



LA REPÚBLICA DE ESLOVENIA
MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURAS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA TSG-212-00X: 2023

Sobre la base del artículo 50, apartado sexto, de la Ley de seguridad del transporte ferroviario (DO RS n.º 30/18), el Ministro de Infraestructuras emite una especificación técnica

SUPERESTRUCTURA FERROVIARIA - GÁLIBOS DE ESTRUCTURA — TSPI — PGV.10.301: 2023

El Ministro de Infraestructuras

Número:

En Liubliana,

Esta especificación técnica (TSPI — PGV.10.301: 2023) se establece en virtud del procedimiento de información de conformidad con la Directiva (UE) 2015/1535, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de septiembre de 2015, por la que se establece un procedimiento de información en materia de reglamentaciones técnicas y de reglas relativas a los servicios de la sociedad de la información (DO L 241 de 17. 9. 2015, p. 1).

Índice

1	Objeto de las especificaciones técnicas.....	3
2	Definición de los términos.....	3
3	Relaciones entre gálidos.....	5
4	Perfiles de referencia.....	5
4.1	Perfil de referencia para la parte superior, $H > 400$ mm.....	6
4.2	Perfil de referencia para la parte inferior, $H \leq 400$ mm.....	7
4.3	Perfiles de referencia del pantógrafo.....	8
5	Cálculo de la parte superior del gálibo de estructura, $H > 400$ mm.....	9
5.1	Accesorios en la dirección transversal.....	9
5.1.1	Adición de vuelco del vehículo.....	9
5.1.2	Adición debido a la inclinación cuasistática del vehículo.....	9
5.1.3	Adición debido a movimientos aleatorios.....	10
5.2	Cálculo de los semianchos del gálibo mínimo de la estructura.....	10
5.3	Cálculo de las alturas del gálibo mínimo de la estructura.....	11
6	Cálculo de la parte inferior del gálibo de estructura, $H \leq 400$ mm.....	11
7	Cálculo de la distancia entre las vías.....	12
8	Cálculo de la separación del andén.....	13
9	Cálculo del gálibo de la estructura del pantógrafo.....	15
9.1	Gálibo de la estructura mecánica del pantógrafo.....	15
9.1.1	Accesorios en la dirección transversal.....	15
9.1.2	Semiancho del gálibo mecánico de la estructura.....	16
9.1.3	Adición en dirección vertical y altura del gálibo de la estructura mecánica.....	17
9.2	Gálibo de la estructura eléctrica del pantógrafo.....	18
10	Visión general del gálibo de la estructura de la línea.....	19
11	Documentos de referencia.....	19
12	Literatura.....	20
13	Significado del símbolo.....	21
14	Significado de abreviaturas.....	22
15	ANEXO 1: Valores de los parámetros de errores aleatorios.....	23
16	ANEXO 2: Gálibo de estructura mínimo DE3 para $R \geq 250$ m.....	24
17	ANEXO 3: Gálibo normal de la estructura DE3 para $R \geq 250$ m.....	25
18	ANEXO 4: Gálibo de estructura GC mínimo para $R \geq 250$ m.....	26
19	ANEXO 5: Gálibo normal de la estructura GC para $R \geq 250$ m.....	28
20	ANEXO 7: Parte inferior del gálibo de estructura GI2 para $R \geq 250$ m.....	29

1 Objeto de las especificaciones técnicas

El objeto de la especificación técnica es el cálculo de los perfiles luminosos de las líneas de la red ferroviaria eslovena de conformidad con las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema de infraestructura (Reglamento (UE) n.º 1299/2014 de la Comisión) y del subsistema de energía (Reglamento (UE) n.º 1301/2014 de la Comisión). La metodología de cálculo se basa en las publicaciones SIST EN 15273 (SIST EN 15273-1:2013, SIST EN 15273-2:2013, SIST EN 15273-3:2013+A1:2017) y UIC (UIC kodex 505-4, 2007, 506, 2008) y cubre perfiles brillantes, separaciones del andén desde el eje de la vía, distancia entre vías y perfil brillante del pantógrafo para líneas de la misma vía electrificadas de 3 kV.

Los perfiles luminosos se pueden calcular utilizando un método estático, dinámico o cinemático. Solo el método cinemático cumple las condiciones de interoperabilidad y, por lo tanto, se basa en todos los cálculos de la presente especificación técnica.

2 Definición de los términos

Gálíbos de estructura (alemán, *Lichtraumprofil*): es un espacio en el eje de la vía en el que no puede extenderse ninguna parte de la línea ni otros objetos que no sean instalaciones directamente relacionadas con la explotación del tráfico ferroviario.

Gálíbo del material rodante (alemán, *Fahrzeugbegrenzungslinie*): es un espacio al que no puede acceder ninguna parte del vehículo ni de la carga.

Perfiles de referencia (alemán, *Bezugslinie*): se utilizan como base para calcular perfiles de luz y carga (perfiles de vehículos).

Gálíbo límite de instalación de estructuras (alemán, *Mindestlichtraumprofil, Grenzlinie*): es el espacio mínimo en el eje de la vía que debe estar libre para el paso del material rodante; ninguna parte de la vía u otros objetos pueden entrar en este espacio o verse afectados por el tráfico de la vía adyacente.

Gálíbo nominal de instalación de estructuras (alemán, *nominales Lichtraumprofil*): es el perfil luminoso mínimo ampliado por los apéndices A, B y C especificado por el operador.

Vuelco (alemán, *Ausladung*): es el vuelco geométrico del vehículo en una vía curva.

Vuelco cuasistático (alemán, *quasistatische Verschiebung*): es el movimiento de un vehículo por exceso o defecto de peralte en la curva.

Coeficiente de flexibilidad (alemán, *Neigungskoeffizient*): es la relación entre el ángulo formado por el eje de la vía del vehículo parado en el plano vertical de la vía peraltada y el ángulo entre el plano de la vía y la horizontal.

Disimetría (alemán, *Asymetrie*): es el ángulo entre el eje vertical del vehículo parado en el eje y la horizontal y la vertical resultante del desequilibrio del muelle del vehículo y la asimetría de la carga.

Deficiencia de peralte (alemán, *Überhöhungfehlbetrag*): es la diferencia negativa entre el peralte real y el teórico en la curva.

Exceso de peralte (alemán, *Überhöhungüberschuss*): es una diferencia positiva entre el peralte real y el teórico en una vía curva.

Pantógrafo (alemán, *Stromabnehmer*): es un dispositivo de una locomotora eléctrica o de un grupo motor eléctrico que permite la transmisión de energía eléctrica de la red al vehículo.

Calibrador de pantógrafo (alemán, *Grenzlinie der Stromabnehmer*): es un espacio reservado para el paso del pantógrafo en posición elevada.

Gálibo de estructura del pantógrafo mecánico (alemán, *mechanische Grenzlinie der Stromabnehmer*): es un espacio reservado para el paso del pantógrafo en la posición elevada, sin tener en cuenta las distancias de seguridad eléctrica.

Gálibo de estructura del pantógrafo eléctrico (alemán, *eléctrica Grenzlinie der Stromabnehmer*): es un espacio reservado para el paso del pantógrafo en la posición elevada, que también incluye distancias de seguridad eléctrica.

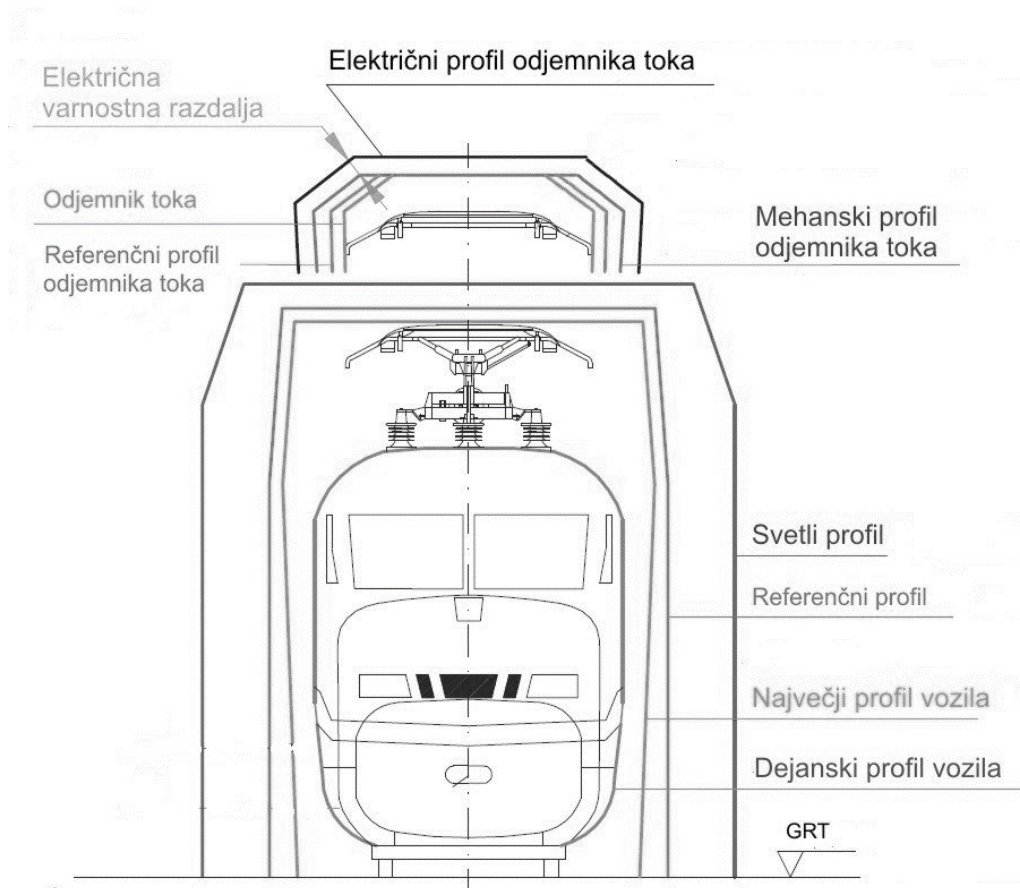
Separación del andén (alemán, *Bahnsteigabstand* y): es la distancia entre el eje de la vía y el borde del andén medida paralelamente al plano de la vía.

Distancia entre los centros de vía (alemán, *Gleisabstand*): es la distancia entre las ocho vías adyacentes medida paralelamente al plano de la vía con un peralte inferior.

Ancho de vía (alemán, *Spurweite*): es la distancia mínima entre los bordes de rodadura de los carriles a una distancia comprendida entre 0 y 14 mm por debajo del plano de los bordes superiores de los carriles.

3 Relaciones entre gálíbos

En la figura 3.1 se muestra la relación entre el gálibo de la estructura , el gálibo del material rodante (perfil del vehículo), el perfil de referencia y el ancho de vía real.



Električni profil odjemnika toka	Gálibo eléctrico del pantógrafo
Električna varnostna razdalja	Distancia de seguridad eléctrica
Odjemnik toka	Pantógrafo
Referenčni profil odjemnika toka	Gálibo de referencia del pantógrafo
Mehanski profil odjemnika toka	Gálibo mecánico del pantógrafo
Svetli profil	Gálibo de la estructura
Referenčni profil	Gálibo de referencia
Največji profil vozila	Gálibo máximo del vehículo
Dejanski profil vozila	Gálibo real del vehículo
GRT	GRT

Figura 3.1: Relaciones entre gálíbos

4 Perfiles de referencia

Los perfiles de referencia están especialmente diseñados para la parte superior ($H > 400 \text{ mm}$), especialmente diseñados para la parte inferior ($H \leq 400 \text{ mm}$) y especialmente diseñados para el pantógrafo en líneas electrificadas.

4.1 Perfil de referencia para la parte superior, $H > 400$ mm

En la red ferroviaria eslovena, los gálíbos de referencia DE3 y GC se utilizan para la parte superior.

Se muestran en las figuras 4.1 y 4.2.

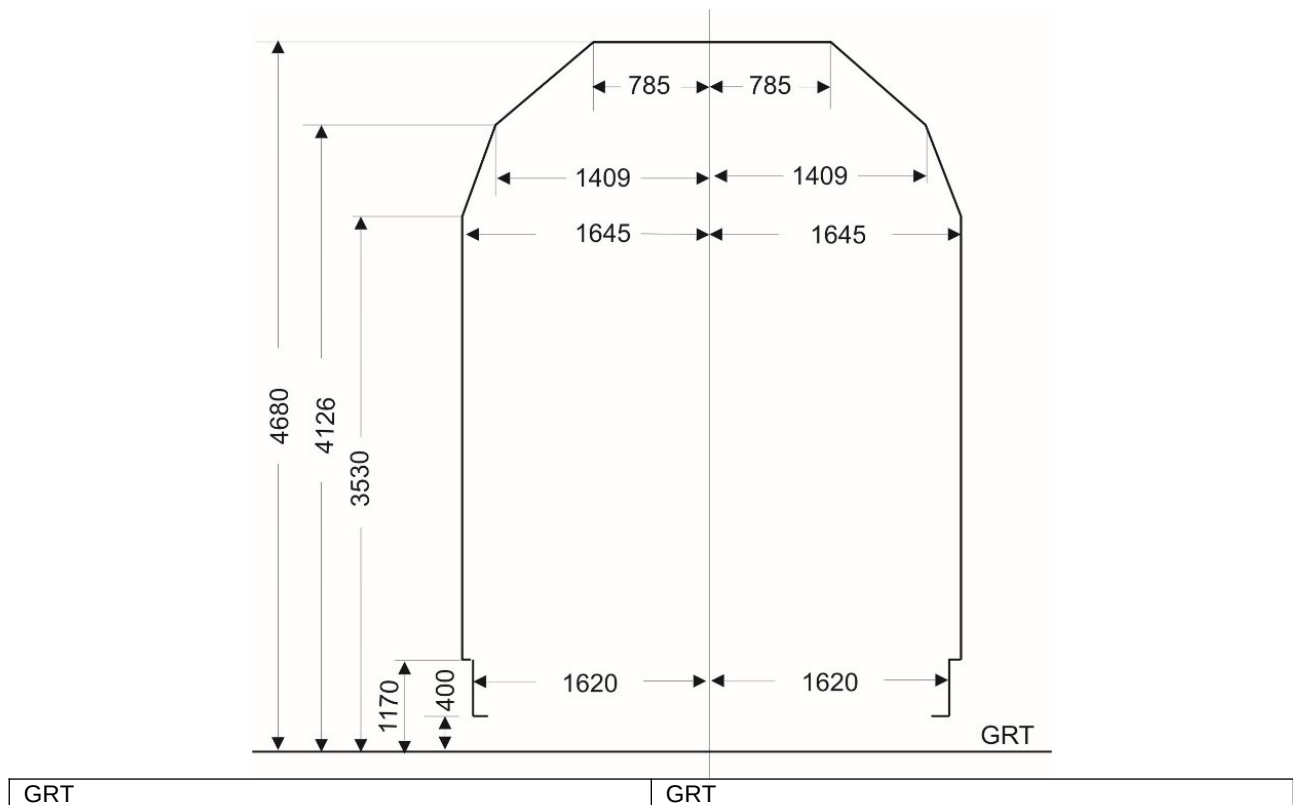


Figura 4.2: Perfil de referencia DE3 para $H > 400$ mm (SIST EN 15273-3, 2013)

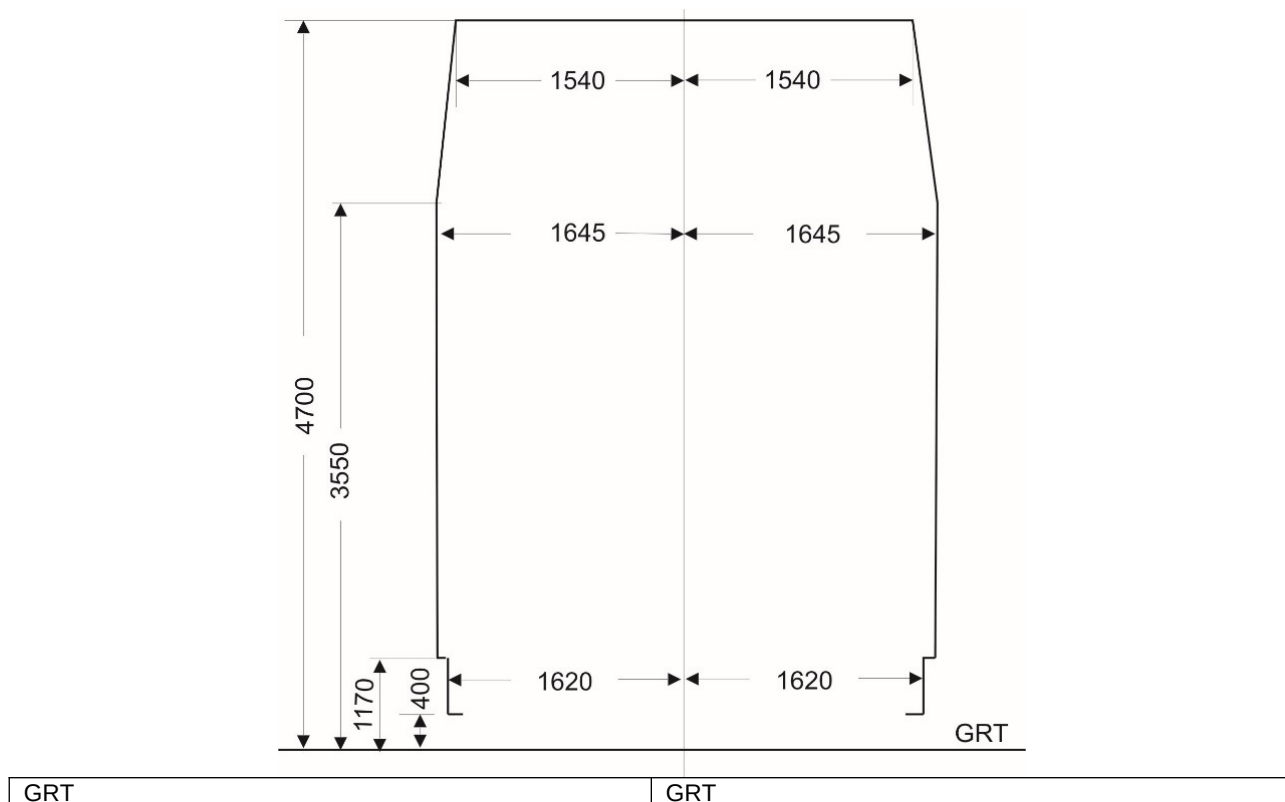


Figura 4.3: Perfil de referencia GC para $H > 400$ mm (SIST EN 15273-3, 2013)

4.2 Perfil de referencia para la parte inferior, $H \leq 400$ mm

El perfil de referencia para la parte inferior de la IG2 (SIST EN 15273-1:2013) se aplica a todas las líneas ferroviarias y a todo el material rodante utilizado para el tráfico ferroviario internacional. Se muestra en la figura 4.3.

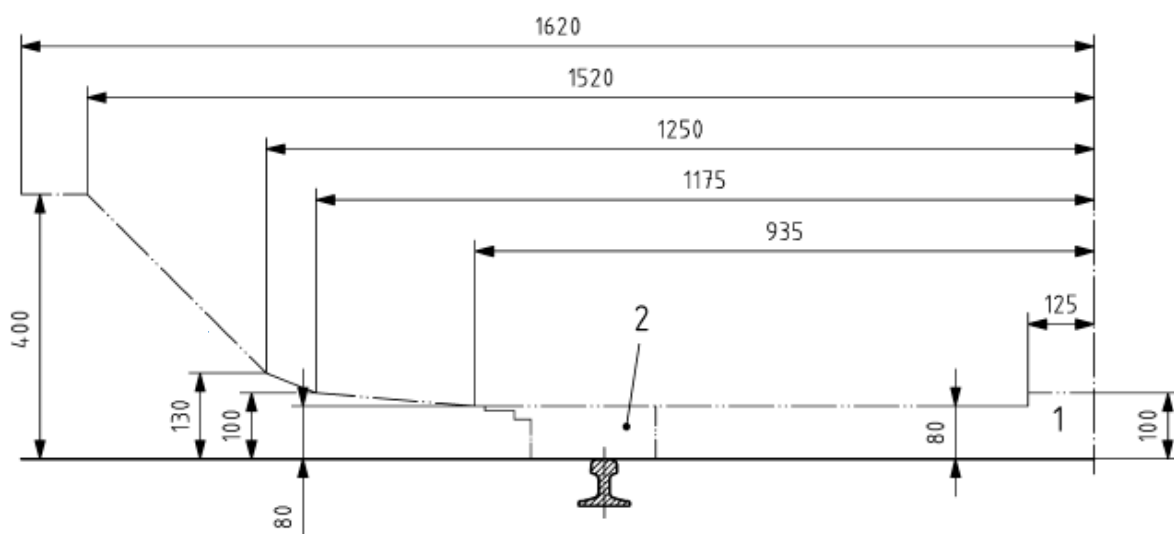


Figura 4.4: Perfil de referencia GI2 para $H \leq 400$ mm (SIST EN 15273-3, 2013)

El gálibo de referencia GI2 no se aplica a las vías con frenos de vía activos u otros dispositivos de seguridad en las estaciones de clasificación. En este último caso, se utilizará el perfil de referencia GI1 según la norma SIST EN 15273:2013.

4.3 Perfiles de referencia del pantógrafo

El semiancho del perfil de referencia del pantógrafo mecánico se muestra en la figura 4.4.

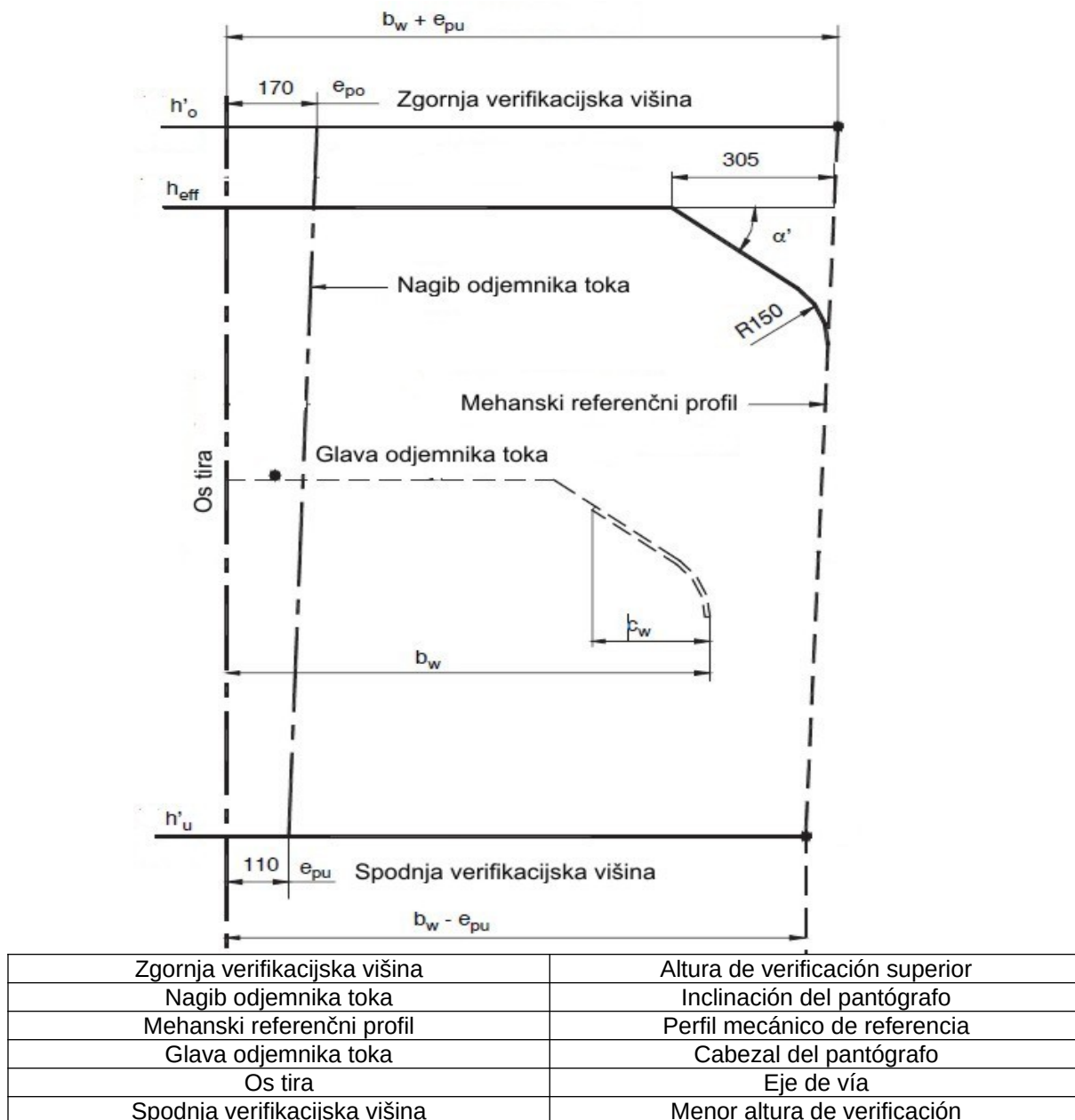


Figura 4.5: Medidor de referencia de pantógrafo semimecánico (código UIC 505-4, 2007)

Significado de las marcas en la figura:

e_{pu}	desplazamiento del pantógrafo a menor altura de verificación ($e_{pu}=0,110$ m),
e_{po}	desplazamiento del pantógrafo a la altura de verificación superior ($e_{po}=0,170$ m),
h'_o	altura de verificación superior del pantógrafo ($h'_o=6,500$ m),
h'_u	altura de verificación inferior del pantógrafo ($h'_u=5,000$ m),
h_{eff}	altura real del pantógrafo,
b_w	media longitud del cabezal del pantógrafo,
c_w	proyección horizontal de la longitud del cuerno aislado del cabezal del pantógrafo

5 Cálculo de la parte superior del gálibo de estructura, $H > 400$ mm

La parte superior del gálibo de estructura se calculará añadiendo las adiciones transversales y verticales al perfil de referencia seleccionado.

5.1 Accesorios en la dirección transversal

En la dirección transversal, al perfil de referencia se añade lo siguiente:

- ⊖ adición de vuelco del vehículo,
- ⊖ adición debida a la inclinación cuasistática del vehículo,
- ⊖ adición debida a movimientos aleatorios.

5.1.1 Adición de vuelco del vehículo

La adición de vuelco del vehículo $S_{i/a}$ cubre el vuelco del vehículo en el lado interior de la curva (i) y en el exterior de la curva (a). La adición será la misma para ambos lados de la curva y se calculará utilizando la ecuación:

$$S_{i/a} = \frac{3,75}{R} + \frac{l - 1,435}{2}, \quad (1)$$

$$(2)$$

$$(3)$$

$$(4)$$

$$(5)$$

$$(5.1)$$

donde:

R	radio de arco circular [m],
l	ancho de vía real [m],
$S_{i/a}$	vuelco del vehículo en los lados interior y exterior de la curva [m].

5.1.2 Adición debido a la inclinación cuasistática del vehículo

La adición debida a la inclinación cuasistática del vehículo en la curva $qs_{i/a}$ se debe a una deficiencia o exceso de peralte en una curva superior a 50 mm, y para el exterior de la curva y el alambre se calcula mediante la ecuación:

$$qs_a = \frac{s_0}{L} (\Delta h_p - 0,05)_{\leq 0} (H - 0,5)_{\leq 0}, \quad (5.2)$$

para el lado interno de la curva, de acuerdo con la ecuación:

$$qs_i = \frac{s_0}{L} (h - 0,05)_{\leq 0} (H - 0,5)_{\leq 0}, \quad (5.3)$$

donde:

qs_a desplazamiento cuasistático en el exterior de la curva [m],

qs_i desplazamiento cuasistático en el interior de la curva [m],

Δh_p deficiencia de peralte [m],

h peralte [m],

H la altura del punto observado por encima del GRT [m].

5.1.3 Adición debido a movimientos aleatorios

Los movimientos aleatorios del vehículo y de la vía son causados por defectos en la posición de altura transversal de los carriles: T_D , errores debidos al cambio de posición de la vía entre dos ciclos de mantenimiento: T_{voie} , errores debidos a la distribución asimétrica de la carga: T_{charge} , fallos debidos a la suspensión del vehículo desequilibrada: T_{susp} y errores de oscilaciones transversales: T_{osc} . Los valores paramétricos recomendados por la Unión Ferroviaria Internacional de la UIC para el cálculo de los movimientos aleatorios figuran en el anexo 1.

La adición debida a los movimientos aleatorios para el perfil luminoso mínimo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sum_{2 \leq i/a} \sqrt{1,2 \left[T_{voie}^2 + \left[\frac{T_D}{L} H + \frac{s_0}{L} T_D (H - 0,5)_{\leq 0} \right]^2 + \left[\tan(T_{susp}) (H - 0,5)_{\leq 0} \right]^2 + \left[\tan(T_{charge}) \right]^2} \quad (5.4)$$

donde:

$\Sigma_{2 \leq i/a}$ raíz cuadrada de la suma de cuadrados M1 en M2 movimientos aleatorios,

H altura del punto observado por encima del GRT [m],

h peralte [m],

Δh_p deficiencia de peralte [m], y

s_0 coeficiente de flexibilidad del vehículo: $s_0 = 0,4$,

L distancia del eje del carril: $L = 1,5$ m.

5.2 Cálculo de los semianchos del gálibo mínimo de la estructura

El semiancho del gálibo mínimo de la estructura será para el exterior de la curva y el alambre se calculará utilizando la ecuación:

$$b_{min,a} = b_{CR} + S_a + \max \dot{\iota}, \quad (5.5)$$

para el lado interno de la curva, de acuerdo con la ecuación:

$$b_{min,i} = b_{CR} + S_i + \max \left[\sum_{2i}^{\cdot} \dot{\iota} \frac{s_0}{L} (H - 0,5) \dot{\iota}_0 (h - 0,05); \dot{\iota} \sum_2^{\cdot}; \sum_{2,a}^{\cdot} \frac{-s_0}{L} (H - 0,5) \dot{\iota} \right] \quad (5.6)$$

donde $\sum_2^{\cdot}$ está determinado por la ecuación:

$$\sum_2^{\cdot} \dot{\iota} 1,2 \sqrt{T_{voie}^2 + \left(\frac{T_D}{L} H \right)^2} \quad (5.7)$$

donde:

- b_{CR} media anchura del perfil de referencia [m],
- $S_{i/a}$ vuelco del vehículo en el exterior o en el interior [m],
- H altura del punto observado por encima del GRT [m],
- h peralte [m],
- Δh_p deficiencia de peralte [m], y
- $\Sigma_{2\dot{\iota}a}^{\cdot}$ raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los movimientos aleatorios M1 y M2,
- b_{min} media anchura del gálibo mínimo de la estructura [m],
- s_0 coeficiente de flexibilidad del vehículo: $s_0 = 0,4$,
- L distancia del eje del carril: $L = 1,5$ m.

5.3 Cálculo de las alturas del gálibo mínimo de la estructura

Las alturas del gálibo mínimo de la estructura se determinarán aumentando en 60 mm las dimensiones verticales del gálibo de referencia a alturas $H \geq 3250$ mm. El aumento de las alturas es necesario debido al redondeo vertical y a la reserva para elevar la vía en el mantenimiento de la línea.

6 Cálculo de la parte inferior del gálibo de estructura, $H \leq 400$ mm

La parte inferior del gálibo de estructura se calculará añadiendo adiciones horizontales al gálibo de referencia cinemático GI2 y restando las deducciones en la dirección vertical.

El método de cálculo de los semianchos y las adiciones en dirección horizontal es el mismo que para la parte superior del gálibo de la estructura, con los artículos de las ecuaciones que contienen $H < 0,5$ m iguales a cero y la inclinación cuasistática $qs_{i/a}$ puede ignorarse debido a su bajo valor.

$$S'_{ila} = \frac{2,5}{R} + \frac{l-1,435}{2}. \quad (6.1)$$
$$y = \frac{50.000}{R_v}, \quad (6.2)$$

La adición debida a la diferencia de peralte $\Delta b_{\Delta h}$ solo se tendrá en cuenta cuando los peraltes sean diferentes entre las dos vías adyacentes. La adición es positiva y se añade, si el peralte de la vía exterior h_1 es mayor que el peralte de la vía interior h_2 , en caso contrario su valor es cero.

$$\Delta b_{\Delta h} = \frac{H}{1,5} [h_1 - h_2]_{\geq 0} \quad (7.4)$$

Las marcas en las ecuaciones significan:

$EA2$	distancia mínima entre las vías [m],
b_{CR}	semiancho del gálibo de referencia a la altura H [m],
$S_{i/a}$	vuelco del vehículo en el exterior o en el interior de la vía curva [m],
$qs_{i/a}$	movimiento cuasistático del vehículo por fuera o por dentro de la vía curva [m],
$\Delta b_{\Delta h}$	adición debida a la diferencia entre vías [m],
H	altura del punto crítico [m],
Δh_p	deficiencia de peralte [m],
h_1, h_2	peralte vía 1 y vía 2 [m],
Σ'_{EA2}	adición debida a movimientos aleatorios M_{EA1}, M_{EA2} [m],
$\Sigma'_{2i/a}$	la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los movimientos aleatorios [m].

La distancia horizontal mínima entre los ejes de vías para las nuevas líneas se establece en las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema de infraestructura y no será inferior a los valores del cuadro 7.1.

Cuadro 7.1: Distancia horizontal normal mínima entre ejes de vías para nuevas líneas (*Diario Oficial de la UE* n.º L 356, 2014)

Velocidad máxima permitida de la línea [km/h]	Distancia horizontal normal mínima entre vías [m]
$160 < V \leq 200$	3,80
$200 < V \leq 250$	4,00
$250 < V \leq 300$	4,20
$V = 300$	4,50

8 Cálculo de la separación del andén

La separación del andén es la distancia entre el eje de la vía y el borde del andén medido en paralelo al plano de la vía. El andén debe estar lo más cerca posible del gálibo de la estructura, por lo que el gálibo de estructura mínimo es decisivo para la separación del andén.

La separación del andén se calculará añadiendo al semiancho del gálibo de referencia cinemático, en el ángulo del borde superior del andén, la adición de vuelco del vehículo $S_{i/a}$ mediante la ecuación (5.1), la adición debida al separación cuasistático en una vía curvada $qs_{i/a}$ mediante la ecuación (5.2) y (5.3), y la adición de cambios incidentales $\Sigma'_{2i/a}$ según la ecuación (5.4).

La separación del andén $b_{q,a}$ en el exterior de la vía curva se calcula utilizando la ecuación:

$$b_{q,a} \geq b_{CR} + S_a + qS_a + \Sigma'_{2a} + \delta_{q,a}, \quad (8.1)$$

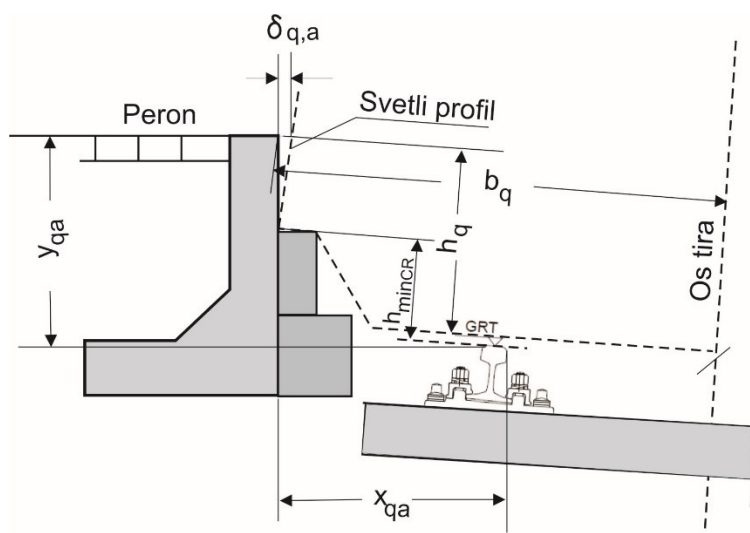
donde $\delta_{q,a}$:

- adición en el caso de un andén con suelo bajo

$$\delta_{q,a} = \left(\frac{h}{1,5} \right) (h_{q,a} - h_{minCR}), \quad (8.2)$$

- adición en el caso de una andén con suelo alto

$$\delta_{q,a} = \left(\frac{h}{1,5} \right) h_{nez} \quad (8.3)$$



Peron	Andén
Svetli profil	Gálibo de la estructura
Os tira	Eje de vía
GRT	GRT

Figura 8.1: Un andén con suelo bajo

La separación de andén $b_{q,i}$ en el lado interno de la vía curva se calcula utilizando la ecuación:

$$b_{q,i} \geq b_{CR} + S_i + qS_i + \Sigma'_{2i}. \quad (8.4)$$

Significado de las marcas en la ecuación:

$b_{q,i/a}$ separación del andén en el lado interno/externo [m],

h_q	altura del andén [m],
h_{minCR}	altura del borde inferior del gálibo de estructura mínimo [m],
h_{nez}	altura del piso del andén [m],
h	peralte [m],
b_{CR}	semiancho del gálibo de referencia G1,
$S_{i/a}$	vuelco del vehículo en el exterior o en el interior de la vía curva [m],
$\Sigma'_{2 i/a}$	la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los desplazamientos aleatorios M1 y M2.
$qS_{i/a}$	desplazamiento cuasistático [m],
$\delta_{q,a}$	adición en el exterior del andén con suelo bajo [m].

9 Cálculo del gálibo de la estructura del pantógrafo

El gálibo de la estructura del pantógrafo es el espacio reservado para el paso del pantógrafo. Como el pantógrafo está en contacto constante con el alambre de contacto, cuya altura varía, la altura del pantógrafo y, por lo tanto, la altura de su gálibo de estructura también varía cuando el tren está en marcha. Por lo tanto, este último, por regla general, se encuentra entre los más bajos: h'_u y los más altos: h'_o altura de verificación.

El gálibo de la estructura del pantógrafo también depende del tipo de cabezal del pantógrafo. Solo el cabezal del pantógrafo de 1 600 mm y 1 950 mm (Uradni list EU št. L 356, 2014) cumplirá las condiciones de interoperabilidad, de modo que al menos uno de los dos cabezales del pantógrafo podrá utilizarse en líneas interoperables.

El gálibo de la estructura del pantógrafo se calculará sobre la base del gálibo mecánico del pantógrafo de referencia, pero también cumplirá los requisitos de la distancia de seguridad eléctrica o del gálibo de la estructura eléctrica. Los dispositivos no aislados (a tierra y aquellos con un potencial diferente del alambre de contacto) deben estar fuera del perfil mecánico y eléctrico.

9.1 Gálibo de la estructura mecánica del pantógrafo

El gálibo de la estructura mecánica del pantógrafo es el espacio reservado para el paso del pantógrafo en posición elevada, sin tener en cuenta las distancias de seguridad eléctrica necesarias. Solo el pantógrafo y la palanca poligonal con el alambre de contacto pueden acceder al gálibo de la estructura mecánica.

El gálibo de estructura mecánica del pantógrafo se calculará añadiendo a la mitad de ancho de los accesorios de gálibo de pantógrafo de referencia mecánico en las direcciones transversal y vertical.

Las fórmulas para el cálculo de los accesorios horizontales para el cálculo del gálibo de la estructura del pantógrafo deberán diferir para los parámetros individuales de los aplicables a la parte superior del gálibo de estructura.

9.1.1 Accesorios en la dirección transversal

- La adición para el vuelco en el pantógrafo en la vía curva se calculará mediante la ecuación:

$$S'_{ila} = \frac{2,5}{R} + \frac{l-1,435}{2}, \quad (9)$$

$$(9.1)$$

donde:

R radio de arco circular [m],

l ancho de vía real [m],

S'_{ila} vuelco del pantógrafo en el interior y el exterior de la vía curva [m].

- La adición debida al desplazamiento cuasistático en el pantógrafo se calculará utilizando la fórmula:

$$qs'_i = \frac{s'_0}{L} (h - 0.066) (H - 0,5), \quad (9.2)$$

$$qs'_a = \frac{s'_0}{L} (\Delta h_p - 0.066) (H - 0,5), \quad (9.3)$$

donde:

qs'_a desplazamiento cuasistático del pantógrafo en el exterior de la vía curva [m],

qs'_i desplazamiento cuasistático del pantógrafo en el interior de la vía curva [m],

Δh_p deficiencia de peralte [m],

h peralte [m],

H la altura del punto observado por encima del GRT [m],

s'_0 coeficiente de flexibilidad del pantógrafo ($s'_0 = 0,225$).

Para qs'_i y qs'_a solo se tiene en cuenta la adición resultante del peralte mayor que $h > 0,066 \text{ m}$ y de la deficiencia del peralte mayor que $\Delta h_p > 0,066 \text{ m}$. Los valores paramétricos inferiores a 0,066 ya se tienen en cuenta en el gálibo de referencia del pantógrafo.

- La adición debida a movimientos aleatorios $\sum_{2a/i}$ se calculará utilizando la fórmula:

$$\sum_{2a/i} \sqrt{T_{voie}^2 + \left[\frac{T_D}{L} H + \frac{s'_0}{L} T_D (H - 0,5) \right]^2} \quad (9.4)$$

donde:

Σ'_{2ila} raíz cuadrada de la suma de cuadrados M1 en M2 movimientos aleatorios,

H altura del punto observado por encima del GRT [m],

s'_0 coeficiente de flexibilidad del pantógrafo ($s'_0 = 0,225$),

L distancia del eje del carril: $L = 1,5$ m.

9.1.2 Semiancho del gálibo mecánico de la estructura

El semiancho del gálibo de la estructura mecánica del pantógrafo será la suma de las adiciones mencionadas y la anchura del gálibo del pantógrafo de referencia b_w .

Se calculará para el más bajo $h'_{ui/a}$, para el más alto $h'_{oi/a}$ y para la altura de verificación elegida $b'_{hi/a}$ de acuerdo con las ecuaciones:

$$b'_{ui/a} = (b_w + e_{pu} + S'_{i/a} + q s'_{i/a} + \Sigma_{2i/a})_{max}, \quad (9.5)$$

$$b'_{oi/a} = (b_w + e_{po} + S'_{i/a} + q s'_{i/a} + \Sigma_{2i/a})_{max}, \quad (9.6)$$

$$b'_{hi/a} = b'_u + \frac{H - h'_u}{h'_o - h'_u} (b'_o - b'_u), \quad (9.7)$$

Donde $\sum_2''$ se calcula utilizando la ecuación (5.7) y los límites de desplazamiento aleatorio Σ_{2a} y Σ_{2i} según las siguientes ecuaciones:

$$\Sigma_{2a} = \max \left[\sum_{2a}' \frac{+0,225}{1,5} (H - 0,5) (\Delta h_p - 0,066); \sum_2'' \right] - q s_a, \quad (9.8)$$

$$\Sigma_{2i} = \max \left[\sum_{2i}' \frac{+0,225}{1,5} (H - 0,5) (h - 0,066); \sum_2''; \sum_{2a}' - (H - 0,5) 0,066 \right] - q s_i. \quad (9.9)$$

Las marcas en las ecuaciones significan:

b_w semilargo del pantógrafo,

e_{pu} pendiente del pantógrafo a menor altura de verificación ($e_{pu} = 0,11$ m),

e_{po} pendiente del pantógrafo a la altura de verificación superior ($e_{po} = 0,17$ m),

$S'_{i/a}$ vuelco del pantógrafo en una vía curva,

$q s'_{i/a}$ desplazamiento cuasistático del pantógrafo en una vía curva,

$\Sigma'_{2i/a}$ la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los movimientos aleatorios M1 y M2,

$\Sigma_{2,i/a}$ límite del desplazamiento aleatorio del pantógrafo,

h'_o altura superior de verificación del pantógrafo ($h'_o = 6\,500$ mm),

h'_u altura de verificación inferior del pantógrafo ($h'_u = 5\,000$ mm).

Como el parámetro $\Sigma_{2i/a}$ varía con la velocidad, la mitad del ancho del gálibo de estructura del pantógrafo debe calcularse para el vehículo en reposo y en movimiento. Para un vehículo

estacionario, el cálculo de los desplazamientos en el interior del peralte de una vía curva Σ_{2i} es decisivo, y para el vehículo en movimiento, el cálculo de los movimientos en el exterior de la vía curva Σ_{2a} . En una vía recta, se tiene en cuenta el mayor de los dos valores.

9.1.3 Adición en dirección vertical y altura del gálibo de la estructura mecánica

A la altura del alambre de contacto seleccionado, h_f se debe agregar la adición verticalmente debido a la elevación del

alambre de contacto f_s , adición debida al cambio de la altura del alambre de contacto cuando el pantógrafo está inclinado y; f_{ws} , adición debida al desgaste del patín de contacto f_{wa} y posible tolerancia de montaje. El valor de la adición f_s depende del tipo de línea aérea de contacto y generalmente es determinado por el operador. Para el voltaje de la línea aérea de 3 kV esto es 0,1 m, el valor adicional $f_{ws} + f_{wa}$ es 0,06 m (SIST EN 15273-1, 2013) , y la tolerancia de instalación es 0,04 m. La suma de todos los accesorios listados es 0,20 m.

La altura efectiva del gálibo de estructura del pantógrafo mecánico h_{eff} se calcula añadiendo el adición f_s , f_{wa} y f_{ws} a la altura normal del alambre de contacto seleccionado h_f :

$$h_{eff} = h_f + f_s + f_{ws} + f_{wa} + tol, \quad (9.10)$$

donde:

h_{eff} altura efectiva del pantógrafo [m],

h_f altura del alambre de contacto [m],

f_s adición debida al aumento del alambre de contacto [m],

f_{ws} adición debida a la inclinación del pantógrafo [m],

f_{wa} adición debida al desgaste del patín en movimiento de contacto [m],

tol tolerancia de instalación [m].

La altura normal del alambre de contacto según las normas SIST EN 15273-1:2013, SIST EN 15273-2:2013, SIST EN 15273-3:2013+A1:2017 (2012) y según TSI ENE (Uradni list EU št. L 356, 2014) está entre 5 y 5,75 m. En algunos casos, por ejemplo en los pasos a nivel, también puede ser mayor, pero no superior a 6,2 m. La altura del alambre de contacto normal diseñada para una tensión continua de 3 kV es de 5,35 m, la máxima de 6,2 y la mínima de 4,95 m (Uradni list RS št. 56, 2003). La altura efectiva del perfil claro mecánico del pantógrafo es 0,20 m superior y asciende a 5,50 m para la altura normal del conductor de contacto y a 5,15 m para la altura mínima del conductor de contacto. La altura máxima de diseño del conductor de contacto según TSI ENE (2014) es 6,2 m.

9.2 Gálibo de la estructura eléctrica del pantógrafo

El semiancho del gálibo eléctrico de la estructura del pantógrafo se calculará de manera similar a la mitad del ancho del gálibo mecánico, salvo que el gálibo de referencia eléctrico se tome como base. Se diferencia de la mecánica por la proyección horizontal del cuerno del pantógrafo aislado

c_w y por la distancia de seguridad eléctrica b_{el} . La proyección horizontal del cuerno aislado del pantógrafo de 1 600 mm y 1450 será de 200 mm.

La distancia de seguridad eléctrica b_{el} depende del sistema de electrificación. Los valores recomendados se indican en el cuadro 9.1.

Cuadro 9.1: Distancias de seguridad b_{el} (SIST EN 50119, 2009)

	Tensión de CC 3 kV	Tensión alterna 15 kV	Tensión alterna 25 kV
	b_{el} [mm]	b_{el} [mm]	b_{el} [mm]
Estática	150	100	270
Dinámica	50	50	150

El semiancho del gálibo de la estructura eléctrica del pantógrafo se calcula calculando primero la media anchura del gálibo de la estructura eléctrica del vehículo parado en $V=0$, teniendo en cuenta la estática b_{el} y Σ_{2i} , y luego el semiancho para el vehículo en movimiento a $V>0$, teniendo en cuenta la dinámica b_{el} y Σ_{2a} en movimiento. Para el dimensionamiento del gálibo de estructura del pantógrafo, se tendrá en cuenta el mayor de los dos gálivos.

El semiancho del gálibo eléctrico del pantógrafo b'_{el} se calculará a la altura mínima h'_u , a la máxima h'_o y a la altura de verificación elegida b'_h de acuerdo con las ecuaciones:

$$b'_{u,el} = (b_{el} - c_w + e_{pu} + b_{el} + S'_{i/a} + q s'_{i/a} + \Sigma_{2i/a})_{max}, \quad (9.11)$$

$$b'_{o,el} = (b_{el} - c_w + e_{po} + b_{el} + S'_{i/a} + q s'_{i/a} + \Sigma_{2i/a})_{max}, \quad (9.12)$$

$$b'_{h,eff,el} = b'_{u,el} + \frac{H_{eff,el} - h'_u}{h'_o - h'_u} (b'_{o,el} - b'_{u,el}), \quad (9.13)$$

donde:

b'_{el} media anchura del gálibo eléctrico del pantógrafo,

b_{el} distancia de seguridad eléctrica,

c_w proyección horizontal de cuerno de pantógrafo aislado.

La altura del gálibo de la estructura eléctrica del pantógrafo se determinará mediante la ecuación:

$$h_{eff,el} = h_{eff,meh} + b_{el}. \quad (9.14)$$

10 Visión general del gálibo de la estructura de la línea

El examen del gálibo de estructura de línea se lleva a cabo comparando las dimensiones reales y los cálculos de las secciones transversales características. Se trata de secciones transversales en vía sin peralte, peralte, en obras de ingeniería o en cualquier otro lugar donde el gálibo de la

estructura mínima esté a menos de 100 mm del edificio o el gálibo de la estructura normal esté a menos de 50 mm de distancia. Los desplazamientos del andén se examinarán en ambos extremos del andén y cada 30 m en una vía recta o cada 10 m en una vía curva.

11 Documentos de referencia

Especificación técnica TSPI — PGV.10.301: 2022 – Los gálibos de estructura se basarán en la siguiente documentación de referencia:

SIST EN 15273-1-2013, Aplicaciones ferroviarias. Gálibos. Parte 1: Generalidades. Reglas comunes para infraestructuras y material rodante;

SIST EN 15273-2-2013, Aplicaciones ferroviarias. Gálibos. Parte 2: Gálibo de carga (perfil del vehículo);

SIST EN 15273-3-2013, Aplicaciones ferroviarias. Gálibos. Parte 3: Gálibos de estructura;

SIST EN 15273-3:2013 + A1:2017: Aplicaciones ferroviarias. Gálibos. Parte 3: Gálibo de implantación de obstáculos

SIST EN 50367:2012; Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Criterios técnicos para la interacción entre el pantógrafo y la línea aérea (para tener acceso libre);

SIST EN 50119:2009; Aplicaciones ferroviarias. Dispositivos de tracción eléctricos estables. Cables de contacto de tracción eléctrica;

CÓDIGO UIC 505-4 O, 2007: Efectos de la aplicación de los gálibos cinemáticos definidos en la serie 505 de folletos sobre el posicionamiento de las estructuras en relación con las vías y las vías en relación entre sí;

CÓDIGO UIC 505-5 O, 2010: Historia, justificación y comentarios sobre la elaboración y elaboración de folletos UIC de las series 5050 y 506 sobre gálibos;

CÓDIGO UIC 506 O 2008: Normas de aplicación de los gálibos GA, GB,GB1, GB2, GC y GI3 ampliados;

Reglamento (UE) n.º 1299/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema «infraestructura» en el sistema ferroviario de la Unión Europea (*Diario Oficial de la UE* n.º L 356, 2014);

Reglamento (UE) n.º 1301/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, sobre las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema de energía del sistema ferroviario de la Unión (*Diario Oficial de la UE* n.º L 356, 2014);

Reglamento (UE) n.º 1302/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante «locomotoras y material rodante de viajeros» del sistema ferroviario en la Unión Europea (Uradni list EU št. L 356, 2014).

12 Literatura

DB Netz AG: Technischer Netzzugang für Fahrzeuge, Kompatibilität mit den Anforderungen des Netzes; Zusammenwirken Fahrzeug – Stromabnehmer – Oberleitung, 810.0242.

OBB INFRA: Regelwerk 50 02 03 Anforderungen an das Zusammenwirken Stromabnehmer – Oberleitungssystem.

Bundesministerium für Verkehr: Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung – EBO, 2019 (Bundesrepublik Deutschland, 2019).

Zgonc *et al.*: Železniški tir – zgornji ustroj in elementi trase železniške proge, Ljubljana 2022, v pripravi.

13 Significado del símbolo

b_{CR}	semiancho del gálibo de referencia G1,
b'_{el}	semiancho del gálibo eléctrico del pantógrafo,
b_{el}	distancia de seguridad eléctrica,
b_w	semilargo del pantógrafo,
$b'_{ui/a}$	el semiancho del gálibo de la estructura mecánica del pantógrafo para la altura de verificación más baja [m],
$b'_{oi/a}$	el semiancho del gálibo de la estructura mecánica del pantógrafo para la altura de verificación más alta [m],
$b'_{hi/a}$	semiancho del gálibo de la estructura mecánica del pantógrafo para la altura de verificación seleccionada [m], y
c_w	proyección horizontal de cuerno de pantógrafo aislado
h	peralte [m],
Δh_p	deficiencia de peralte [m], y
Δh_v	excedente de peralte [m],
Δh_p	deficiencia de peralte [m], y
$\Delta b_{\Delta h}$	adición debida a la diferencia de peralte [m],
e_{pu}	pendiente del pantógrafo a menor altura de verificación ($e_{pu} = \dot{0,11}$ m),
e_{po}	pendiente del pantógrafo a la altura de verificación superior ($e_{po} = \dot{0,17}$ m),
f_s	adición debida al aumento del alambre de contacto [m],
f_{ws}	adición debida a la inclinación del pantógrafo [m],
f_{wa}	adición debida al desgaste del patín móvil de contacto [m],
H	altura de punto por encima de GRT [m],
h_1	peralte de la vía izquierda [m],
h_2	peralte de la vía derecha [m],
h_q	altura del andén [m],
h_{eff}	altura efectiva del pantógrafo [m],
h_f	altura del alambre de contacto [m],
h_{minCR}	la altura del borde inferior del perfil mínimo [m],
h'_o	altura de verificación superior del pantógrafo ($h'_o = \dot{6\ 500}$ mm),

h'_u	altura de verificación inferior del pantógrafo ($h'_u = 5000$ mm),
L	distancia del eje entre raíles [m],
l	ancho de vía real [m],
$M3$	adición especificada por el operador [m],
R	radio de arco circular [m],
R_v	radio de redondeo vertical [m],
s_0	coeficiente de flexibilidad del vehículo (0,4),
$S_{i/a}$	vuelco del vehículo en el lado interior (i) o el exterior (a) [m],
$S'_{i/a}$	el voladizo del vehículo en la parte inferior del gálibo y el pantógrafo en la parte interior (i) o exterior (a) [m],
s'_0	coeficiente de flexibilidad del pantógrafo (0,225),
$\Sigma_{3\ i/a}$	suma de M1, M2 en M3 movimientos aleatorios en el lado interior (i) y exterior (a),
$\Sigma'_{2\ i/a}$	raíz cuadrada de la suma de las raíces cuadradas de los movimientos aleatorios M1 y M2 en el lado interior (i) y exterior (a),
$\Sigma_{2\ i/a}$	valor límite de la suma de movimientos aleatorios en el lado interior (i) y exterior (a),
$\delta_{q,a}$	adición en el exterior del andén con suelo bajo [m], y
qs_a	movimiento cuasistático del vehículo por fuera dentro de la vía curva [m],
qs_i	movimiento cuasistático del vehículo en el lado interior de la vía curva [m],
$qs'_{i/a}$	inclinación cuasistática del pantógrafo [m]
tol	tolerancia de instalación [m],
T_{charge}	disposición de carga asimétrica,
T_D	separación en la altura del carril,
T_{osc}	paso del vehículo,
T_{susp}	desequilibrio de la suspensión,
T_{voie}	cambio entre dos ciclos de mantenimiento.

14 Significado de abreviaturas

UIC	Unión Internacional de Ferrocarriles
TSI	Especificación técnica de interoperabilidad
TSPI	Especificación Técnica para Infraestructuras de Transporte
SIST	Instituto Esloveno de Normalización

EN Norma europea

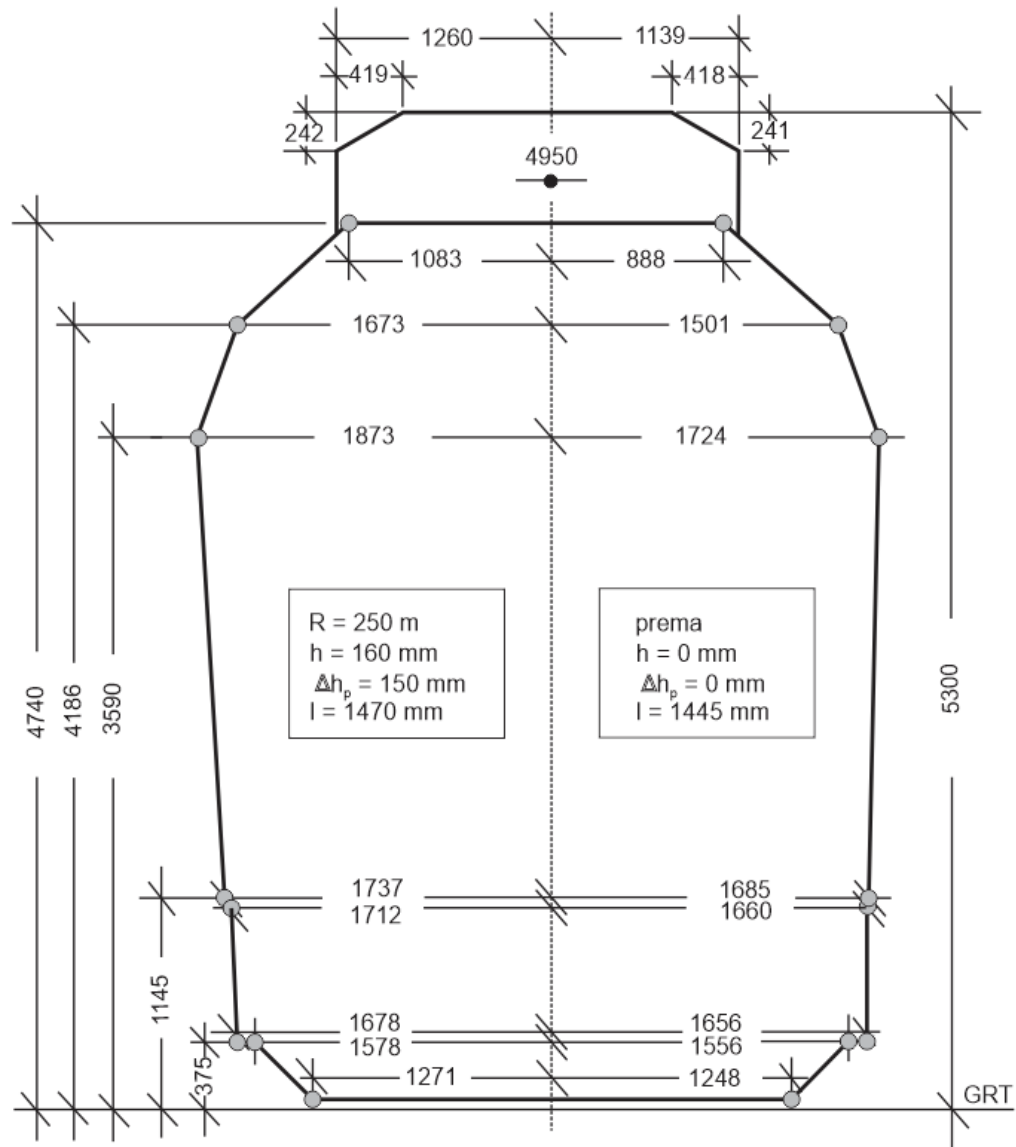
UE Unión Europea

15 ANEXO 1: Valores de los parámetros de errores aleatorios

Los valores del cuadro se ajustan a la norma SIST EN 15273-3:2013+A1:2016.

		El lado exterior de la vía curva y recta [m]	Lado interior de la vía curva [m]
Asimetría hasta 1^0	Disposición de carga asimétrica (T_{charge})	$\tan(T_{charge}) = \tan(0,77\%) = \frac{0,4}{1,5} 0,050$	
	Desequilibrio de la suspensión (T_{susp})	$\tan(T_{susp}) = \tan(0,23\%) = \frac{0,4}{1,5} 0,015$	
Oscilaciones del vehículo (T_{osc})	Vía bien mantenida	0,039	0,007
	Otras rutas	0,065	0,013
Cambio de altitud posiciones del raíl $T_D = \pm 0,015$ m para $V > 80$ km/h	Vía balastada	0,015	
	Vía sobre una base que no cede	0,005	
Cambio de altitud posiciones del raíl $T_D = \pm 0,020$ m para $V \leq 80$ km/h	Vía balastada	0,020	
	Vía sobre una base que no cede	0,005	
Cambio entre dos ciclos mantenimiento T_{voie}	Vía balastada	0,025	
	Vía sobre una base que no cede	0,005	

16 ANEXO 2: Gálibo de estructura mínimo DE3 para $R \geq 250$ m

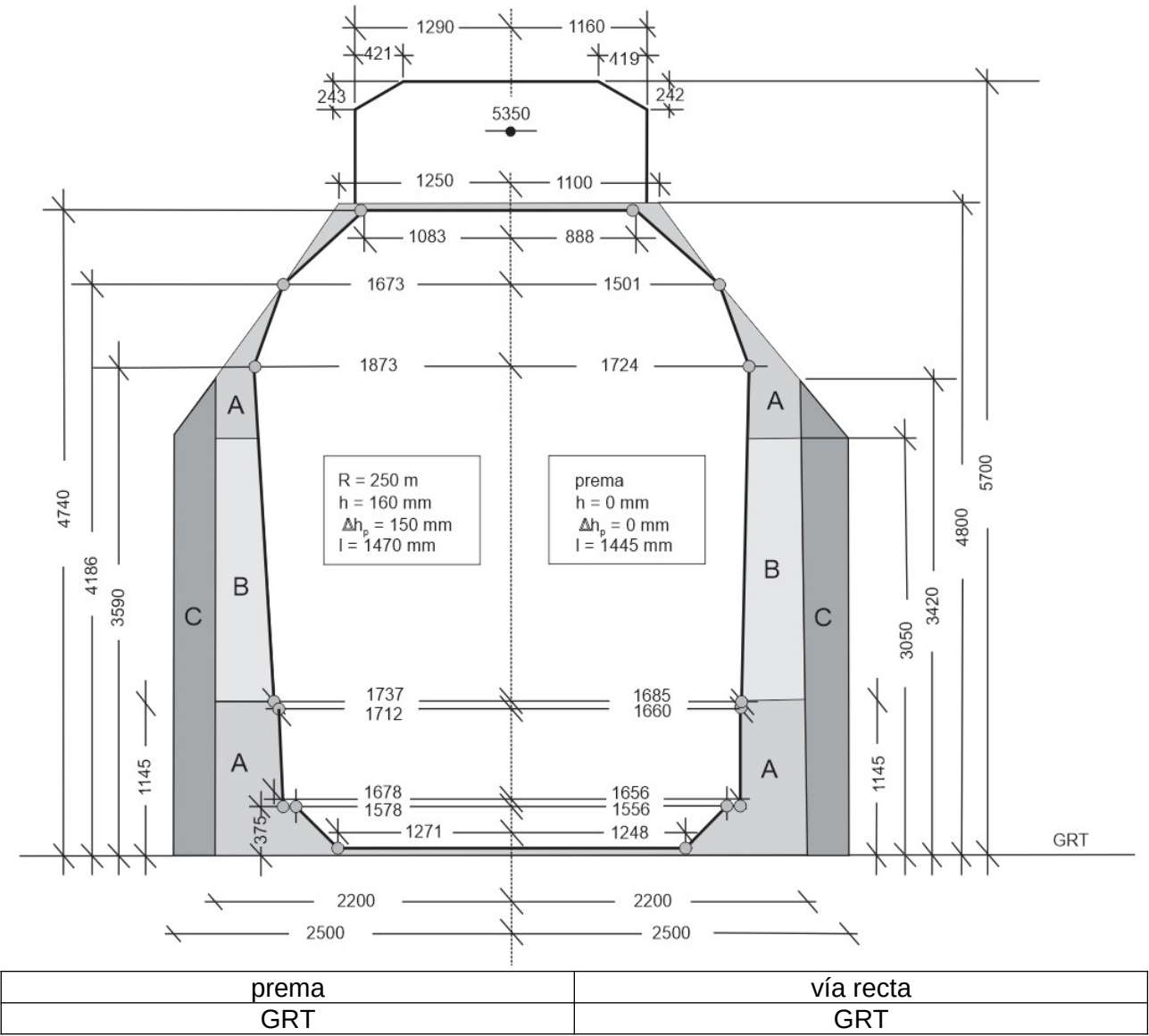


prema	vía recta
GRT	GRT

El lado derecho del gálibo de estructura mínima (medio ancho mínimo) se aplica a la vía recta y al ancho de vía de 1 445 mm, el lado izquierdo (más medio ancho) al radio de la curva 250 m, el peralte máximo admisible de 160 mm, la deficiencia máxima de peralte admisible 150 mm y el ancho máximo admisible de vía de 1 470 mm. El ancho luminoso mínimo se calcula teniendo en cuenta los movimientos de las llamadas líneas y puede utilizarse en todas las líneas de la red ferroviaria eslovena.

El gálibo de estructura mínimo DE3 se utilizará en el caso de mejoras, renovaciones y mantenimiento de líneas existentes cuando el uso de un gálibo de estructura normal suponga costes excesivos.

17 ANEXO 3: Gálibo normal de la estructura DE3 para $R \geq 250\text{ m}$



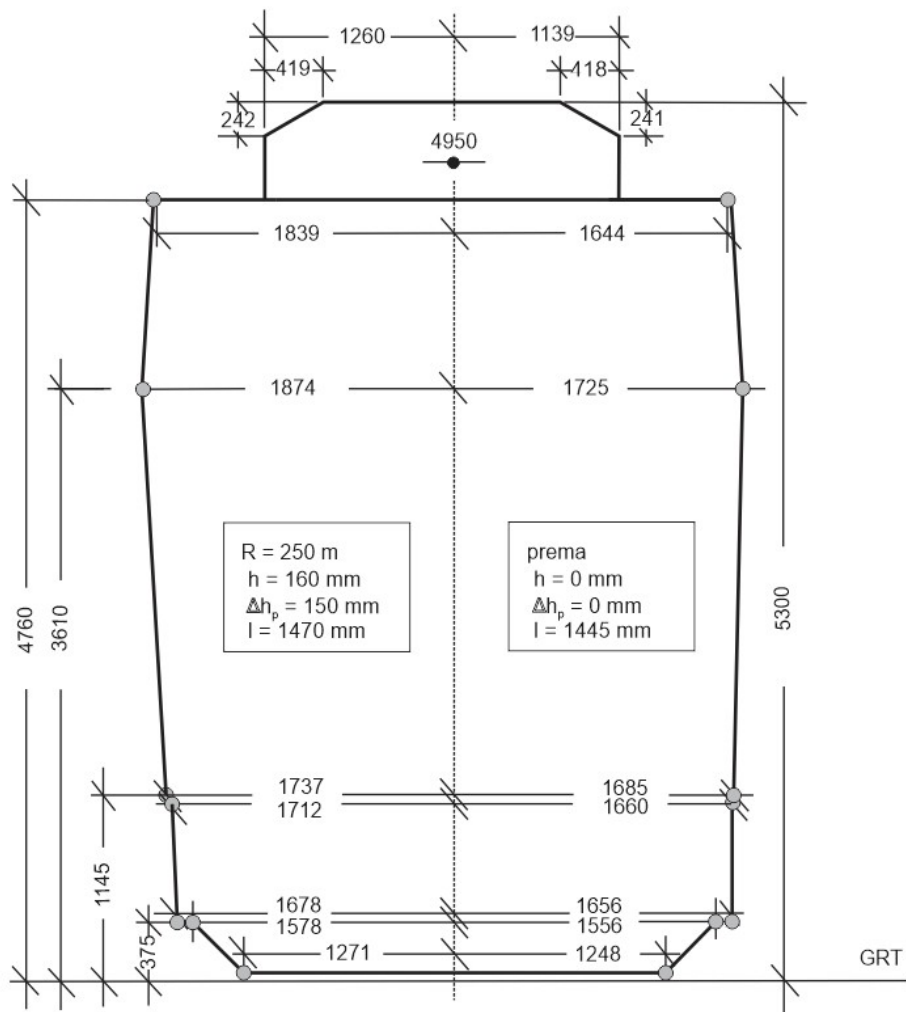
La zona A podrá extenderse a las instalaciones y estructuras relacionadas con el rendimiento del transporte ferroviario (aviones, rampas de carga, instalaciones de clasificación, instalaciones de señalización) y otros objetos e instalaciones en la realización de las obras de construcción, siempre que se prevean las medidas de seguridad adecuadas.

La zona B podrá extenderse a las obras temporales cuando se lleven a cabo las obras de construcción, siempre que se adopten las medidas de seguridad adecuadas.

La zona C podrá extenderse a las instalaciones e instalaciones relacionadas con la ejecución del tráfico ferroviario (pilares de la red de carreteras, pilares de señales) en la línea abierta, las líneas principales y las vías de las estaciones principales destinadas a los trenes de pasajeros.

El gálibo normal de la estructura DE3 se utilizará en la mejora, renovación y mantenimiento de las líneas existentes, si las condiciones del espacio lo permiten.

18 ANEXO 4: Gálibo de estructura GC mínimo para $R \geq 250\text{ m}$



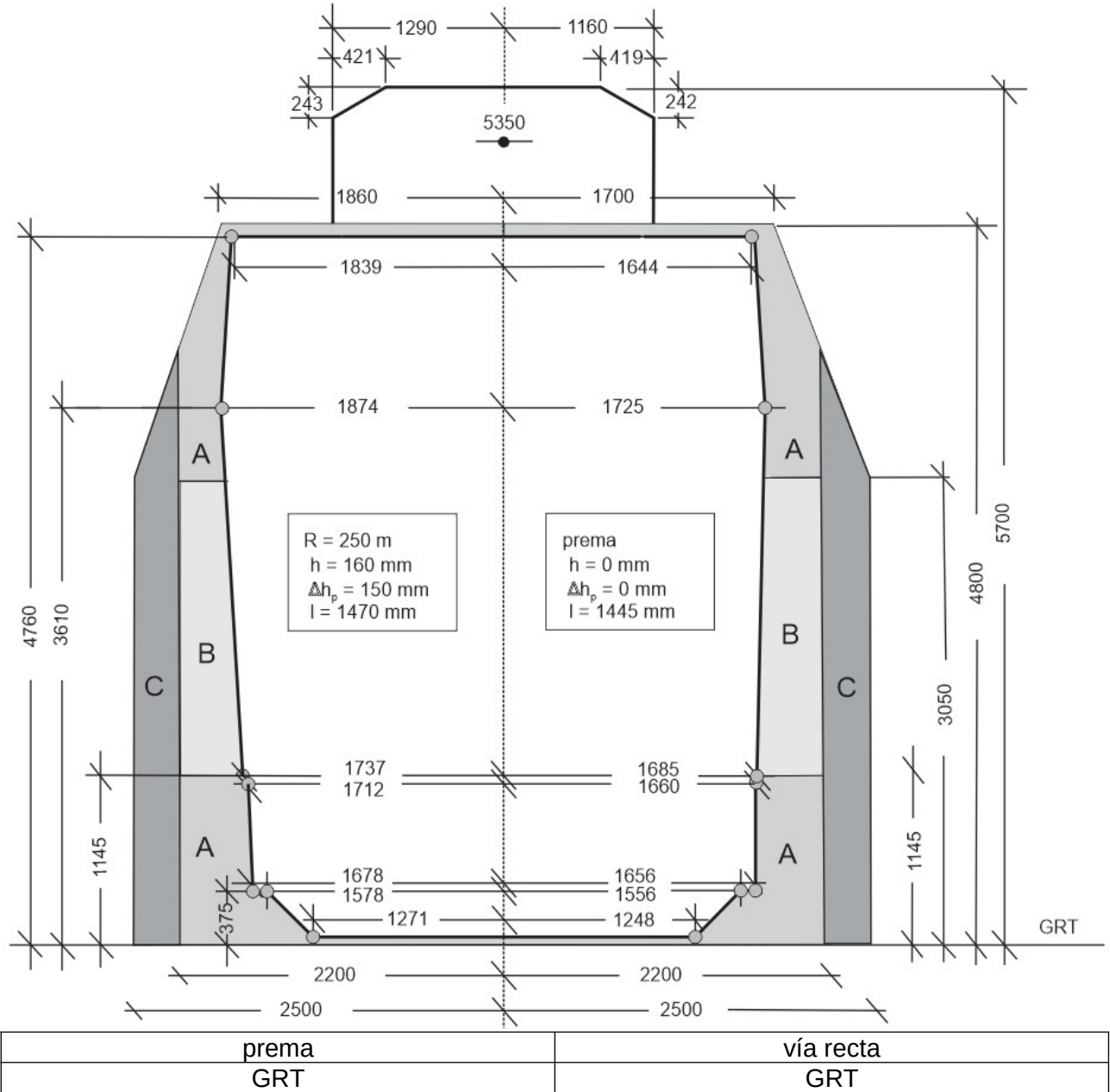
prema	vía recta
GRT	GRT

El lado derecho del gálibo de estructura mínima (medio ancho mínimo) se aplica a la vía recta y al ancho de vía de 1 445 mm, el lado izquierdo (más medio ancho) al radio de la curva 250 m, el peralte máximo admisible de 160 mm, la deficiencia máxima de peralte admisible 150 mm y el ancho máximo admisible de vía de 1 470 mm. El ancho luminoso mínimo se calcula teniendo en

cuenta los movimientos de las llamadas líneas y puede utilizarse en todas las líneas de la red ferroviaria eslovena.

El gálibo de estructura GC mínimo se utilizará en la mejora, renovación y mantenimiento de las líneas existentes en las que el uso de un gálibo normal de GC suponga costes excesivos.

19 ANEXO 5: Gálibo normal de la estructura GC para $R \geq 250$ m



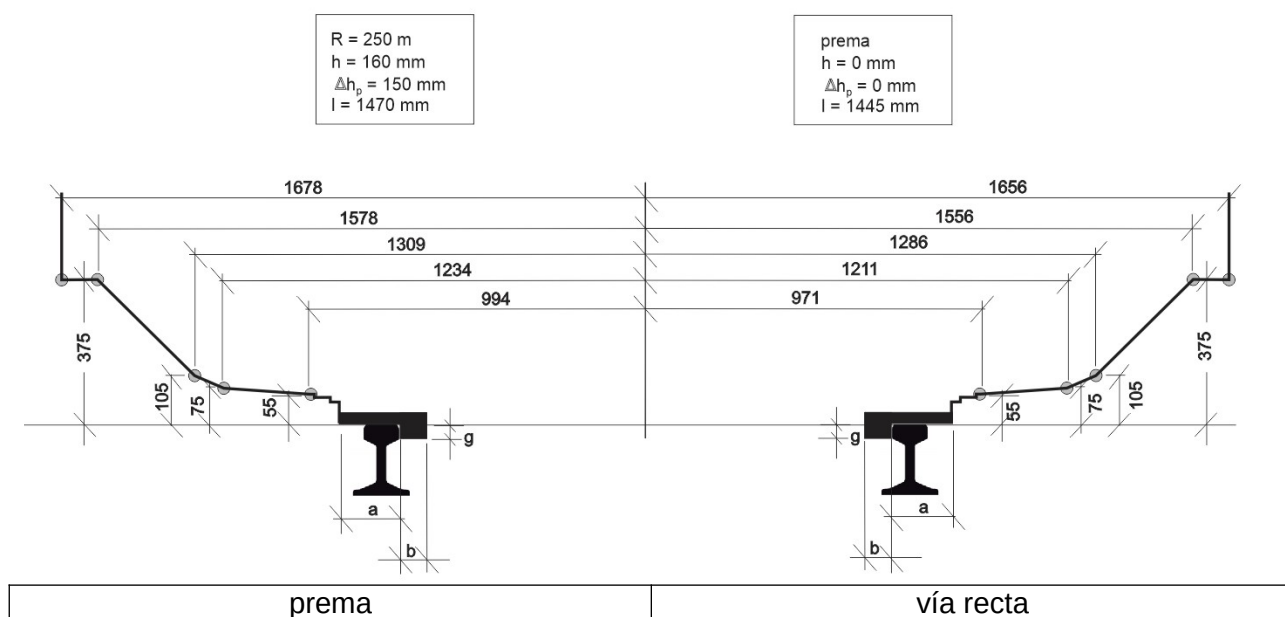
La zona A podrá extenderse a las instalaciones y estructuras relacionadas con el rendimiento del transporte ferroviario (aviones, rampas de carga, instalaciones de clasificación, instalaciones de señalización) y otros objetos e instalaciones en la realización de las obras de construcción, siempre que se prevean las medidas de seguridad adecuadas.

La zona B podrá extenderse a las obras temporales cuando se lleven a cabo las obras de construcción, siempre que se adopten las medidas de seguridad adecuadas.

La zona C podrá extenderse a las instalaciones e instalaciones relacionadas con la ejecución del tráfico ferroviario (pilares de la red de carreteras, pilares de señales) en la línea abierta, las líneas principales y las vías de las estaciones principales destinadas a los trenes de pasajeros.

El gálibo normal de la estructura GC solo se utiliza para mejoras importantes y construcciones de nuevas líneas.

20 ANEXO 7: Parte inferior del gálibo de estructura GI2 para $R \geq 250$ m



- $b = 41$ mm para carriles de cambio
- $b = 45$ mm para pasos a nivel
- $b = 70$ mm para todos los demás casos en una vía recta
- $b = 80$ mm para todos los demás casos en una vía curva

La parte inferior del gálibo de estructura GI2 se aplica a todas las líneas de la red ferroviaria eslovena, excepto las vías en los patios de clasificación con frenos de vía activos u otros dispositivos de seguridad de señales.