de precaución, una indicación de restricción de velocidad o una indicación de velocidad menos reducida.

[9] Las señales de entrada, señales de inicio o señales de bloqueo presente en una sección de un sistema de implementación de bloqueo automático utilizando una señal de tres posiciones no necesitan cumplir con [1] – [8] arriba.

[10] Las señales de maniobra presente en las secciones de implementación de maniobras utilizando una señal de maniobra de tres posiciones no necesitan cumplir con [3] y [4] arriba en los casos donde una velocidad determinada haya sido fijada por un aspecto de la señal de caución.

(13) Las indicaciones transmitidas por las señales principales (excluyendo aspectos de la señal con respecto a los trenes parados) serán reconocible a una distancia que permita a los trenes que circulan hacia la misma, decelerar o parar de acuerdo con el aspecto de la señal. Sin embargo, esto excluye los casos donde la distancia que permite la visualización sea insuficiente, y donde una señal está indicada por una señal subsidiaria y el total de la distancia que permite el reconocimiento de la señal subsidiaria y la distancia entre esta señal y la señal principal no es menos que la distancia que permite el tren acercando a la señal principal decelerar o parar de acuerdo con el aspecto de la señal.

2 El manejo relativo a señales será lo siguiente:

(1) El manejo donde hay una señal transmitiendo un orden de vía libre será lo siguiente:

[1] Cuando hay un aspecto repetido de la señal de parada, los trenes procederán con anticipación del aspecto de la señal de parada en la señal principal cuando la distancia sea corta;

[2] Cuando hay una señal de aspecto de restricción de velocidad, los trenes procederán en anticipación del aspecto de la señal de parada en la siguiente señal o de la locación de la posición de la parada y un corto margen de seguridad en caso de rebase;

[3] Cuando hay una señal de aspecto de caución, los trenes procederán en anticipación del aspecto de la señal de parada en la siguiente señal o de la locación de la posición de la parada;

[4] Cuando hay una señal de aspecto de restricción de velocidad, los trenes procederán en anticipación del aspecto de la señal de restricción de velocidad o de la señal de caución en la siguiente señal;

[5] Cuando hay una señal de aspecto de velocidad menos reducida, los trenes procederán en anticipación del aspecto de la señal de caución o de la señal de velocidad reducida en la siguiente señal;

[6] Cuando hay una señal de aspecto de vía libre, los trenes procederán en anticipación del aspecto de la señal de velocidad menos reducida, de la señal de caución, de la señal de velocidad reducida o de la señal de velocidad menos reducida en la siguiente señal por cuál la distancia esta corta;

[7] Cuando hay una señal de aspecto de vía libre, los trenes procederán a una velocidad que no exceda un nivel predeterminada (no más que la velocidad visualizada en el caso de un aspecto de la señal de una señal de cabina). Sin embargo, en el caso de las secciones que indican una señal de alta velocidad, los trenes procederán en anticipación del aspecto de la señal de caución, de la señal de velocidad reducida, o de la señal de velocidad menos reducida en la siguiente señal.;

[8] Cuando hay una señal repetida de aspecto de vía libre, los trenes procederán en anticipación del aspecto de la señal de vía libre en una señal principal por cuál la distancia esta corta;

[9] Cuando hay un aspecto de señal de alta velocidad, los trenes procederán a una velocidad que no exceda el nivel predeterminada;

[10] Cuando hay un aspecto de señal de alta velocidad repetida, los trenes procederán en anticipación del aspecto de la señal de alta velocidad en una señal principal por cuál la distancia de señalización esta corta;

[11] Cuando hay un aspecto de señal permisiva, los trenes procederán en anticipación de la presencia de otros trenes en la ruta;

[12] Las señales de entrada, señales de inicio o señales de bloqueo presente en una sección de un sistema de implementación de bloqueo automática utilizando una señal de tres posiciones no necesitan cumplir con [2] – [5] y [7] arriba;

[13] Las señales de maniobra presente en las secciones de implementación de maniobras utilizando una señal de maniobra de tres posiciones no necesitan cumplir con [3] arriba si una velocidad determinada haya sido fijada por un aspecto de la señal de caución.

(2) El manejo relativo a los aspectos de las señales temporales será lo siguiente:

[1] Donde hay un aspecto de señal de baja velocidad, los trenes procederán respetando de la velocidad estipulada;

[2] Donde hay un aspecto de señal de baja velocidad, los trenes procederán en anticipación de una próxima señal de baja velocidad;

[3] Donde hay un aspecto de señal de final de limitación de velocidad, los trenes pueden terminar su acatamiento a los límites de velocidad pasado el punto de este aspecto.

(3) El manejo de las señales será lo siguiente:

[1] El manejo relativo al aspecto de la señal en una señal de tres posiciones será lo siguiente:

(A) Una señal de alta velocidad no será indicada antes que una señal de vía libre está indicada en una señal interior;

(B) Una señal de vía libre no será indicada antes que una señal de caución, una señal de velocidad reducida o una señal de velocidad menos reducida está indicada en una señal interior;

(C) Una señal de velocidad reducida no será indicada antes que una señal de restricción de velocidad o una señal de caución está indicada en una señal interior. Sin embargo, esta no se aplica donde una velocidad determinada haya sido fijada por cada aspecto de la señal;

(D) Una señal de velocidad menos reducida no será indicada antes de una señal de caución o una señal de velocidad reducida está indicada en una señal interior. Sin

embargo, esta no se aplica donde una velocidad determinada haya sido fijada por cada aspecto de la señal.

[2] Las Señales de salida (excluyendo las que estén en secciones donde sistemas de bloqueo automático o sistemas de bloqueo semi-automático están implementados) emitirán indicaciones de vía libre cuando el bloqueo con respecto a la sección ha sido realizado.

[3] Las Señales permisivas no indicarán indicaciones permisivas antes que el tren a guiar hace una parada temporal al exterior de una señal de entrada o señal de maniobra. Sin embargo, esta no se aplica donde una señal permisiva está indicada tras tomando medidas para asegurar un nivel de seguridad equivalente a lo obtenido por la indicación de una señal permisiva después de la parada del tren.

[4] Las Señales avanzadas no emitirán indicaciones de vía libre antes que la indicación de una señal de vía libre en la señal principal, y no emitirán indicaciones de velocidad reducida antes que la indicación de una señal de restricción de velocidad o una señal de caución en la señal principal.

[5] Las Señales de paso no emitirán indicaciones de vía libre antes que la indicación de una señal de vía libre en la señal principal y una señal de entrada en la misma locación.

[6] Señales repetidas no emitirán indicaciones repetidas de vía libre antes que la indicación de una señal de vía libre, indicaciones repetidas de alta velocidad antes que la indicación de una señal de alta velocidad, indicaciones repetidas de límites antes que la indicación de una señal de restricción de velocidad, una señal de caución, una señal de velocidad reducida o una señal de velocidad menos reducida en la señal principal.

[7] Los indicadores de ruta no indicarán una ruta antes que la indicación de una señal de vía libre en la señal aneja.

[8] Los indicadores de ruta preliminar no emitirán indicaciones de una ruta preliminar antes de que la señal aneja y la próxima señal indican una señal de vía libre.

[9] Las señales fijas serán manejadas por el jefe de transporte o la persona encargada con los ajustes de las operaciones ferroviarias o el jefe de estación (si el jefe de transporte designa una persona que no sea el jefe de estación, esa persona realizará el manejo).

(4) Las indicaciones en las señales temporales y en las señales de baja velocidad y vía libre emitidas utilizando señales de mano serán dadas tras la notificación de las personas involucradas.

(5) En los casos en los que un dispositivo para asegurar la distancia entre trenes, o una señal de entrada, de salida o de cabina no pueda ser utilizado, y cuando un tren entra o sale de una estación o apeadero, se usarán señales de mano como sustituto. Sin embargo, las señales de mano de sustitución no pueden ser usadas en los casos donde el jefe de transporte, la persona encargada con los ajustes de las operaciones ferroviarias o el jefe de estación (si el jefe de transporte designa una persona que no sea el jefe de estación, esa persona) da los órdenes de vía libre necesarios tras comprobar las condiciones de las rutas relacionadas, o en casos donde, para una señal de salida, está implementada la ejecución de un sistema de bloqueo que no sea un sistema de bloqueo automático, un sistema de bloqueo semiautomático, un sistema de bloqueo manual controlada o un sistema de bloqueo de enclavamientos, y donde la máquina de agujas en la sección protegida es de tipo talonado con un signo de máquina de aguja o una máquina de agujas de muelle.

Artículo 190. Otros aspectos en relación con señalización ferroviaria.

El manejo cuando las indicaciones o los aspectos de las señales ferroviarias llegan a ser difíciles de reconocer en condiciones normales debido a niebla densa o tormentas de nieve será estipulado en el estándar de implementación.

Artículo 191. Cuando la señal indica vía libre para los trenes, la ruta no será impedida.

Artículo 192. El tipo y método de visualización de las señales y los indicadores serán determinadas antes de que sean puestas en operación para garantizar la operación ferroviaria segura.

Artículo 193. Relacionada con Señal e Indicador.

1 Las señales y los indicadores serán utilizadas tras establecer sus tipos y métodos de visualización. Sin embargo, las señales y los indicadores abajo serán utilizadas de la siguiente manera:

(1) Señales

[1] En la salida de un tren, señales de salida serán provistas si necesaria.

[2] Trenes proveerán señales utilizando cláxones en los siguientes casos:

- (A) Cuando tienen que dar un aviso de peligro
- (B) Cuando hay necesidad de instar a la caución
- (C) Cuando hay una necesidad para notificar del acercamiento
- (D) Cuando surge una emergencia o accidente

[3] Señales de maniobras serán provistas cuando realizando maniobras de vehículos en respuesta a señales.

(2) Indicadores

[1] Los trenes serán provistas con indicadores de tren, y el método de visualización serán especificadas en la siguiente tabla.

Tipo de indicador	Aspecto de indicador	
	Día	Noche
Indicador en cabeza	Como mínimo una luz blanca en el frente del vehículo que circula en cabeza de la composición	
Indicador en cola	Como mínimo una luz roja o disco rojo en la parte trasera del vehículo que circula en cola de la composición	Como mínimo una luz roja o placa roja reflectante en la parte trasera del vehículo que circula en cola de la composición (limitado a aquéllos en los que la indicación puede ser reconocida por la luz del indicador de cabeza del siguiente tren). Sin embargo, esta indicación debe ser de dos o más luces o placas reflectantes rojas para trenes operados mediante dispositivos que aseguren la distancia entre trenes y para trenes operados en tramos con sistema de bloqueo automático o sistemas de bloqueo por señal en cabina.

Tabla 56.1. Tipos y aspectos de indicadores de tren

Los indicadores del material rodante durante la operación a contramarcha serán como los indicados previamente antes del comienzo de la operación a contramarcha. En estos casos, donde se puede proveer un indicador de cabeza en la locación que convierta en la cabeza durante las operaciones a contramarcha durante la noche, un indicador de cabeza será proveído en adición de un indicador de cola.

[2] Las unidades de tracción utilizadas para maniobras serán provistas con un indicador de maniobras de unidades de tracción. Sin embargo, esta no se aplica cuando un indicador de tren esta proveído.

[3] Señales de bloqueo serán provistas con un indicador de señal de bloqueo.

[4] Señales repetidas del tipo luces de color serán provistas con un indicador de señal repetida.

[5] En vías en secciones de operaciones ferroviarias que utilizan un dispositivo para garantizar la distancia entre trenes o por el sistema de bloqueo de señales de cabina, los siguientes indicadores

serán provistas. Sin embargo, esta no se aplica en los casos donde una señal de vía está colocada, o donde una máquina de aguja no está instalada o constantemente cerrada.

(A) Vías donde trenes entran de una estación o parada: un indicador de entrada

(B) Vías donde trenes salen de una estación o parada: un indicador de inicio

[6] Una vía donde trenes están maniobrada utilizando indicadores será señalada con un indicador de maniobra.

[7] Las agujas que necesitan indicar direcciones de ruta despejada serán provistas con un indicador de agujas.

[8] Las vías donde no hay una señal de salida, o donde la señal de salida no puede ser colocada en una posición predeterminada serán provistas con un indicador de parada de tren cuando haya necesidad de indicar el límite del paro de tren.

[9] En puntos donde haya necesidad de indicar el límite del paro de un vehículo, serán provistos un indicador de parada de vehículo.

[10] En las vías donde haya necesidad de indicar el fin de las mismas serán provistas de un indicador de parada de vehículo.

[11] En las vías donde haya necesidad de indicar el fin de la catenaria, serán provistas de un indicador de fin de cable colgante.

[12] En pasos a nivel donde no haya instalada una máquina de barrera automática o un dispositivo de aviso de carretera y los transeúntes no tienen manera de conocer el acercamiento de un tren, un indicador de claxon será provista en la localización apropiada.

2 Lo señalado en el Artículo 52 aplicará *mutatis mutandis* a los signos y los indicadores. En este caso, “aspecto” será leído como “visualizar,” y “señales” será leído como “signos e indicadores.”