

DESCRIPCIÓN

COMPARACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL GÁLIBO DE IMPLANTACIÓN DE OBSTÁCULOS DEFINIDA EN LA INSTRUCCIÓN FERROVIARIA DE GÁLIBOS Y EN LA ETI DE INFRAESTRUTURA

1. OBJETO

Ante las dudas planteadas en el Sector en relación al cálculo del **gálibo de implantación de obstáculos** aplicando la metodología de la *ETI INF (Reglamento 1299/2014)* y la definida en la *Instrucción Ferroviaria de Gálibos (Orden FOM 1630/2015)*, la presente nota técnica tiene por objeto comparar ambas metodologías y evitar la realización de un doble cálculo.

Con este objetivo, en la presente nota técnica se analizan las diferencias entre ambas metodologías de cálculo a fin de validar los cálculos realizados con una única metodología que es la Instrucción Ferroviaria de Gálibos.

Dado que el Reglamento 1299/2014 dirige y hace referencia a ciertos apartados de la norma EN-15273-3:2013 en cuanto la metodología de cálculo del gálibo de implantación de obstáculos, estos apartados deben ser considerados como parte de la propia ETI.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación de la presente nota técnica son las líneas ferroviarias de nueva construcción ó de acondicionamiento de las existentes, integradas en la red ferroviaria de interés general de anchos ibérico y estándar europeo.

3. MARCO LEGAL

a) *ETI INFRAESTRUCTURA (Reglamento (UE) nº1299/2014) y su modificación aprobada por el Reglamento (UE) 2019/776:*

La metodología de cálculo del gálibo de implantación de obstáculos de acuerdo a la ETI INF es diferente dependiendo del gálibo de que se trate.

- Gálibos G1, GA, GB y GC:

La metodología de cálculo se define en el apartado 4.2.3.1(3):

Los cálculos para el gálibo de implantación de obstáculos se efectuarán empleando el método cinemático según los requisitos de las secciones 5, 7, 10 y el anexo C y el anexo D, punto D.4.8, de la norma EN 15273-3:2013.

- Gálibos GHE16, GEB16 y GEC16:

La metodología de cálculo del gálibo de partes altas se define en el apartado 7.7.15.1 (3):

En lugar del punto 4.2.3.1(3), para el ancho de vía nominal de 1 668 mm, los cálculos del gálibo de implantación de obstáculos se realizarán usando el método cinemático, de conformidad con los requisitos del anexo D, sección D.4.11, de la norma EN 15273-3:2013 para las partes altas y el apéndice P de la presente ETI para las partes bajas.

La metodología de cálculo del gálibo de partes bajas se define en el segundo párrafo del apéndice P:

Los cálculos del gálibo de implantación de obstáculos se realizarán usando el método cinemático de acuerdo con los requisitos de los capítulos 5, 7 y 10 de la norma EN 15273-3:2013 con los perfiles de referencia cinemáticos y normas correspondientes definidos en el presente apéndice.

Se definen asimismo en el apéndice P de la ETI INF:

- Los perfiles de referencia cinemáticos GEI1 y GEI2.
- Los correspondientes salientes.
- Las reducciones verticales a considerar por inscripción en acuerdos verticales.

b) NORMA EUROPEA DE GÁLIBOS EN 15273-3:2013

De acuerdo a la ETI INF los capítulos de obligado cumplimiento de la EN 15273-3:2013 se indican en la siguiente tabla:

ETI INF	GÁLIBOS APLICABLES	EN 15273-3:2013	
4.2.3.1(3)	G1, GA, GB y GC	<p><u>Capítulo 5:</u> Generalidades sobre todos los métodos de gálibos.</p> <p><u>Capítulo 7:</u> Reglas para la determinación del gálibo cinemático (referencia el anejo normativo A).</p> <p><u>Capítulo 10:</u> Elementos de trazado variable.</p> <p><u>Anexo A:</u> Metodología de cálculo de los márgenes del gálibo de obstáculos.</p> <p><u>Anexo C:</u> Gálibos internacionales G1, GA, GB, GC, GI1, GI2 y GI3.</p> <p><u>Anexo D.4.8:</u> Gálibo alemán DE3. <i>No aplicable en la red española.</i></p>	
7.7.15.1(3)	GHE16, GEB16 y GEC16	Partes altas	<u>Capítulo D.4.11:</u> Gálibos españoles
		Partes bajas	<p><u>Capítulo 5:</u> Generalidades sobre todos los métodos de gálibos.</p> <p><u>Capítulo 7:</u> Reglas para la determinación del gálibo cinemático.</p> <p><u>Capítulo 10:</u> Elementos de trazado variable.</p>

c) *INSTRUCCIÓN FERROVIARIA DE GÁLIBOS (IFG)*

El capítulo 3 define las reglas de cálculo del gálibo de implantación de obstáculos aplicable a los gálibos GA, GB, GC, GHE16, GEA16, GEB16 y GEC16.

4. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA EN 15273-3:2013 Y LA IFG

En el anexo 1 se realiza un análisis comparativo entre el contenido de los diferentes capítulos de obligado cumplimiento de la EN 15273-3:2013 y la IFG, señalando las posibles diferencias en cuanto a la metodología de cálculo, que dieran lugar a un diferente gálibo de implantación de obstáculos ya sea límite o nominal.

En los anexos 2 y 3 se incluyen unos ejemplos con el resultado de la aplicación de la metodología de cálculo del gálibo límite y nominal de implantación de obstáculos de acuerdo a ambas normas, tanto en curva como en recta para que se puedan apreciar las diferencias.

5. DIFERENCIAS DETECTADAS ENTRE LA EN 15273-3:2013 Y LA IFG

De acuerdo al anexo 1 se han detectado tres diferencias en las metodologías de cálculo que se explican a continuación:

a) *Desplazamientos cuasiestáticos perpendiculares al plano de rodadura en el punto PT*

Cuando el peralte y/o la insuficiencia de peralte es inferior a 50 mm la aplicación de la IFG está del lado de la seguridad al no contemplar desplazamientos cuasiestáticos perpendiculares al plano de rodadura en el punto PT (punto lateral extremo de la línea superior horizontal del contorno de referencia), mientras que la norma europea contempla desplazamientos verticales negativos y por tanto un gálibo límite y nominal de implantación de obstáculos menor.

b) *Optimización de desplazamientos laterales en el punto PT*

Ambas normas son compatibles excepto en el punto PT, tanto en el cálculo del gálibo límite como nominal de implantación de obstáculos.

En la norma europea se contempla la combinación de un máximo desplazamiento lateral con un máximo desplazamiento vertical, situación que si bien queda del lado de la seguridad no se produce en ningún momento al tratarse de movimientos que no son compatibles entre sí (es una situación irreal), por el contrario la IFG contempla la combinación de desplazamientos laterales y perpendiculares compatibles, permitiendo de este modo optimizar el gálibo.

Esta circunstancia ya se ha tenido en cuenta en la revisión de la EN 15273 actualmente en fase de resolución de comentarios de la fase de encuesta.

- En el apartado 8.3.1 de la prEN 15273-5 se señala lo siguiente:

The calculation method used in the examples is conservative because vertical and lateral displacements are not compatible in all situations.

Therefore, an alternative methodology, which takes into account the compatibility of displacements in order to optimize the infrastructure gauge can be defined by the infrastructure manager.

c) Combinación de los desplazamientos aleatorios laterales

Cuando el peralte y/o la insuficiencia de peralte es inferior a 50 mm la aplicación de la IFG está del lado de la seguridad, obteniendo resultados en los desplazamientos laterales algo superiores y por tanto un gálibo límite de implantación de obstáculos algo superior.

En la siguiente tabla se indican los casos en los que se producen las diferencias detectadas.

		GÁLIBO LÍMITE			GÁLIBO NOMINAL	
		TIPO DE DIFERENCIA			TIPO DE DIFERENCIA	
		Desplazamientos verticales cuasiestáticos PT	Optimización ⁽¹⁾	Combinación ⁽²⁾	Desplazamientos verticales cuasiestáticos PT	Optimización ⁽¹⁾
RECTA		X	X	X	X	X
CURVA	D ≥ 50 mm l ≥ 50 mm	----	X	----	----	X
	D y/o l < 50 mm	X	X	X	X	X

⁽¹⁾ Optimización: Optimización de desplazamientos laterales en el punto PT.

⁽²⁾ Combinación: Combinación de desplazamientos aleatorios laterales.

6. CONCLUSIONES

Tras el análisis comparativo de las metodologías de cálculo del gálibo límite y nominal de implantación de obstáculos incluidas en la IFG y en la EN 15273-3:2013, se concluye en que **la aplicación de la metodología incluida en la IFG permite cumplir con la ETI INF** debido a lo siguiente:

- La optimización del gálibo límite y nominal que se realiza en el punto PT de acuerdo a la IFG permite considerar la combinación de desplazamientos laterales y verticales compatibles, lo cual está previsto se contemple de forma explícita en la revisión de la EN 15273-3:2013.
- La metodología de cálculo del gálibo límite y nominal de acuerdo a la IFG, cuando el peralte y/o la insuficiencia de peralte es inferior a 50 mm es más exigente, dando como resultado un mayor gálibo de implantación de obstáculos, lo cual queda del lado de la seguridad.

Madrid, 26 de junio de 2020

ANEXO 1. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA EN 15273-3:2013 Y LA IFG

APARTADO EN 15273-3:2013	APARTADO IFG	COMENTARIOS
CAPÍTULO 5: “Generalidades sobre todos los métodos de gálibos”		
5.1: “El Perfil de referencia y sus reglas asociadas”	2.7.1 y 2.8.1: “Contornos de referencia” 3.2: “Reglas asociadas”	Normas compatibles
5.2: “Ampliaciones laterales” 5.2.1: “Variaciones del gálibo dependiendo de la situación local”		
5.2.1.1: “Generalidades”	3.2.2.1: “Salientes” 3.2.2.2: “Desplazamientos cuasiestáticos laterales”	Normas compatibles
5.2.1.2: “Salientes”	3.2.2.1: “Salientes” Los salientes se definen en función del gálibo en los apartados 2.7.2.4 (gálibos GHE16, GEB16 y GEC16) y 2.8.2.4 (gálibos GA, GB y GC).	Normas compatibles
5.2.1.3: “Desplazamientos cuasiestáticos”	3.2.2.2: “Desplazamientos cuasiestáticos” Los desplazamientos cuasiestáticos se definen en función del gálibo en los apartados 3.10.1.2 (gálibos GHE16, GEB16 y GEC16) y 3.11.1.2 (gálibos GA, GB y GC).	Normas compatibles

<p>5.2: “Ampliaciones laterales”</p> <p>5.2.2: “Fenómenos aleatorios laterales”</p>		
<p>5.2.2.1: “Oscilaciones de los vehículos debido a irregularidades de la vía”</p> <p>De acuerdo a la fórmula 1 de la EN 15273-3:2013:</p> $\Delta b = \frac{s_0}{L} T_{osc} (h - h_{co})_{>0}$ <p>De acuerdo a la fórmula 54 de la EN 15273-1:2013:</p> $\alpha_{osc} = \frac{s_0}{L} T_{osc}$	<p>3.2.2.3 d): “Por oscilaciones del vehículo debidas a irregularidades de la vía”</p> $\Delta b_{osc} = tg \alpha_{osc} \cdot (h - h_{co})_{>0}$ <p>Para ángulos pequeños el ángulo expresado en radianes es igual a la tangente de dicho ángulo.</p> <p>α_{osc} (en radianes) = $tg \alpha_{osc}$</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>5.2.2.2: “Desplazamientos de la vía (T_{voie})”</p>	<p>3.2.2.3 a): “Por desplazamientos de la vía”</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>5.2.2.3: “Desviación del peralte (T_D)”</p> <p>Se consideran los desplazamientos incluidos en las fórmulas 2 y 3 de la EN 15273-3:2013:</p> $\Delta b = \frac{T_D}{L} h$	<p>3.2.2.3 b): “Por desviaciones del peralte”</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desplazamiento geométrico: $\Delta b_g = \frac{h}{L} \cdot T_D$ - Desplazamiento cuasiestático: $\Delta b_c = \frac{s_0}{L} T_D \cdot (h - h_{co})_{>0}$ 	<p>Normas compatibles</p>

$\Delta b = s_0 \frac{T_D}{L} (h - h_{c0})_{>0}$		
<p>5.2.2.4: “Disimetría”</p> $\eta_0 = T_{charge} + T_{susp}$	<p>3.2.2.3 b): “Por disimetrías del vehículo”</p> $\eta_o = \alpha_{susp} + \alpha_c$	<p>Normas compatibles</p>
<p>5.3: “Sobreelevaciones y descensos perpendiculares al plano de rodadura”</p>		
<p>5.3.1: “Generalidades”</p>	<p>3.2.3: “Desplazamientos perpendiculares al plano de rodadura”</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>5.3.2: “Sobreelevaciones y descensos verticales para las curvas de transición de perfiles, longitudinalmente”</p>	<p>3.10.1.5, 3.11.1.5 y 3.12.1.5: “Inscripción en acuerdos verticales”</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>5.3.3: “Efecto vertical del balanceo”</p>		
<p>5.3.3.1: “Partes altas”</p> $\Delta h_{PTi,a} = b_{PT} \operatorname{sen} \alpha_{PTi,a} - (h_{PT} - h_{c0}) (1 - \cos \alpha_{PTi,a})$ <p>equivalente a $\Delta h_{PTi,a} \cong b_{PT} \operatorname{sen} \alpha_{PTi,a}$</p> $\operatorname{sen} \alpha_{PTi,a} = \frac{s_0}{L} (D - D_0, I - I_0)$	<p>3.2.3.2: “Desplazamientos cuasiestáticos perpendiculares al plano de rodadura”</p> <p>a) Partes altas</p>	<p>La formulación es idéntica hacia el lado interior y exterior de la curva cuando $D \geq 50$ mm y $l \geq 50$ mm respectivamente.</p> <p>Para valores de $D < 50$ mm y $l < 50$ mm la norma europea contempla desplazamientos negativos mientras que la IFG no contempla desplazamientos. Por tanto la metodología de cálculo</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo parado con peralte D: $\Delta h_{PT,D} = \Delta h_{PT,Da} = b_{PT} \cdot \text{sen} \alpha_{PT,D} - (h_{PT} - h_{CO}) \cdot (1 - \cos \alpha_{PT,D}) \approx b_{PT} \cdot \text{sen} \alpha_{PT,D}$ (descenso en el lado interior de la curva y elevación en el exterior) • Vehículo circulando con insuficiencia de peralte I: $\Delta h_{PT,I} = \Delta h_{PT,Ia} = b_{PT} \cdot \text{sen} \alpha_{PT,I} - (h_{PT} - h_{CO}) \cdot (1 - \cos \alpha_{PT,I}) \approx b_{PT} \cdot \text{sen} \alpha_{PT,I}$ (elevación en el lado interior de la curva y descenso en el exterior) <p>$\alpha_{PT,D}$, $\alpha_{PT,I}$: Máxima rotación cuasiestática del vehículo hacia el interior y el exterior, respectivamente. Por tanto: $\text{sen} \alpha_{PT,D} = \frac{s_0}{L} \cdot (D - D_0)_{>0}$ y</p> $\text{sen} \alpha_{PT,I} = \frac{s_0}{L} \cdot (I - I_0)_{>0}$	<p>de acuerdo a la IFG es conservadora.</p>
<p>5.3.3.2: “Partes bajas” El fenómeno es tenido en cuenta por el material rodante.</p>	<p>3.2.3.2: “Desplazamientos cuasiestáticos perpendiculares al plano de rodadura” b) Partes bajas El fenómeno es tenido en cuenta por el material rodante.</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>5.3.4: “Rebote vertical” Solo es tenido en cuenta para el gálibo estático. La IFG únicamente considera el gálibo cinemático para el cálculo del gálibo de implantación de obstáculos.</p>		<p>Normas compatibles</p>
<p>5.3.5: “Fenómenos aleatorios verticales”</p>	<p>3.2.3.3: “Desplazamientos aleatorios perpendiculares al plano de rodadura”</p>	<p>Normas compatibles</p>

	a) Desplazamiento vertical de la vía	
5.4: “Márgenes complementarios”	3.2.2.4: “Márgenes complementarios laterales” 3.2.3.4: “Márgenes complementarios perpendiculares al plano de rodadura”	Normas compatibles
5.5: “Tipos de gálibos”		
5.5.1: “Metodologías de cálculo de gálibos” Entre las metodologías que se indican está el método cinemático que es el utilizado en la IFG.		Normas compatibles
5.5.2: “Tipos de gálibos de las estructuras” Se definen los gálibos de implantación límite y nominal de obstáculos.	3.1: “Gálibos de implantación de obstáculos” Se define el gálibo límite y el gálibo nominal.	Normas compatibles
5.5.3: “Gálibo uniforme” Se define el gálibo uniforme.	3.1: “Gálibos de implantación de obstáculos” Se define el gálibo uniforme.	Normas compatibles
5.6: “Elección del gálibo”		
5.6.1: “Elección del gálibo y de la metodología” Se definen criterios para la selección del gálibo.	1.3.2: “Gálibo de implantación de obstáculos” Se define el gálibo a elegir en función de que se trate de una línea nueva o acondicionada, tanto en situación normal como excepcional. Los gálibos requeridos son coherentes con las exigencias de la ETI INF.	Normas compatibles

<p>5.6.2: “Elección del gálibo de implantación de obstáculos” Se definen criterios para seleccionar un gálibo límite o nominal.</p>	<p>1.3.2: “Gálibo de implantación de obstáculos” Se definen criterios para seleccionar un gálibo uniforme, límite o nominal.</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>5.6.3: “Consideración de los márgenes”</p>		
<p>5.6.3.1: “Gálibo límite de las estructuras”</p>	<p>3.3: “Gálibo límite de implantación de obstáculos”</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>5.6.3.2: “Gálibo nominal”</p>	<p>3.4: “Gálibo nominal de implantación de obstáculos”</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>5.6.4: “Catálogo de gálibos” Los gálibos definidos en la IFG están contemplados en la norma europea.</p>		<p>Normas compatibles</p>
<p>CAPÍTULO 7: “Reglas para la determinación del gálibo cinemático”</p>		
<p>7.1: “Generalidades”</p>		<p>Normas compatibles</p>
<p>7.2: “Reglas asociadas” <u>Posición lateral de los obstáculos:</u> $b_{\text{obstacle}} \geq b_{\text{CR}} + S_{i/a} + qS_{i/a} + \Sigma_j$ <u>Posición vertical de los obstáculos:</u> Partes altas:</p>	<p>3.3: “Gálibo límite de implantación de obstáculos” 3.4: “Gálibo nominal de implantación de obstáculos” Cuadros 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4.</p>	<p>Normas compatibles excepto en el punto PT (punto lateral extremo de la línea superior horizontal del contorno de referencia) cuando la vía está en curva. En la IFG se determinan contornos completos teniendo en cuenta que el vehículo circula a la máxima velocidad permitida y que se encuentra</p>

$$h_{\text{obstacle}} \geq h_{\text{CR}} + \Delta h_{\text{R}_V} + \Delta h_{\text{PT}} + \Sigma_V$$

Partes bajas:

$$h_{\text{obstacle}} \leq h_{\text{CR}} + \Delta h_{\text{R}_V} - \Sigma_V$$

parado, en ambos casos se considera la hipótesis de un máximo desplazamiento lateral con el desplazamiento vertical compatible y un máximo desplazamiento vertical con el desplazamiento lateral compatible. De este modo se optimiza el gálibo en el punto PT.

En la norma europea se contempla la combinación de un máximo desplazamiento lateral con un máximo desplazamiento vertical, situación que si bien queda del lado de la seguridad no se produce en ningún momento al tratarse de movimientos no compatibles (es una situación irreal).

Con la norma europea se determina un único contorno de implantación de obstáculos mientras que con la IFG se determinan 4 contornos:

- La envolvente de los 4 contornos de la IFG envuelve el contorno de la norma europea excepto en el punto PT.

- En el punto PT la IFG optimiza el gálibo debido a que la norma europea considera desplazamientos que no son compatibles entre sí.

- En el apartado 8.3.1 de la prEN 15273-5 (actualmente en fase de resolución de comentarios) se señala lo siguiente:

*The calculation method used in the examples is conservative because vertical and lateral displacements are not compatible in all situations. Therefore, **an alternative methodology which takes into account the compatibility of displacements in order to optimize the infrastructure gauge can be defined by the infrastructure manager.***

7.3: “Márgenes transversales para los fenómenos aleatorios”		
7.3.1: “Fenómenos considerados”	3.2.2.3: “Márgenes aleatorios laterales ($M_1 + M_2$)” 3.2.2.4: “Márgenes complementarios laterales (M_{3b})”	Normas compatibles
7.3.2: “Determinación de la suma de los márgenes transversales Σ” En el anexo A se incluye la metodología de cálculo de los márgenes (dicho anexo es normativo), por lo que debería tenerse en cuenta. En un apartado aparte se compara el anexo A con la IFG. En el anexo B se incluyen valores recomendados para las tolerancias (dicho anexo es informativo aclarando que los valores se dan a título informativo, pudiendo modificarse).	3.3: “Gálibo límite de implantación de obstáculos” 3.4: “Gálibo nominal de implantación de obstáculos”	Normas compatibles
7.4: “Márgenes verticales para los fenómenos aleatorios”		
7.4.1: “Fenómenos considerados”	3.2.3.3: “Márgenes aleatorios perpendiculares al plano de rodadura” 3.2.3.4: “Márgenes complementarios perpendiculares al plano de rodadura (M_{3h})” 3.2.3.5: “Margen perpendicular al plano de rodadura en la zona de ruedas”	Normas compatibles

<p>7.4.2: “Determinación de la suma de los márgenes verticales Σ_v”</p> <p>En el anexo A se incluye la metodología de cálculo de los márgenes (dicho anexo es normativo), por lo que debería tenerse en cuenta. En un apartado aparte se compara el anexo A con la IFG.</p> <p>En el anexo B se incluyen valores recomendados para las tolerancias (dicho anexo es informativo aclarando que los valores se dan a título informativo, pudiendo modificarse).</p>	<p>3.3: “Gálibo límite de implantación de obstáculos”</p> <p>3.4: “Gálibo nominal de implantación de obstáculos”</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>CAPÍTULO 10: “Elementos de trazado variable”</p>	<p>3.7.1: “Elementos de trazado con variación de curvatura en planta”</p> <p>3.7.1.1: “Transiciones recta-curva”</p> <p>3.7.1.2: “Aparatos de vía”</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>ANEXO A: “Metodología de cálculo de los márgenes del gálibo de obstáculos”</p>		
<p>A.1: “Generalidades”</p>	<p>3.3: “Gálibo límite de implantación de obstáculos”</p> <p>3.4: “Gálibo nominal de implantación de obstáculos”</p>	<p>Normas compatibles</p>
<p>A.2: “Formulación en el caso del gálibo estático o cinemático”</p> <p>A.2.1: “Para el gálibo de implantación nominal”</p>		
<p>A.2.1.1: “En la dirección transversal”. Fórmula A.2</p> <p>Se incluye la fórmula A.2:</p> $\Sigma_{3,4/a} = T_{\text{vite}} + \frac{T_D}{L} h + s_0 \frac{T_D}{L} [h - h_{CO}]_{>0} + \tan(T_{\text{susp}}) [h - h_{CO}]_{>0} + \tan(T_{\text{charge}}) [h - h_{CO}]_{>0} + \frac{s_0}{L} T_{\text{osc}} [h - h_{CO}]_{>0} +$	<p>3.4: “Gálibo nominal de implantación de obstáculos”</p> <p>La fórmula incluida en la EN 15273-3:2013 define el desplazamiento aleatorio lateral máximo que en la IFG corresponde a las fórmulas siguientes:</p> <p><u>Partes altas:</u></p>	<p>Normas compatibles</p>

El término "Supl" lo define el Administrador de Infraestructura.

$$\Sigma j_3 = T_{\text{vía}} + [h + s_o \cdot [h - h_{co}]_{>0}] \cdot \frac{T_D}{L} + (tg\alpha_{sup} + tg\alpha_c + tg\alpha_{osc}) \cdot [h - h_{co}]_{>0}$$

A este valor se suma aritméticamente el término "Supl", que son los márgenes complementarios laterales "M3b". Los valores del término "M3b" se define en los apartados 3.10.1.4 y 3.11.1.4.

Partes bajas:

$$\Sigma j_4 = T_{\text{vía}} + h \cdot \frac{T_D}{L}$$

A este valor se suma aritméticamente el término "Supl", que son los márgenes complementarios laterales "M3b"

A.2.1.1: "En la dirección transversal". Fórmulas A.3, A.4 y A.5

Se incluyen las fórmulas A.3, A.4 y A.5:

$$b_{\text{nom},i} = b_{CR} + S_i + \Sigma_{3,i} + K[D - D_0]_{>0}$$

$$b_{\text{nom},a} = b_{CR} + S_a + \Sigma_{3,a} + K[I - I_0]_{>0}$$

$$K = \frac{s_0}{L} [h - h_{c0}]_{>0}$$

3.4: "Gálibo nominal de implantación de obstáculos"

Se incluyen las fórmulas en los cuadros 3.3 y 3.4.

Lado interior de la curva:

$$b_{\text{obstáculo},i} \geq b_{CR} + \overleftarrow{S}_i + \overleftarrow{qs}_{Di} + \overleftarrow{\Sigma j}_3 + \overleftarrow{M}_{3b}$$

Lado exterior de la curva:

$$b_{\text{obstáculo},a} \geq b_{CR} + \overrightarrow{S}_a + \overrightarrow{qs}_{Ia} + \overrightarrow{\Sigma j}_3 + \overrightarrow{M}_{3b}$$

Normas compatibles

A.2.1.2: “En la dirección vertical”.

Se incluyen las fórmulas A.6 y A.7:

En el punto PT:

$$\Sigma_{V3,PTa} = \left(b_{PT} + \frac{L}{2} + s_0 b_{PT} \right) \frac{T_D}{L} + b_{PT} \frac{s_0}{L} T_{osc} + b_{PT} \tan(T_{charge}) + b_{PT} \tan(T_{susp}) + T_N + S_{supl}$$

$$\Sigma_{V3,PTi} = \left(b_{PT} - \frac{L}{2} + s_0 b_{PT} \right) \frac{T_D}{L} + b_{PT} \frac{s_0}{L} T_{osc} + b_{PT} \tan(T_{charge}) + b_{PT} \tan(T_{susp}) + T_N + S_{supl}$$

En el resto de puntos:

Se considera únicamente $T_N + S_{supl}$

3.4: “Gálbo nominal de implantación de obstáculos”

Las fórmulas incluida en la EN 15273-3:2013 definen el desplazamiento vertical máximo que en la IFG corresponde a las fórmulas siguientes:

Lado exterior de la curva en el punto PT:

$$\Sigma V_{a3}^* = T_N + \left((1 + s_0) \cdot b_{PT} + \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} + b_{PT} \cdot (tg\alpha_{susp} + tg\alpha_c + tg\alpha_{osc})$$

A este valor se suma aritméticamente el término “Supl”, que son los márgenes complementarios verticales “M3h”. Los valores del término “M3h” se define en los apartados 3.10.1.4 y 3.11.1.4.

Lado interior de la curva en el punto PT:

$$\Sigma V_{i3}^* = T_N + \left((1 + s_0) \cdot b_{PT} - \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} + b_{PT} \cdot (tg\alpha_{susp} + tg\alpha_c + tg\alpha_{osc})$$

A este valor se suma aritméticamente el término “Supl”, que son los márgenes complementarios verticales “M3h”

Desplazamientos verticales en puntos distintos del PT:

T_N

A este valor se suma aritméticamente el término “Supl”, que son los márgenes complementarios verticales “M3h”

Normas compatibles

A.2: “Formulación en el caso del gálbo estático o cinemático”

A.2.2: “Para el gálbo de implantación límite”

A.2.2.1: “En la dirección transversal”

A.2.2.1.1: “Fórmula de base”

Se incluyen las fórmulas A.8 y A.9:

$$\Sigma'_{2/a} = k \sqrt{T_{\text{voie}}^2 + \left[\frac{T_D}{L} h + s_0 \frac{T_D}{L} [h - h_{\text{co}}]_{>0} \right]^2 + \left[\tan(\alpha_{\text{susp}}) [h - h_{\text{co}}]_{>0} \right]^2 + \left[\tan(\alpha_{\text{charge}}) [h - h_{\text{co}}]_{>0} \right]^2 + \left[\frac{s_0}{L} (T_{\text{osc}}) [h - h_{\text{co}}]_{>0} \right]^2}$$

$$\Sigma''_2 = k \sqrt{T_{\text{voie}}^2 + \left[\frac{T_D}{L} h \right]^2}$$

3.3: “Gálibo límite de implantación de obstáculos”

La fórmula incluida en la EN 15273-3:2013 define el desplazamiento aleatorio lateral máximo que en la IFG corresponde a las fórmulas siguientes:

Partes altas:

$$\Sigma j_1 = K \cdot \sqrt{T_{\text{via}}^2 + [h + s_0 \cdot [h - h_{\text{co}}]_{>0}]^2 \cdot \left(\frac{T_D}{L} \right)^2 + (tg^2 \alpha_{\text{susp}} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{\text{osc}}) \cdot [h - h_{\text{co}}]_{>0}^2}$$

Partes bajas:

$$\Sigma j_2 = K \cdot \sqrt{T_{\text{via}}^2 + \left(h \cdot \frac{T_D}{L} \right)^2}$$

Por las razones que se exponen en la siguiente fila no se utiliza la expresión Σ''_2

En la IFG no se utiliza el término Σ''_2 obteniendo resultados que quedan del lado de la seguridad.

A.2.2.1.2: “Determinación de la semianchura, lado interior de la curva”

Se incluye la fórmula A.10:

$$b_{\text{lim,i}} = b_{\text{CR}} + S_i + \max \left[\Sigma'_{2,i} + K(D - D_0); \Sigma''_2; (\Sigma'_{2,a} - K \cdot I_0) \right]$$

3.3: “Gálibo límite de implantación de obstáculos”

Las fórmulas de cálculo se incluyen en el apartado 3.3.

La formulación es idéntica cuando $D \geq 50$ mm.

Cuando $D < 50$ mm la aplicación de la IFG está del lado de la seguridad obteniendo resultados en los desplazamientos laterales algo superiores y por tanto un gálibo de implantación de obstáculos algo superior.

<p>A.2.2.1.2: “Determinación de la semianchura, lado interior de la curva”</p> <p>Se incluye la fórmula A.12:</p> $\Sigma_{2,i} = \text{Max}[\Sigma'_{2,i} + K(D - D_0); \Sigma''_2; (\Sigma'_{2,a} - K \cdot I_0)] - q_s$ <p>La aplicación de las fórmulas A.10 y A.12 da como resultado la fórmula incluida en el apartado 7.2:</p> $b_{\text{obstacle}} \geq b_{\text{CR}} + S_{i/a} + q_s_{i/a} + \Sigma_j$	<p>3.3: “Gálido límite de implantación de obstáculos”</p> <p>Las fórmulas de cálculo se incluyen en el apartado 3.3.</p>	<p>La formulación es idéntica cuando $D \geq 50$ mm.</p> <p>Cuando $D < 50$ mm la aplicación de la IFG está del lado de la seguridad obteniendo resultados en los desplazamientos laterales algo superiores y por tanto un gálido de implantación de obstáculos algo superior.</p>
<p>A.2.2.1.2: “Determinación de la semianchura, lado exterior de la curva”</p> <p>Se incluye la fórmula A.13:</p> $b_{\text{lim},a} = b_{\text{CR}} + S_a + \text{Max}[\Sigma'_{2,a} + K(I - I_0); \Sigma''_2]$	<p>3.3: “Gálido límite de implantación de obstáculos”</p> <p>Las fórmulas de cálculo se incluyen en el apartado 3.3.</p>	<p>La formulación es idéntica cuando $l \geq 50$ mm.</p> <p>Cuando $l < 50$ mm la aplicación de la IFG está del lado de la seguridad obteniendo resultados en los desplazamientos laterales algo superiores y por tanto un gálido de implantación de obstáculos algo superior.</p>
<p>A.2.2.1.2: “Determinación de la semianchura, lado exterior de la curva”</p> <p>Se incluye la fórmula A.14:</p>	<p>3.3: “Gálido límite de implantación de obstáculos”</p> <p>Las fórmulas de cálculo se incluyen en el apartado 3.3.</p>	<p>La formulación es idéntica cuando $l \geq 50$ mm.</p> <p>Cuando $l < 50$ mm la aplicación de la IFG está del lado de la seguridad obteniendo resultados en los</p>

$$\Sigma_{2,a} = \text{Max} \left[\Sigma'_{2,a} + K(I - I_0); \Sigma''_2 \right] - qs_a$$

La aplicación de las fórmulas A.13 y A.14 da como resultado la fórmula incluida en el apartado 7.2:

$$b_{\text{obstacle}} \geq b_{\text{CR}} + S_{i/a} + qs_{i/a} + \Sigma_j$$

desplazamientos laterales algo superiores y por tanto un gálibo de implantación de obstáculos algo superior.

A.2.2.2: “En dirección vertical”

Se incluyen las fórmulas A.15 y A.16:

$$\Sigma_{V2.PTa} = k \sqrt{\left(\left((1+s_0) b_{PT} + \frac{L}{2} \right) \frac{T_D}{L} \right)^2 + \left(b_{PT} \frac{s_0}{L} T_{osc} \right)^2 + b_{PT}^2 \tan^2(T_{charge}) + b_{PT}^2 \tan^2(T_{susp}) + T_N^2}$$

$$\Sigma_{V2.PTi} = k \sqrt{\left(\left((1+s_0) b_{PT} - \frac{L}{2} \right) \frac{T_D}{L} \right)^2 + \left(b_{PT} \frac{s_0}{L} T_{osc} \right)^2 + b_{PT}^2 \tan^2(T_{charge}) + b_{PT}^2 \tan^2(T_{susp}) +}$$

3.3: “Gálibo límite de implantación de obstáculos”

Las fórmulas incluida en la EN 15273-3:2013 definen el desplazamiento vertical máximo que en la IFG corresponde a las fórmulas siguientes:

Lado exterior de la curva en el punto PT:

$$\Sigma V_{al}^* = K \cdot \sqrt{T_N^2 + \left((1+s_0) \cdot b_{PT} + \frac{L}{2} \right)^2 \cdot \left(\frac{T_D}{L} \right)^2 + b_{PT}^2 \cdot (tg^2 \alpha_{sup} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{osc})}$$

Lado interior de la curva en el punto PT:

$$\Sigma V_{il}^* = K \cdot \sqrt{T_N^2 + \left(\left((1+s_0) \cdot b_{PT} - \frac{L}{2} \right) \right)^2 \cdot \left(\frac{T_D}{L} \right)^2 + b_{PT}^2 \cdot (tg^2 \alpha_{sup} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{osc})}$$

Normas compatibles

	Desplazamientos verticales en puntos distintos del PT: T_N	
ANEXO C: “Gálidos internacionales G1, GA, GB y GC, G11, G12 y G13”		
C.1: “Generalidades”		
C.1.1: “Aplicación”	1.3.2: “Gálido de implantación de obstáculos” Se define el gálido a elegir en función de que se trate de una línea nueva o acondicionada, tanto en situación normal como excepcional. Los gálidos exigidos son coherentes con las exigencias de la ETI INF.	Normas compatibles
C.1.2: “Tipos de gálido”	En la IFG para el cálculo del gálido de implantación de obstáculos se emplea el método cinemático.	Normas compatibles
C.1.3: “Parámetros y reglas comunes”	3.11.1: “Reglas asociadas”	Normas compatibles
C.1.6: “Partes del gálido”	3.3: “Gálido límite de implantación de obstáculos” En la figura 3.2 se establece el límite entre las partes altas y bajas	Normas compatibles
C.2: “Gálido de partes altas”		
C.2.1: “Gálido G1”	No se define en la IFG.	
C.2.2: “Gálidos GA y GB”	2.8.1.1: “Contornos de referencia de partes altas”	Normas compatibles

	<p>3.11.1: “Reglas asociadas”</p> <p>Se definen los contornos de referencia, salientes así como los desplazamientos cuasiestáticos.</p>	
C.2.2: “Gálibo GC”	<p>2.8.1.1: “Contornos de referencia de partes altas”</p> <p>3.11.1: “Reglas asociadas”</p> <p>Se definen los contornos de referencia, salientes así como los desplazamientos cuasiestáticos.</p>	Normas compatibles
C.3: “Gálibo de partes bajas”		
C.3.1: “Partes bajas de GI2”	<p>2.8.1.2.2: “GI2”</p> <p>3.11.1: “Reglas asociadas”</p> <p>Se definen los contornos de referencia, salientes así como los desplazamientos cuasiestáticos.</p>	Normas compatibles
C.3.2: “Partes bajas de GI1”	<p>2.8.1.2.1: “GI1”</p> <p>3.8: “Transiciones de los frenos de vía en posición activa”</p> <p>3.11.1: “Reglas asociadas”</p> <p>Se definen los contornos de referencia, salientes, así como los desplazamientos cuasiestáticos.</p> <p>Se definen asimismo las transiciones de los frenos de vía en posición activa.</p>	Normas compatibles
C.3.3: “Partes bajas para las “autopistas rodantes”-GI3”	<p>2.8.1.2.3: “GI3”</p> <p>3.11.1: “Reglas asociadas”</p>	Normas compatibles

	Se definen los contornos de referencia, salientes, así como los desplazamientos cuasiestáticos.	
ANEXO D.4.11: “Gálidos españoles GHE16; GEA16, GEB16, GEC16, GEC14, GEE10 y GED10”		
D.4.11.1: “Generalidades”	1.3: “ Gálidos considerados”	Normas compatibles
D.4.11.2: “Parámetros principales”		
D.4.11.2.1: “Gálidos cinemáticos GHE16, GEA16, GEB16 y GEC16”	3.10.1: “Reglas asociadas”	Normas compatibles
D.4.11.3: “Perfiles de referencia para los gálidos cinemáticos”		
D.4.11.3.1: “Gálido cinemático GHE16”	2.7.1.1.1 “GHE16”	Normas compatibles
D.4.11.3.2: “Gálido cinemático GEA16”	2.7.1.1.2 “GEA16”	Normas compatibles
D.4.11.3.3: “Gálido cinemático GEB16”	2.7.1.1.3 “GEB16”	Normas compatibles
D.4.11.3.4: “Gálido cinemático GEC16”	2.7.1.1.4 “GEC16”	Normas compatibles
D.4.11.4: “Reglas asociadas”	3.10.1: “Reglas asociadas”	Normas compatibles
D.4.11.5: “Sobreelevación/descenso vertical”	3.10.1.5: “Inscripción en acuerdos verticales”	Normas compatibles

**ANEXO 2. EJEMPLOS DE CÁLCULO DEL GÁLIBO LÍMITE DE
IMPLANTACIÓN DE OBSTÁCULOS APLICANDO LAS NORMAS EN 15273-
3:2013 Y LA IFG EN RECTA Y EN CURVA**

1. PARÁMETROS DE CÁLCULO

Se considera el gálibo de partes altas GB, en una sección de vía con las siguientes características:

- No hay acuerdo vertical.
- Vía en balasto, en buen estado
- $L = 1,500$ m
- $l_N = 1,435$ m
- $l = l_{m\acute{a}x} = 1,465$ m
- $D_0 = l_0 = 0,050$ m
- $h_{c0} = 0,500$ m
- $T_{via} = 0,025$ m
- $T_D = 0,015$ m
- $\alpha_c = 0,77^\circ$
- $\alpha_{susp} = 0,23^\circ$
- $T_N = 0,020$ m
- $K = 1,2$ excepto en el caso de los desplazamientos aleatorios laterales para $h < 0,5$ m que se tomará un valor de $K = 1$.

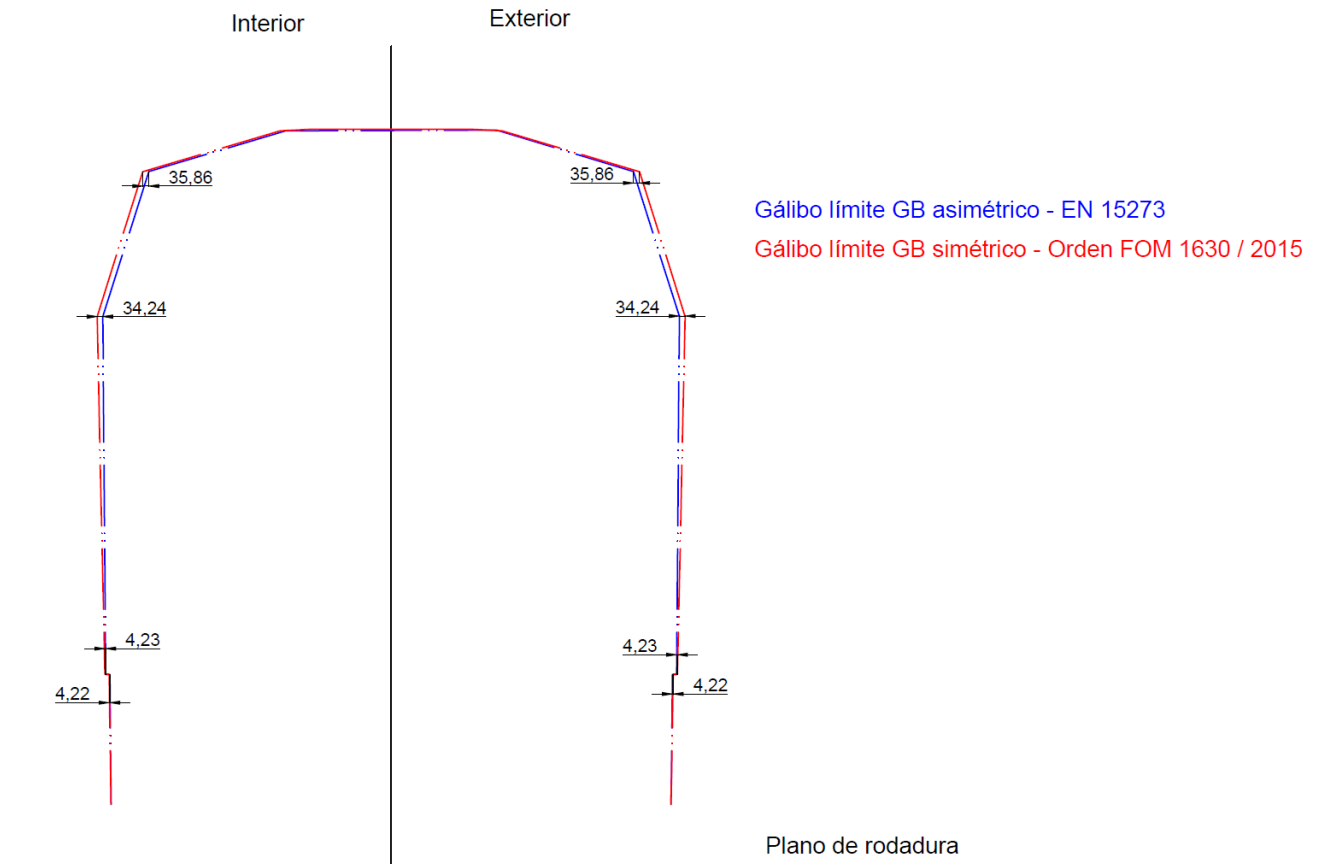
2. CÁLCULO EN RECTA

En este caso:

- Peralte: $D = 0$
- Insuficiencia de peralte: $I = 0$

En la siguiente figura se incluye el gálibo límite de implantación de obstáculos resultante de aplicar la metodología de cálculo de la IFG y de la EN 15273-3:2013.

EN15273 vs Orden FOM 1630 / 2015 - recta

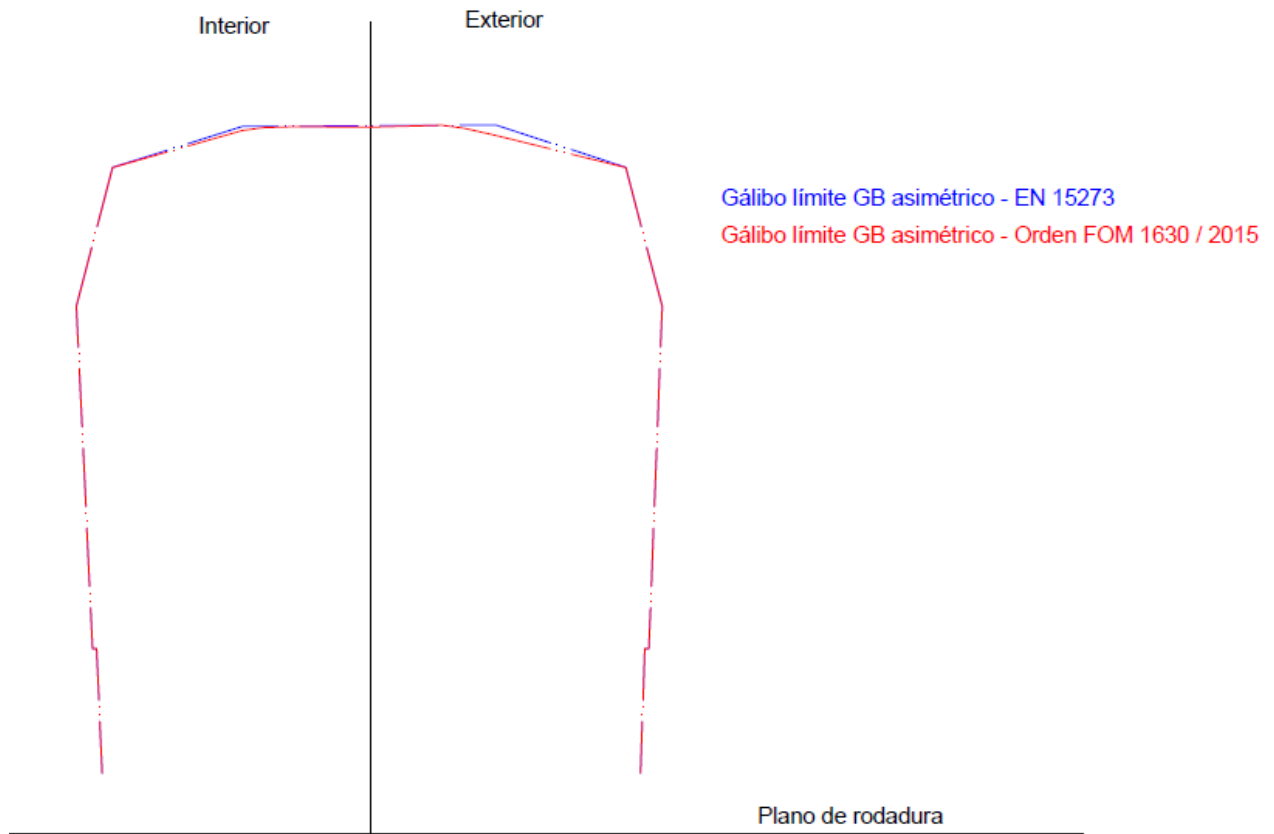


3. CÁLCULO EN CURVA

En este caso:

- Radio en planta: $R = 352 \text{ m}$
- Peralte: $D = 160 \text{ mm}$
- Insuficiencia de peralte: $I = 115 \text{ mm}$

En la siguiente figura se incluye el gálibo límite de implantación de obstáculos resultante de aplicar la metodología de cálculo de la IFG y de la EN 15273-3:2013.



**ANEXO 3. EJEMPLOS DE CÁLCULO DEL GÁLIBO NOMINAL DE
IMPLANTACIÓN DE OBSTÁCULOS APLICANDO LAS NORMAS EN 15273-
3:2013 Y LA IFG EN RECTA Y EN CURVA**

1. PARÁMETROS DE CÁLCULO

Se considera el gálibo de partes altas GC, en una sección de vía con las siguientes características:

- No hay acuerdo vertical.
- Vía en balasto, en buen estado
- $L = 1,500$ m
- $I_N = 1,435$ m
- $I = I_{máx} = 1,465$ m
- $D_0 = I_0 = 0,050$ m
- $h_{c0} = 0,500$ m
- $T_{via} = 0,025$ m
- $T_D = 0,015$ m
- $\alpha_c = 0,77^\circ$
- $\alpha_{susp} = 0,23^\circ$
- $T_N = 0,020$ m
- Margen lateral (M_{3b}) = 20 cm
- Margen vertical (M_{3v}) = 15 cm
- $K = 1,2$ excepto en el caso de los desplazamientos aleatorios laterales para $h < 0,5$ m que se tomará un valor de $K = 1$.

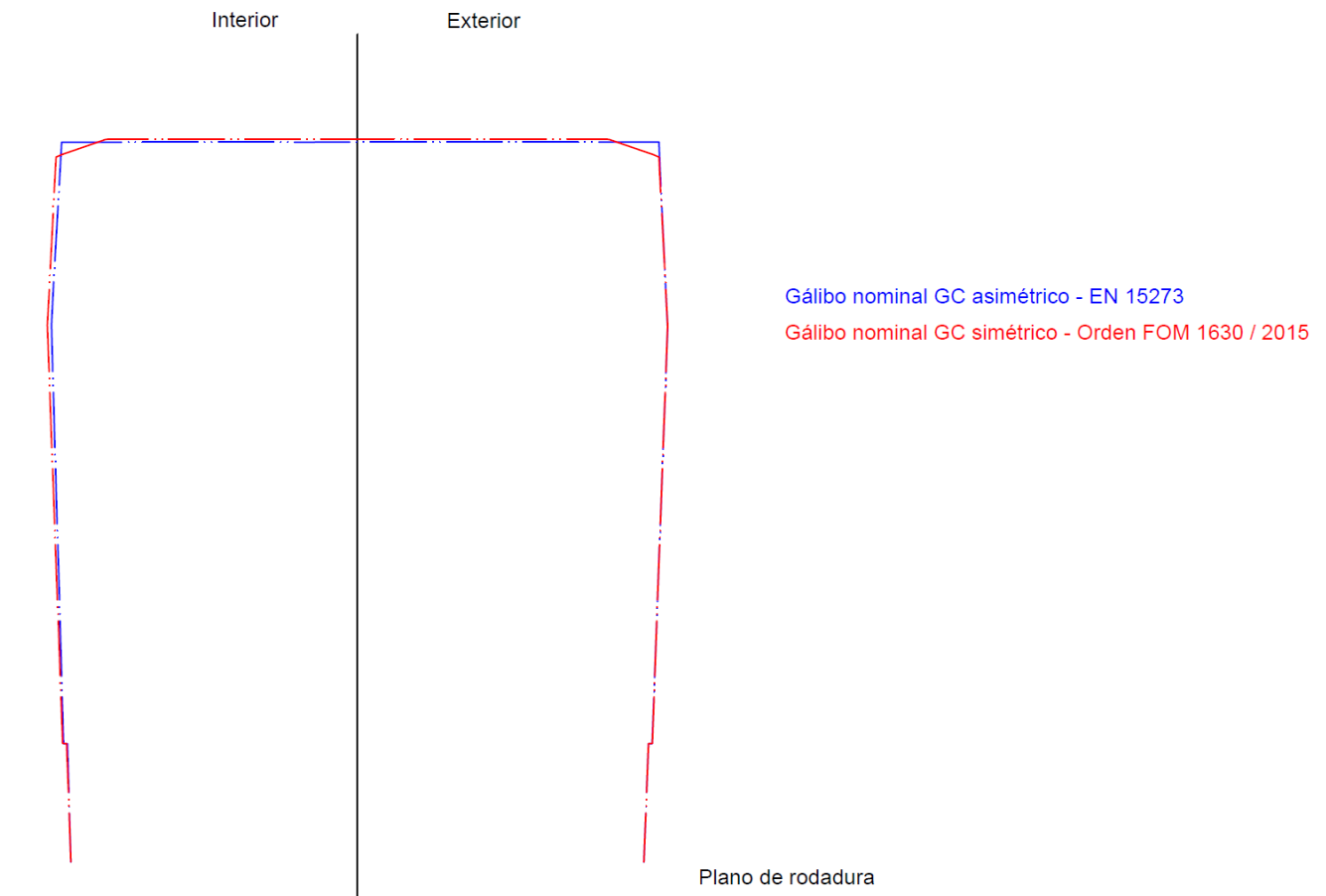
2. CÁLCULO EN RECTA

En este caso:

- Peralte: $D = 0$
- Insuficiencia de peralte: $I = 0$

En la siguiente figura se incluye el gálibo nominal de implantación de obstáculos resultante de aplicar la metodología de cálculo de la IFG y de la EN 15273-3:2013.

EN15273 vs Orden FOM 1630 / 2015 - recta



3. CÁLCULO EN CURVA

En este caso:

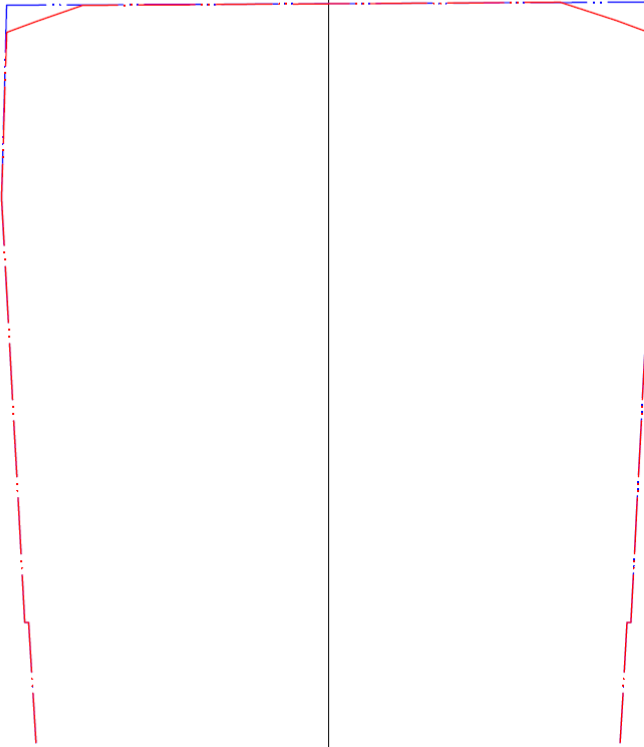
- Radio en planta: $R = 352$ m
- Peralte: $D = 160$ mm
- Insuficiencia de peralte: $I = 115$ mm

En la siguiente figura se incluye el gálibo nominal de implantación de obstáculos resultante de aplicar la metodología de cálculo de la IFG y de la EN 15273-3:2013.

EN15273 vs Orden FOM 1630 / 2015 - curva

Interior

Exterior



Gálbo nominal GC asimétrico - EN 15273

Gálbo nominal GC asimétrico - Orden FOM 1630 / 2015

Plano de rodadura