

DESCRIPCIÓN

ANÁLISIS DE LOS CASOS EN QUE EL ENTREEJE LÍMITE SUPERA AL ENTREEJE NOMINAL

1. OBJETO

La distancia nominal entre ejes de vías debe cumplir lo indicado en la *Instrucción Ferroviaria de Gálibos* (IFG), aprobada mediante la Orden FOM 1630/2015, de 14 de julio.

Adicionalmente, en aquellos casos en que es de aplicación el *Reglamento (UE) 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* (ETI INF), es preciso verificar asimismo que la distancia entre ejes de vías es igual o superior al **entreeje límite**.

La presente Nota Técnica tiene por objeto facilitar la aplicación de la anterior normativa. Para ello:

- Se analizan los casos en los que el entreeje límite condiciona la separación entre las vías por ser superior al entreeje nominal.
- Se aclara y detalla la formulación del cálculo del entreeje límite definida en la IFG en función de los gálibos existentes en cada una de las vías.

Dado que la ETI INF dirige y hace referencia al capítulo 9 de la norma EN-15273-3:2013, en cuanto la metodología de cálculo del entreeje límite, este apartado debe ser considerado como parte de la propia ETI.

La aplicación de la metodología de cálculo del entreeje límite incluida en la IFG permite cumplir con la ETI INF, siendo aplicables las conclusiones incluidas en la Nota Técnica NT-01/2020 *“Comparación de la metodología de cálculo del gálibo de implantación de obstáculos definida en la Instrucción Ferroviaria de Gálibos y en la ETI de Infraestructura”*.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación de la presente Nota Técnica son las líneas ferroviarias de nueva construcción o las líneas existentes acondicionadas, que forman parte de la Red Ferroviaria de Interés General de ancho ibérico, estándar UIC y métrico.

3. MARCO LEGAL

- a) Reglamento (UE) 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 (ETI INFRA) y su modificación aprobada por el Reglamento (UE) 2019/776:

La metodología de cálculo del entreeje límite se define en el apartado 4.2.3.2 (3):

La distancia entre ejes cumplirá como mínimo los requisitos para la distancia de instalación límite entre ejes de vías, definida conforme a la **sección 9 de la norma EN 15273-3:2013**.

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

De acuerdo con la ETI INF, el capítulo 9 es de obligado cumplimiento para todos los gálivos, excepto los definidos en la red de ancho métrico.

c) INSTRUCCIÓN FERROVIARIA DE GÁLIBOS (IFG)

En el apartado 3.6.2 se incluye la formulación general relativa al cálculo del entreeje límite. En los apartados 3.10.5.1, 3.11.5.1 y 3.12.5.1 se define la formulación en el caso de que ambas vías sean de ancho ibérico, estándar UIC y métrico respectivamente.

4. FORMULACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

Se consideran los casos de curvas concéntricas y de curvas divergentes. En el caso de curvas concéntricas se diferencia, asimismo, entre que ambas curvas tengan el mismo o diferente peralte.

Para la determinación del entreeje límite se han contemplado los 8 casos indicados en el Cuadro 1, en función del gálivo de cada una de las vías.

Cuadro 1. Casos contemplados para la determinación del entreeje límite.

CASO	GÁLIBO	
	VÍA 1	VÍA 2
1	GHE16, GEB16 o GEC16	GHE16, GEB16 o GEC16
2	GB	GB
3	GC	GC
4	GED10 o GEE10	GED10 o GEE10
5	GB	GHE16 o GEB16
6	GC	GEB16 o GEC16
7	GHE16 o GEB16	GB
8	GEB16 o GEC16	GC

En el Anexo 1 se detalla, para el **caso de curvas concéntricas**, la formulación de cálculo del entreeje límite, según la IFG, en función de los gálivos considerados en cada una de las vías, del radio, del peralte de la vía del lado exterior de la curva y de la insuficiencia del peralte de la vía del lado interior de la curva. En el **caso de curvas divergentes** la formulación se define en función del gálivo, radio e insuficiencia de peralte de cada una de las vías.

En el Anexo 2 se incluyen fórmulas simplificadas, aplicables para la determinación del entreeje límite en los casos más habituales de diseño.

5. CASOS EN LOS QUE EL ENTREEJE LÍMITE SUPERA AL ENTREEJE NOMINAL

En el Anexo 3 se detallan los casos de curvas concéntricas con el mismo peralte en que el entreeje límite supera al entreeje nominal.

Se han contemplado los casos indicados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Casos contemplados para verificar si el entreeje límite supera al entreeje nominal.

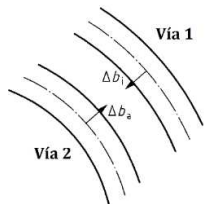
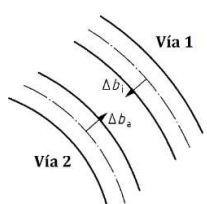
CASO	ANCHO DE VÍA		ENTREEJE NOMINAL A COMPARAR
	VÍA 1	VÍA 2	
1	1668	1668	3808 3920
2	1435	1435	3808
3	1000	1000	3500
4	1668	1435	3808

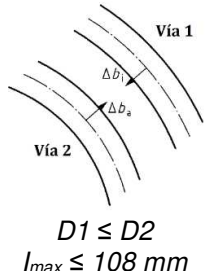
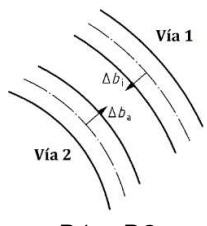
CONCLUSIONES

De acuerdo al Anexo 3, el entreeje límite será superior al entreeje nominal en las situaciones que se resumen en las siguientes tablas, donde se reflejan los casos más habituales de diseño.

Debido a que se trata de una envolvente de casos habituales, siempre del lado de la seguridad, en función de las circunstancias y situaciones de diseño, puede ser necesario realizar un cálculo más ajustado del entreeje límite en los supuestos admitidos por la IFG.

La presente Nota Técnica tiene por objeto facilitar la labor de los proyectistas, pero no exime a éstos de su responsabilidad en cuanto al cumplimiento de lo establecido en la normativa.

ANCHOS 1.668 Y 1.435 CASOS HABITUALES	
CONFIGURACIÓN	CASOS
 <p>$D1 \leq D2$ $l_{max} \leq 175 \text{ mm (1.668)}$ $l_{max} \leq 153 \text{ mm (1.435)}$</p>	$R \geq 250 \text{ m}$
	<p><u>Ambas vías de ancho 1.668, vía en balasto.</u> Para $D \leq 165 \text{ mm}$, el entreeje nominal es siempre superior al entreeje límite. Para $l=175 \text{ mm}$ y $D > 165 \text{ mm}$, las combinaciones de peraltes máximos y radios mínimo que dan lugar a un entreeje límite superior al entreeje nominal de 3.808 mm son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $D = 170 \text{ mm}: R_{min} = 267 \text{ m}$ • $D = 175 \text{ mm}: R_{min} = 315 \text{ m}$ • $D = 180 \text{ mm}: R_{min} = 387 \text{ m}$ <p>El entreeje nominal de 3.920 es siempre superior al entreeje límite para esta configuración.</p>
	<p><u>Ambas vías de ancho 1.668, vía en placa.</u> <u>Ambas vías de ancho 1.435.</u> <u>Una vía de ancho 1.435 y otra de ancho 1.668.</u> El entreeje nominal de 3.808 mm es siempre superior al entreeje límite para esta configuración.</p>
	$R < 250 \text{ m}$
 <p>$D1 > D2$</p>	<p>Cálculo de entreeje límite según I.F.G. y Anexo 1 o 2 de este documento, y/o comprobación directa si entra en los casos reseñados en el Anexo 3 de este documento.</p>
	<p>Cálculo de entreeje límite según I.F.G. y Anexo 1 o 2 de este documento.</p>

ANCHO 1.000 CASOS HABITUALES	
CONFIGURACIÓN	CASOS
 <p>$D1 \leq D2$ $l_{max} \leq 108 \text{ mm}$</p>	$R \geq 100 \text{ m}$
	El entreeje nominal de 3.500 es siempre superior al entreeje límite para esta configuración.
	$R < 100 \text{ m}$
 <p>$D1 > D2$</p>	Cálculo de entreeje límite según I.F.G. y Anexo 1 o 2 de este documento.

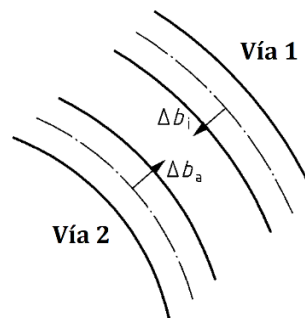
FIRMADO EL ORIGINAL CON FECHA 18 de noviembre de 2021

ANEXO 1. FORMULACIÓN GENERAL PARA EL CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

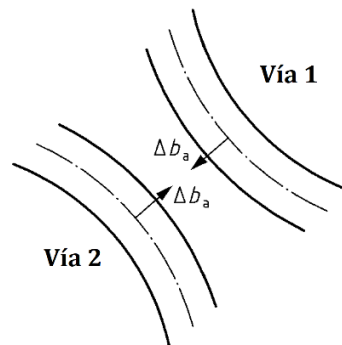
1. CASOS CONTEMPLADOS

Se considera tanto el caso de curvas concéntricas como el caso de curvas divergentes.

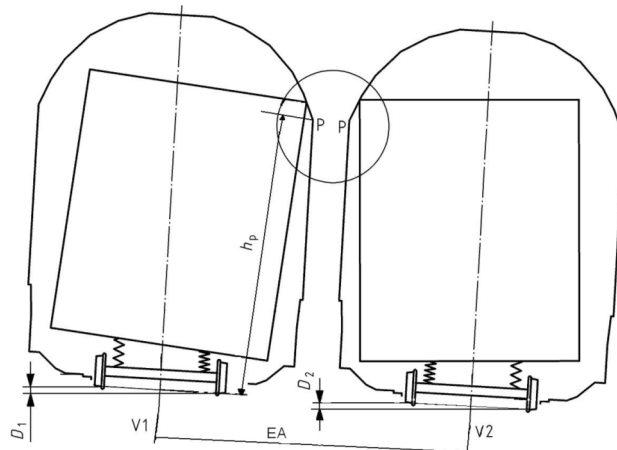
En el caso de curvas concéntricas, la vía 1 es la situada en el exterior de la curva y la vía 2 la situada en el interior de la curva. En la vía 1 se considerarán los desplazamientos hacia el interior de la curva Δb_i y en la vía 2 hacia el exterior de la curva Δb_a . Este caso es de aplicación también en situaciones en las que el centro geométrico de ambas curvas no coincida estrictamente (en esta situación el entreaje sería variable) Se considera asimismo el caso de que ambas curvas tengan el mismo o diferente peralte.



En el caso de curvas divergentes se consideran los desplazamientos en ambas vías hacia el exterior de la curva Δb_a .



Los cálculos se realizan en el punto P del contorno de referencia por ser generalmente el más desfavorable.



Se consideran los 8 casos contemplados en el cuadro 1.1 en función del gálibo de cada una de las vías.

Cuadro 1.1. Casos contemplados en la determinación del entreeje límite.

CASO	GÁLIBO	
	VÍA 1	VÍA 2
1	GHE16, GEB16 o GEC16	GHE16, GEB16 o GEC16
2	GB	GB
3	GC	GC
4	GED10 o GEE10	GED10 o GEE10
5	GB	GHE16 o GEB16
6	GC	GEB16 o GEC16
7	GHE16 o GEB16	GB
8	GEB16 o GEC16	GC

En todos los casos se considera que la cota del hilo bajo de ambas vías es la misma, en el caso de que la cota del hilo bajo de la vía del lado interior de la curva (en el caso de curvas concéntricas) sea inferior a la cota del hilo bajo de la vía del lado exterior de la curva, el valor del entreeje obtenido de acuerdo con las fórmulas definidas queda del lado de la seguridad.

2. CURVAS CONCÉNTRICAS CON IDÉNTICO PERALTE Ó CURVAS DIVERGENTES

2.1. FORMULACIÓN

La formulación para cada uno de los casos contemplados en el apartado 1 se detalla en los apartados 2.2 a 2.9 cuando las curvas son concéntricas. En este caso los planos de rodadura de ambas vías son paralelos.

El entreeje límite en el caso de curvas concéntricas puede formularse en función del radio, peralte e insuficiencia de peralte en la vía del lado interior de la curva (l_2).

En el caso de curvas divergentes las fórmulas son válidas para vías con el mismo o diferente peralte. En las fórmulas habría que sustituir el término D por l_1 , el término S_i por S_a y el término R por R^* a fin de tener en cuenta el radio de ambas vías.

Siendo R^* :

$$R^* = \frac{2 \cdot R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)}$$

R_1 : radio de la vía 1

R_2 : radio de la vía 2

En el caso de que alguna de las curvas divergentes presente peralte negativo, es decir el carril interior de la vía está a un nivel más elevado que el carril exterior de la misma, la insuficiencia de peralte se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$I = \frac{v^2 \cdot L}{g \cdot R} + D$$

En el caso de curvas divergentes las fórmulas son válidas siempre que el radio de ambas curvas sea igual o superior a 250 m o inferior a 250 m para los gálibos definidos en ancho

ibérico y estándar, o igual o superior a 100 m o inferior a 100 m para los gálibos definidos en ancho métrico, en caso contrario debería adaptarse la formulación para tener en cuenta el saliente específico de cada curva.

El valor de los desplazamientos aleatorios a considerar en el cálculo de Σ'_{EA} , se define en el cuadro 3.8 de la IFG para los gálibos definidos en ancho ibérico y estándar europeo y en el cuadro 3.25 de la IFG para los gálibos definidos en ancho métrico.

La definición de los símbolos no definidos expresamente en la presente Nota Técnica se pueden consultar en el anejo 2 de la IFG.

La fórmula general de cálculo del entreeeje es la siguiente:

a) En curva

$$EA_{lim} = [b_{CR} + S + qs]_{vía 1} + [b_{CR} + S + qs]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

En curvas concéntricas:

$$EA_{lim} = [b_{CR} + S_i + qs_i]_{vía 1} + [b_{CR} + S_a + qs_a]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

$$\Sigma'_{EA} = k \cdot \sqrt{\left[T_{vía}^2 + [h_{p1} + s_0 \cdot [h_{p1} - h_{c0}]_{>0}]^2 \cdot \left(\frac{T_D}{L}\right)^2 + (tg^2 \alpha_{susp} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{osc,i}) \cdot [h_{p1} - h_{c0}]_{>0}^2 \right]_{vía 1} + \left[T_{vía}^2 + [h_{p2} + s_0 \cdot [h_{p2} - h_{c0}]_{>0}]^2 \cdot \left(\frac{T_D}{L}\right)^2 + (tg^2 \alpha_{susp} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{osc,a}) \cdot [h_{p2} - h_{c0}]_{>0}^2 \right]_{vía 2}}$$

En curvas divergentes:

$$EA_{lim} = [b_{CR} + S_a + qs_a]_{vía 1} + [b_{CR} + S_a + qs_a]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

$$\Sigma'_{EA} = k \cdot \sqrt{\left[T_{vía}^2 + [h_{p1} + s_0 \cdot [h_{p1} - h_{c0}]_{>0}]^2 \cdot \left(\frac{T_D}{L}\right)^2 + (tg^2 \alpha_{susp} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{osc,a}) \cdot [h_{p1} - h_{c0}]_{>0}^2 \right]_{vía 1} + \left[T_{vía}^2 + [h_{p2} + s_0 \cdot [h_{p2} - h_{c0}]_{>0}]^2 \cdot \left(\frac{T_D}{L}\right)^2 + (tg^2 \alpha_{susp} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{osc,a}) \cdot [h_{p2} - h_{c0}]_{>0}^2 \right]_{vía 2}}$$

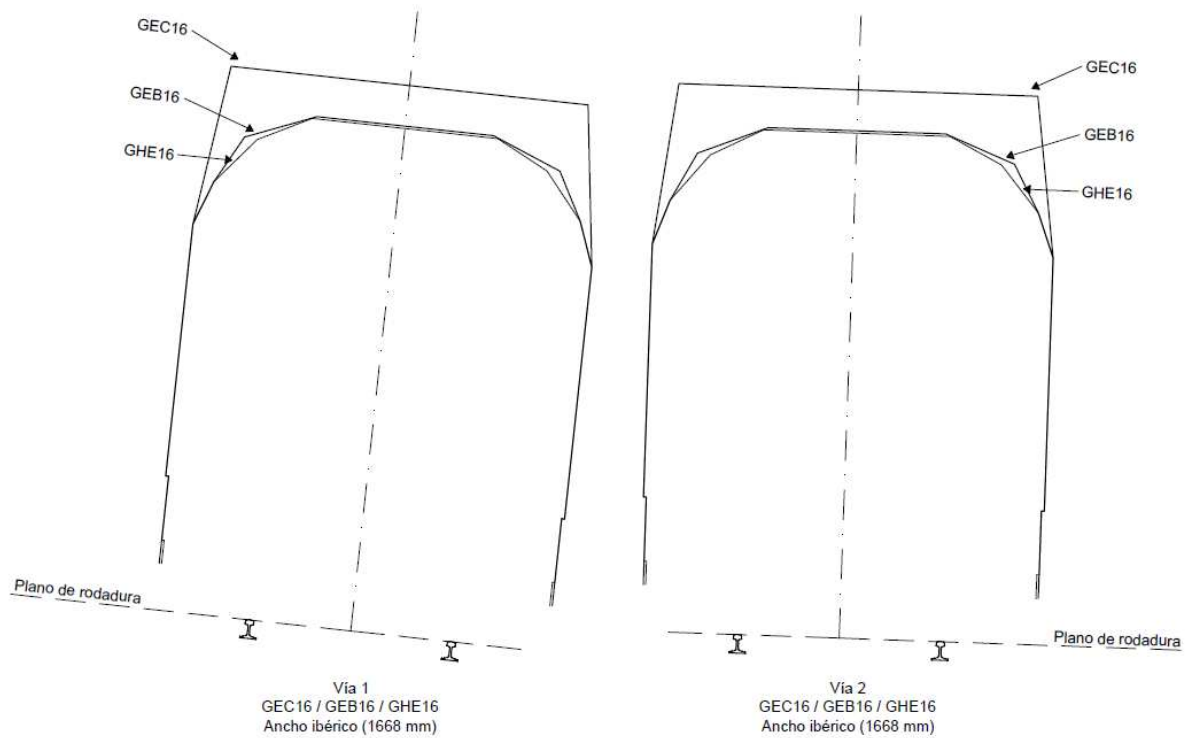
b) En recta

$$EA_{lim} = [b_{CR} + S]_{vía 1} + [b_{CR} + S]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

Siendo Σ'_{EA} como en el caso de las curvas divergentes.

2.2. CASO 1.

2.2.1. ESQUEMA



2.2.2. PARÁMETROS CONSIDERADOS

En el cuadro 1.2 se indican los parámetros considerados en el cálculo y en cuadro 1.3 los salientes.

Cuadro 1.2. Parámetros considerados en el cálculo del entreje límite (caso 1).

VÍA	GÁLIBO	b_{CR} (mm)	h_p (mm)	L (mm)	D	l_2
VÍA 1	GHE16 GEB16 GEC16	1720	3320	1733	D	----
VÍA 2	GHE16 GEB16 GEC16	1720	3320	1733	----	l_2

Cuadro 1.3. Salientes (caso 1).

VÍA	RECTA	$250 \leq R \leq \infty$	$150 \leq R < 250$	
		S_i/S_a	S_i	S_a
VÍA 1	15	$\frac{3750}{R} + 15$	$\frac{50000}{R} - 170$	
VÍA 2	15			$\frac{60000}{R} - 210$

2.2.3. CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

En el cuadro 1.4 se muestran los desplazamientos debidos a los fenómenos aleatorios.

Cuadro 1.4. Desplazamientos aleatorios Σ'_{EA} (caso 1).

TIPO DE VÍA Y ESTADO DE ESTA ⁽¹⁾	Σ'_{EA}	
	Curvas concéntricas	Recta y curvas divergentes
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} > 80$ km/h	109	114
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	123	128
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} > 80$ km/h	119	132
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	132	144
Vía en placa	80	87

⁽¹⁾ En el caso de que una de las vías esté en buen estado y la otra en mal estado o bien en una la velocidad sea superior a 80 km/h y la otra igual o inferior a 80 km/h se deberá realizar un cálculo específico.

En las fórmulas el peralte y la insuficiencia de peralte se expresan en milímetros y el radio en metros.

RECTA
$EA_{lim} = [1720 + 15]_{vía 1} + [1720 + 15]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3470 + \Sigma'_{EA}$ </div>

$250 \leq R \leq \infty$
$EA_{lim} = \left[1720 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1733} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 1}$ $+ \left[1720 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1733} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3470 + \frac{7500}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$ </div>

$150 \leq R < 250$

$$EA_{lim} = \left[1720 + \frac{50000}{R} - 170 + \frac{0,4}{1733} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 1} + \left[1720 + \frac{60000}{R} - 210 + \frac{0,4}{1733} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

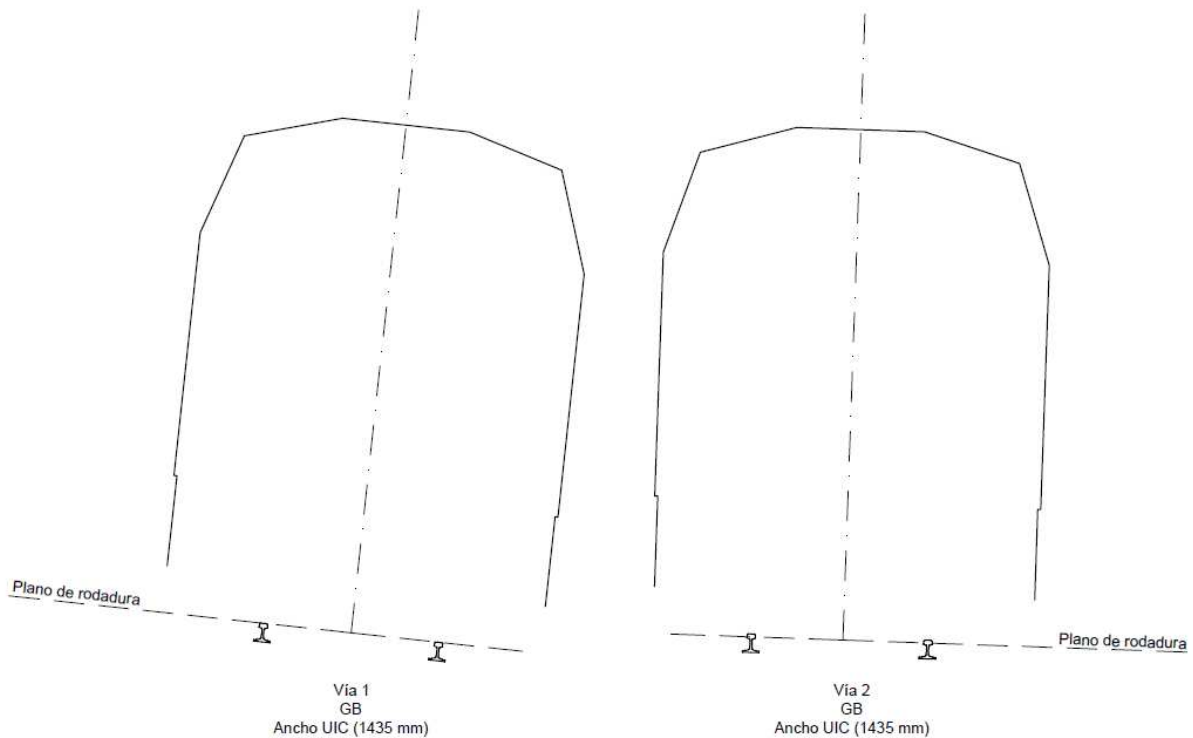
$$EA_{lim} = 3060^{(1)} + \frac{110000^{(2)}}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$$

(1) En curvas divergentes se adoptará un valor de 3.020

(2) En curvas divergentes se adoptará un valor de 120.000

2.3. CASO 2.

2.3.1. ESQUEMA



2.3.2. PARÁMETROS CONSIDERADOS

En el cuadro 1.5 se indican los parámetros considerados en el cálculo y en cuadro 1.6 los salientes.

Cuadro 1.5. Parámetros considerados en el cálculo del entreje límite (caso 2).

VÍA	GÁLIBO	b_{CR} (mm)	h_p (mm)	L (mm)	D	l_2
VÍA 1	GB	1645	3250	1500	D	----
VÍA 2	GB	1645	3250	1500	----	l_2

Cuadro 1.6. Salientes (caso 2).

VÍA	RECTA	$250 \leq R \leq \infty$	$150 \leq R < 250$	
		S_i/S_a	S_i	S_a
VÍA 1	15	$\frac{3750}{R} + 15$	$\frac{50000}{R} - 170$	
VÍA 2	15			$\frac{60000}{R} - 210$

2.3.3. CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

En el cuadro 1.7 se muestran los desplazamientos debidos a los fenómenos aleatorios.

Cuadro 1.7. Desplazamientos aleatorios Σ'_{EA} (caso 2).

TIPO DE VÍA Y ESTADO DE ESTA ⁽¹⁾	Σ'_{EA}	
	Curvas concéntricas	Recta y curvas divergentes
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} > 80$ km/h	113	118
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	130	135
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} > 80$ km/h	122	135
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	139	150
Vía en placa	79	86

⁽¹⁾ En el caso de que una de las vías esté en buen estado y la otra en mal estado o bien en una la velocidad sea superior a 80 km/h y la otra igual o inferior a 80 km/h se deberá realizar un cálculo específico.

En las fórmulas el peralte y la insuficiencia de peralte se expresan en milímetros y el radio en metros.

RECTA
$EA_{lim} = [1645 + 15]_{vía 1} + [1645 + 15]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3320 + \Sigma'_{EA}$ </div>

$250 \leq R \leq \infty$
$EA_{lim} = \left[1645 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1500} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3250 - 500) \right]_{vía 1}$ $+ \left[1645 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1500} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3250 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3320 + \frac{7500}{R} + 0,733 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,733 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$ </div>

$$150 \leq R < 250$$

$$EA_{lim} = \left[1645 + \frac{50000}{R} - 170 + \frac{0,4}{1500} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3250 - 500) \right]_{vía 1} + \left[1645 + \frac{60000}{R} - 210 + \frac{0,4}{1500} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3250 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

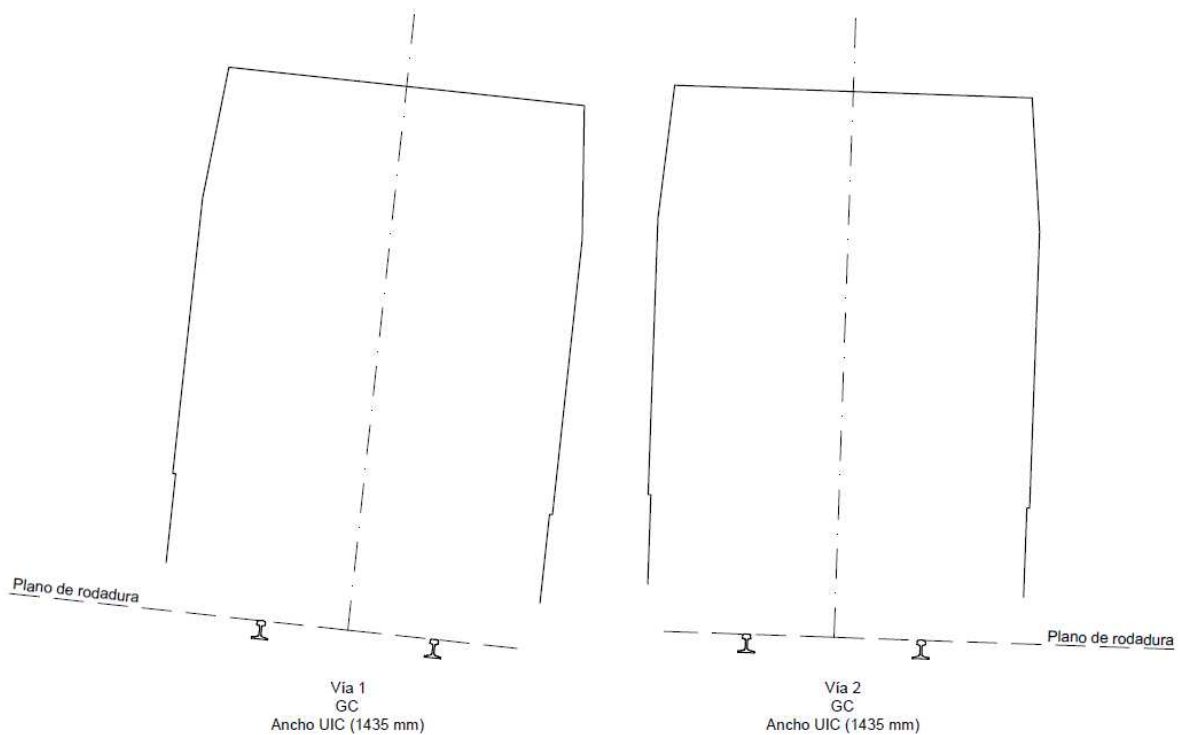
$$EA_{lim} = 2910^{(1)} + \frac{110000^{(2)}}{R} + 0,733 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,733 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$$

(1) En curvas divergentes se adoptará un valor de 2.870

(2) En curvas divergentes se adoptará un valor de 120.000

2.4. CASO 3.

2.4.1. ESQUEMA



2.4.2. PARÁMETROS CONSIDERADOS

En el cuadro 1.8 se indican los parámetros considerados en el cálculo y en cuadro 1.9 los salientes.

Cuadro 1.8. Parámetros considerados en el cálculo del entreje límite (caso 3).

VÍA	GÁLIBO	b _{CR} (mm)	h _p (mm)	L (mm)	D	I ₂
VÍA 1	GC	1645	3550	1500	D	----

Cuadro 1.9. Salientes (caso 3).

VÍA	RECTA	$250 \leq R \leq \infty$	$150 \leq R < 250$	
		S_i/S_a	S_i	S_a
VÍA 1	15	$\frac{3750}{R} + 15$	$\frac{50000}{R} - 170$	
VÍA 2	15			$\frac{60000}{R} - 210$

2.4.3. CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

En el cuadro 1.10 se muestran los desplazamientos debidos a los fenómenos aleatorios.

Cuadro 1.10. Desplazamientos aleatorios \sum'_{EA} (caso 3).

TIPO DE VÍA Y ESTADO DE ESTA ⁽¹⁾	\sum'_{EA}	
	Curvas concéntricas	Recta y curvas divergentes
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} > 80$ km/h	123	129
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	142	147
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} > 80$ km/h	134	148
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	152	164
Vía en placa	87	95

⁽¹⁾ En el caso de que una de las vías esté en buen estado y la otra en mal estado o bien en una la velocidad sea superior a 80 km/h y la otra igual o inferior a 80 km/h se deberá realizar un cálculo específico.

En las fórmulas el peralte y la insuficiencia de peralte se expresan en milímetros y el radio en metros.

RECTA
$EA_{lim} = [1645 + 15]_{vía 1} + [1645 + 15]_{vía 2} + \sum'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3320 + \sum'_{EA}$ </div>

$250 \leq R \leq \infty$
$EA_{lim} = \left[1645 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1500} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 1}$ $+ \left[1645 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1500} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 2} + \sum'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3320 + \frac{7500}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \sum'_{EA}$ </div>

$150 \leq R < 250$

$$EA_{lim} = \left[1645 + \frac{50000}{R} - 170 + \frac{0,4}{1500} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 1} + \left[1645 + \frac{60000}{R} - 210 + \frac{0,4}{1500} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

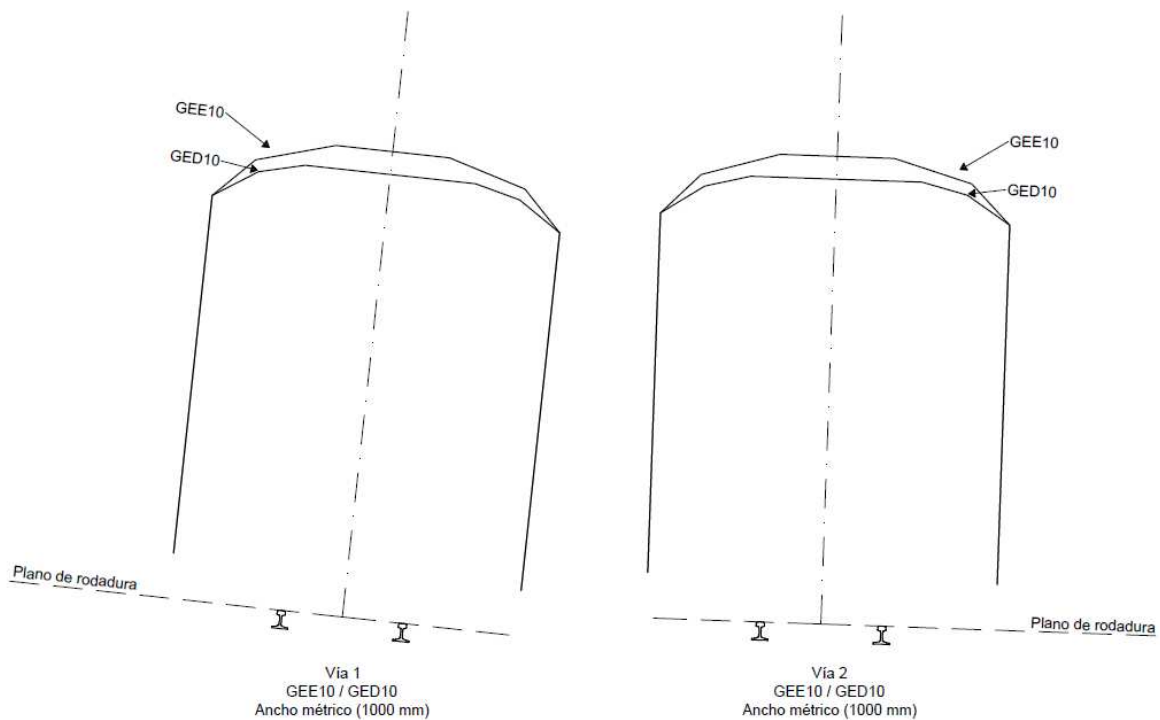
$$EA_{lim} = 2910^{(1)} + \frac{110000^{(2)}}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$$

⁽¹⁾ En curvas divergentes se adoptará un valor de 2.870

⁽²⁾ En curvas divergentes se adoptará un valor de 120.000

2.5. CASO 4.

2.5.1. ESQUEMA



2.5.2. PARÁMETROS CONSIDERADOS

En el cuadro 1.11 se indican los parámetros considerados en el cálculo y en cuadro 1.12 los salientes.

Cuadro 1.11. Parámetros considerados en el cálculo del entreje límite (caso 4).

VÍA	GÁLIBO	b_{CR} (mm)	h_p (mm)	L (mm)	D	l_2
VÍA 1	GED10 GEE10	1530	3550	1055	D	----
VÍA 2	GED10 GEE10	1530	3550	1055	----	l_2

Cuadro 1.12. Salientes (caso 4).

VÍA	RECTA	$100 \leq R \leq \infty$	$80 \leq R < 100$	
		S_i/S_a	S_i	S_a
VÍA 1	15	$\frac{1500}{R} + 15$	$\frac{20000}{R} - 170$	
VÍA 2	15			$\frac{24000}{R} - 210$

2.5.3. CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

En el cuadro 1.13 se muestran los desplazamientos debidos a los fenómenos aleatorios.

Cuadro 1.13. Desplazamientos aleatorios Σ'_{EA} (caso 4).

TIPO DE VÍA Y ESTADO DE ESTA	Σ'_{EA}	
	Curvas concéntricas	Recta y curvas divergentes
Vía en balasto	187	197
Vía en placa	86	94

En las fórmulas el peralte y la insuficiencia de peralte se expresan en milímetros y el radio en metros.

RECTA

$$EA_{lim} = [1530 + 15]_{vía 1} + [1530 + 15]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

$$EA_{lim} = 3090 + \Sigma'_{EA}$$

$100 \leq R \leq \infty$

$$EA_{lim} = \left[1530 + \frac{1500}{R} + 15 + \frac{0,4}{1055} \cdot (D - 70)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 1} + \left[1530 + \frac{1500}{R} + 15 + \frac{0,4}{1055} \cdot (I_2 - 70)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

$$EA_{lim} = 3090 + \frac{3000}{R} + 1,156 \cdot (D - 70)_{>0} + 1,156 \cdot (I_2 - 70)_{>0} + \Sigma'_{EA}$$

$80 \leq R < 100$

$$EA_{lim} = \left[1530 + \frac{20000}{R} - 170 + \frac{0,4}{1055} \cdot (D - 70)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía\ 1} + \left[1530 + \frac{24000}{R} - 210 + \frac{0,4}{1055} \cdot (I_2 - 70)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía\ 2} + \sum' EA$$

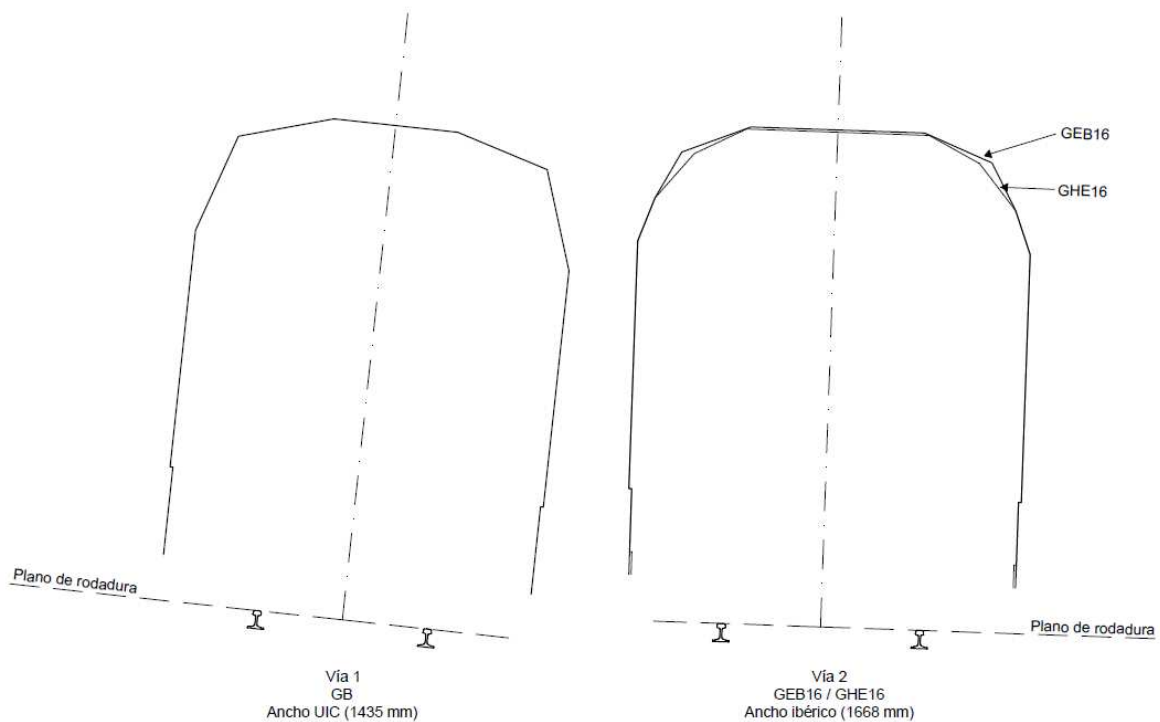
$$EA_{lim} = 2680^{(1)} + \frac{44000^{(2)}}{R} + 1,156 \cdot (D - 70)_{>0} + 1,156 \cdot (I_2 - 70)_{>0} + \sum' EA$$

⁽¹⁾ En curvas divergentes se adoptará un valor de 2.640

⁽²⁾ En curvas divergentes se adoptará un valor de 48.000

2.6. CASO 5.

2.6.1. ESQUEMA



2.6.2. PARÁMETROS CONSIDERADOS

En el cuadro 1.14 se indican los parámetros considerados en el cálculo y en cuadro 1.15 los salientes.

Cuadro 1.14. Parámetros considerados en el cálculo del entreje límite (caso 5).

VÍA	GÁLIBO	b _{CR} (mm)	h _p (mm)	L (mm)	D	l ₂
VÍA 1	GB	1645	3250	1500	D	----
VÍA 2	GHE16 GEB16	1720	3320	1733	----	l ²

Cuadro 1.15. Salientes (caso 5).

VÍA	RECTA	$250 \leq R \leq \infty$	$150 \leq R < 250$	
		S_i/S_a	S_i	S_a
VÍA 1	15	$\frac{3750}{R} + 15$	$\frac{50000}{R} - 170$	
VÍA 2	15			$\frac{60000}{R} - 210$

2.6.3. CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

En el cuadro 1.16 se muestran los desplazamientos debidos a los fenómenos aleatorios.

Cuadro 1.16. Desplazamientos aleatorios Σ'_{EA} (caso 5).

TIPO DE VÍA Y ESTADO DE ESTA ⁽¹⁾	Σ'_{EA}	
	Curvas concéntricas	Recta y curvas divergentes
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} > 80$ km/h	111	116
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	127	131
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} > 80$ km/h	121	134
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	136	147
Vía en placa	79	86

⁽¹⁾ En el caso de que una de las vías esté en buen estado y la otra en mal estado o bien en una la velocidad sea superior a 80 km/h y la otra igual o inferior a 80 km/h se deberá realizar un cálculo específico.

En las fórmulas el peralte y la insuficiencia de peralte se expresan en milímetros y el radio en metros.

RECTA
$EA_{lim} = [1645 + 15]_{vía 1} + [1720 + 15]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$
$EA_{lim} = 3395 + \Sigma'_{EA}$

$250 \leq R \leq \infty$
$EA_{lim} = \left[1645 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1500} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3250 - 500) \right]_{vía 1}$ $+ \left[1720 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1733} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$
$EA_{lim} = 3395 + \frac{7500}{R} + 0,733 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$

$150 \leq R < 250$

$$EA_{lim} = \left[1645 + \frac{50000}{R} - 170 + \frac{0,4}{1500} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3250 - 500) \right]_{vía 1} + \left[1720 + \frac{60000}{R} - 210 + \frac{0,4}{1733} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

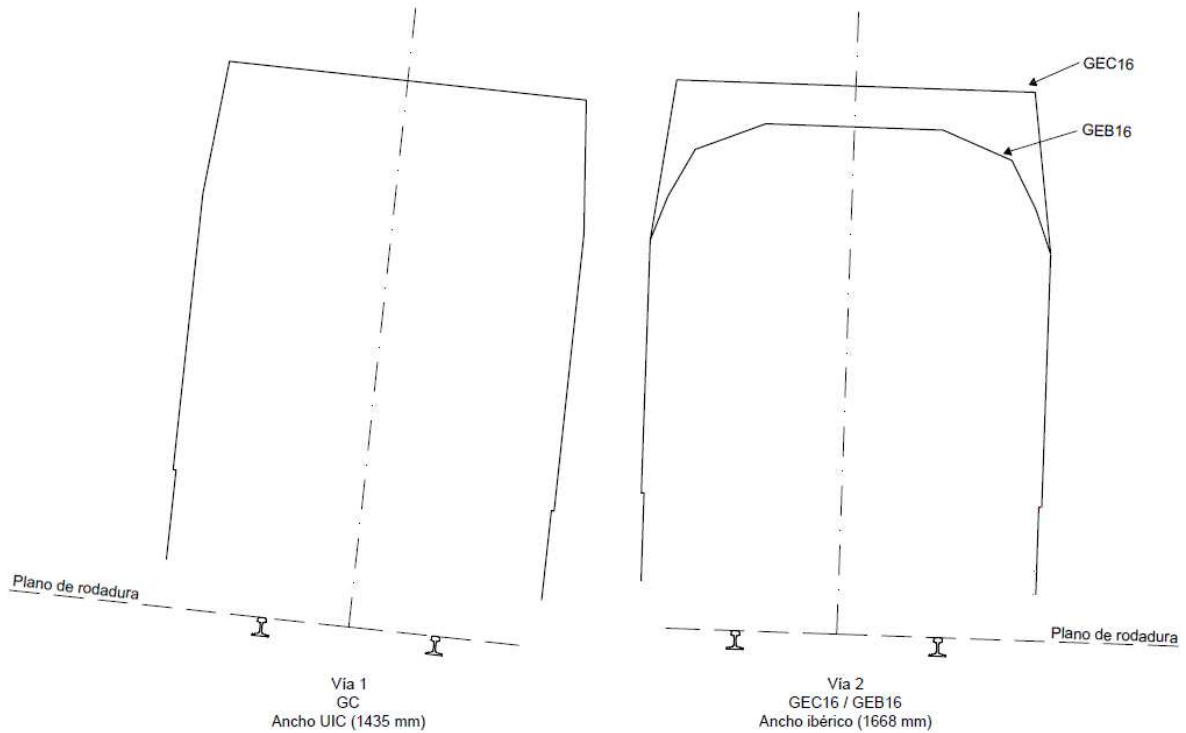
$$EA_{lim} = 2985^{(1)} + \frac{110000^{(2)}}{R} + 0,733 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$$

(1) En curvas divergentes se adoptará un valor de 2.945

(2) En curvas divergentes se adoptará un valor de 120.000

2.7. CASO 6.

2.7.1. ESQUEMA



2.7.2. PARÁMETROS CONSIDERADOS

En el cuadro 1.17 se indican los parámetros considerados en el cálculo y en cuadro 1.18 los salientes.

Cuadro 1.17. Parámetros considerados en el cálculo del entreje límite (caso 6).

VÍA	GÁLIBO	b_{CR} (mm)	h_p (mm)	L (mm)	D	l_2
VÍA 1	GC	1645	3550	1500	D	----
VÍA 2	GEB16 GEC16	1720	3320	1733	----	l_2

Cuadro 1.18. Salientes (caso 6).

VÍA	RECTA	$250 \leq R \leq \infty$	$150 \leq R < 250$	
		S_i/S_a	S_i	S_a
VÍA 1	15	$\frac{3750}{R} + 15$	$\frac{50000}{R} - 170$	
VÍA 2	15			$\frac{60000}{R} - 210$

2.7.3. CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

En el cuadro 1.19 se muestran los desplazamientos debidos a los fenómenos aleatorios.

Cuadro 1.19. Desplazamientos aleatorios Σ'_{EA} (caso 6).

TIPO DE VÍA Y ESTADO DE ESTA ⁽¹⁾	Σ'_{EA}	
	Curvas concéntricas	Recta y curvas divergentes
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} > 80$ km/h	116	122
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	133	138
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} > 80$ km/h	126	140
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	141	155
Vía en placa	83	91

⁽¹⁾ En el caso de que una de las vías esté en buen estado y la otra en mal estado o bien en una la velocidad sea superior a 80 km/h y la otra igual o inferior a 80 km/h se deberá realizar un cálculo específico.

En las fórmulas el peralte y la insuficiencia de peralte se expresan en milímetros y el radio en metros.

RECTA
$EA_{lim} = [1645 + 15]_{vía 1} + [1720 + 15]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3395 + \Sigma'_{EA}$ </div>

$250 \leq R \leq \infty$
$EA_{lim} = \left[1645 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1500} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 1}$ $+ \left[1720 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1733} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3395 + \frac{7500}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$ </div>

$150 \leq R < 250$

$$EA_{lim} = \left[1645 + \frac{50000}{R} - 170 + \frac{0,4}{1500} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 1} + \left[1720 + \frac{60000}{R} - 210 + \frac{0,4}{1733} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

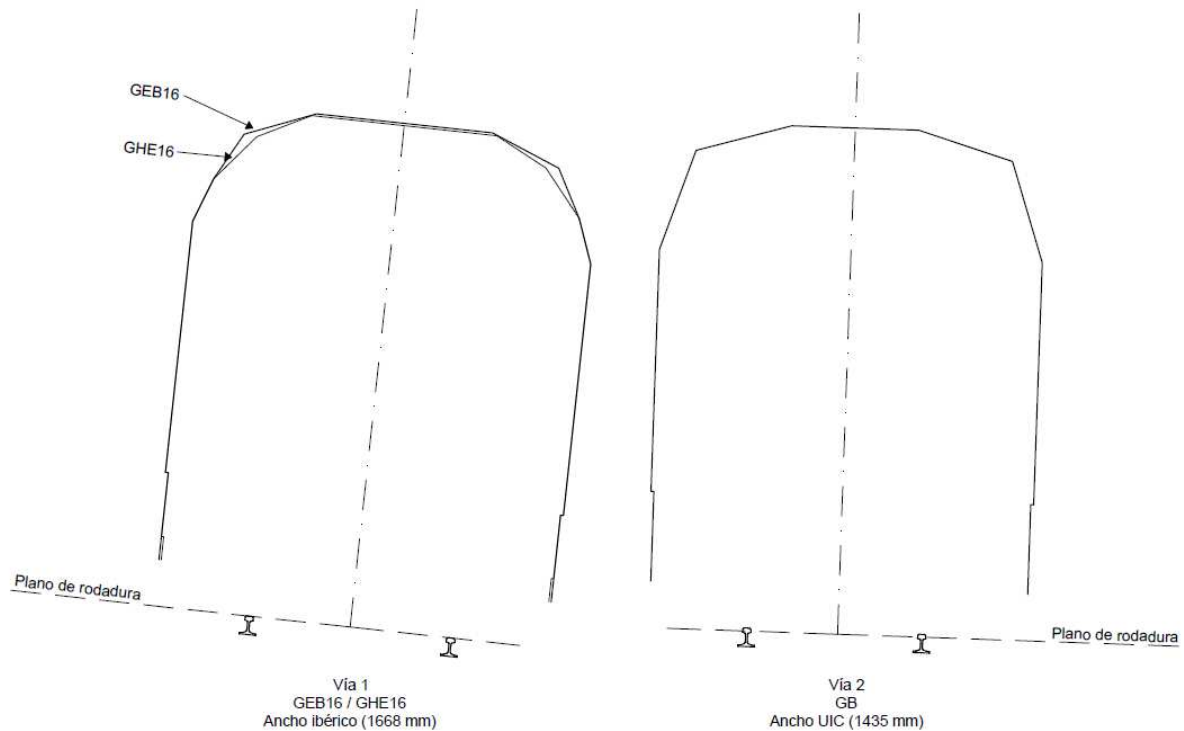
$$EA_{lim} = 2985^{(1)} + \frac{110000^{(2)}}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$$

(1) En curvas divergentes se adoptará un valor de 2.945

(2) En curvas divergentes se adoptará un valor de 120.000

2.8. CASO 7.

2.8.1. ESQUEMA



2.8.2. PARÁMETROS CONSIDERADOS

En el cuadro 1.20 se indican los parámetros considerados en el cálculo y en cuadro 1.21 los salientes.

Cuadro 1.20. Parámetros considerados en el cálculo del entreje límite (caso 7).

VÍA	GÁLIBO	b_{CR} (mm)	h_p (mm)	L (mm)	D	l_2
VÍA 1	GHE16 GEB16	1720	3320	1733	D	----
VÍA 2	GB	1645	3250	1500	----	l_2

Cuadro 1.21. Salientes (caso 7).

VÍA	RECTA	$250 \leq R \leq \infty$	$150 \leq R < 250$	
		S_i/S_a	S_i	S_a
VÍA 1	15	$\frac{3750}{R} + 15$	$\frac{50000}{R} - 170$	
VÍA 2	15			$\frac{60000}{R} - 210$

2.8.3. CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

En el cuadro 1.22 se muestran los desplazamientos debidos a los fenómenos aleatorios:

Cuadro 1.22. Desplazamientos aleatorios Σ'_{EA} (caso 7).

TIPO DE VÍA Y ESTADO DE ESTA ⁽¹⁾	Σ'_{EA}	
	Curvas concéntricas	Recta y curvas divergentes
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} > 80$ km/h	111	116
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	127	131
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} > 80$ km/h	120	134
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	135	147
Vía en placa	79	86

⁽¹⁾ En el caso de que una de las vías esté en buen estado y la otra en mal estado o bien en una la velocidad sea superior a 80 km/h y la otra igual o inferior a 80 km/h se deberá realizar un cálculo específico.

En las fórmulas el peralte y la insuficiencia de peralte se expresan en milímetros y el radio en metros.

RECTA

$$EA_{lim} = [1720 + 15]_{vía 1} + [1645 + 15]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

$$EA_{lim} = 3395 + \Sigma'_{EA}$$

$250 \leq R \leq \infty$

$$EA_{lim} = \left[1720 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1733} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 1} + \left[1645 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1500} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3250 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

$$EA_{lim} = 3395 + \frac{7500}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,733 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$$

$$150 \leq R < 250$$

$$EA_{lim} = \left[1720 + \frac{50000}{R} - 170 + \frac{0,4}{1733} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 1} + \left[1645 + \frac{60000}{R} - 210 + \frac{0,4}{1500} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3250 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

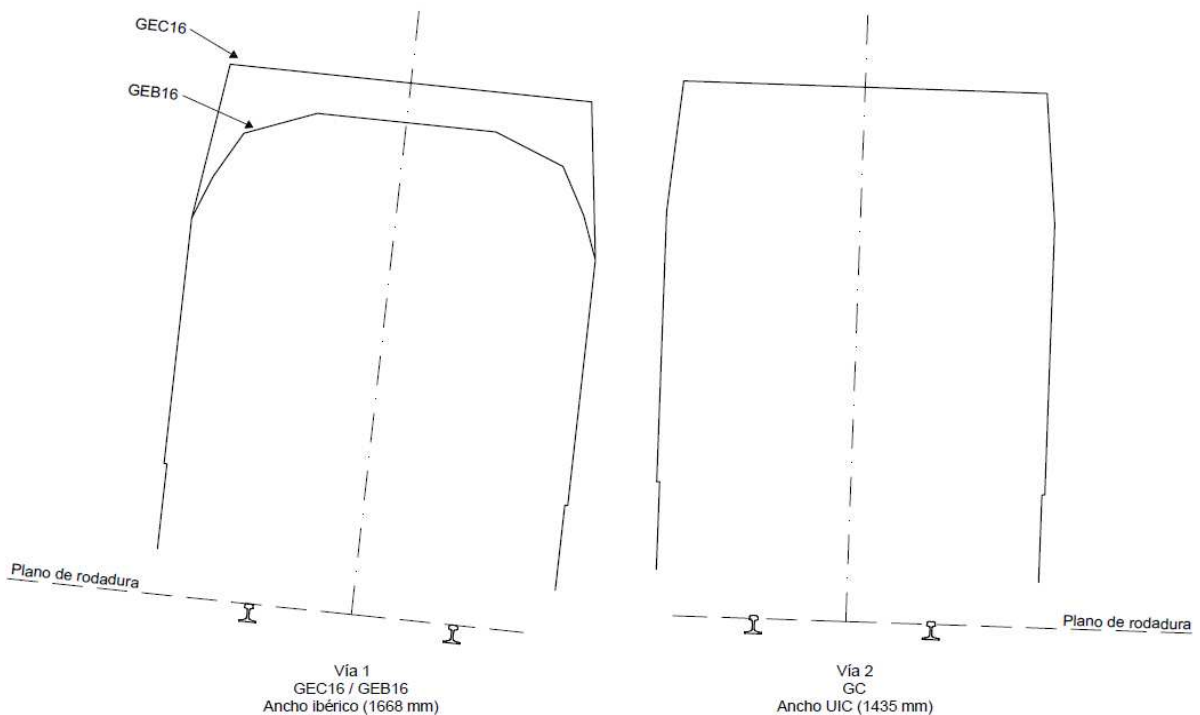
$$EA_{lim} = 2985^{(1)} + \frac{110000^{(2)}}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,733 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$$

(1) En curvas divergentes se adoptará un valor de 2.945

(2) En curvas divergentes se adoptará un valor de 120.000

2.9. CASO 8.

2.9.1. ESQUEMA



2.9.2. PARÁMETROS CONSIDERADOS

En el cuadro 1.23 se indican los parámetros considerados en el cálculo y en cuadro 1.24 los salientes.

Cuadro 1.23. Parámetros considerados en el cálculo del entreje límite (caso 8).

VÍA	GÁLIBO	b _{CR} (mm)	h _p (mm)	L (mm)	D	l ₂
VÍA 1	GEB16 GEC16	1720	3320	1733	D	----
VÍA 2	GC	1645	3550	1500	----	l ₂

Cuadro 1.24. Salientes (caso 8).

VÍA	RECTA	$250 \leq R \leq \infty$	$150 \leq R < 250$	
		S_i/S_a	S_i	S_a
VÍA 1	15	$\frac{3750}{R} + 15$	$\frac{50000}{R} - 170$	
VÍA 2	15			$\frac{60000}{R} - 210$

2.9.3. CÁLCULO DEL ENTREEJE LÍMITE

En el cuadro 1.25 se muestran los desplazamientos debidos a los fenómenos aleatorios.

Cuadro 1.25. Desplazamientos aleatorios Σ'_{EA} (caso 8).

TIPO DE VÍA Y ESTADO DE ESTA ⁽¹⁾	Σ'_{EA}	
	Curvas concéntricas	Recta y curvas divergentes
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} > 80$ km/h	117	122
Vía en balasto en buen estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	133	138
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} > 80$ km/h	128	140
Vía en balasto en mal estado con $V_{max} \leq 80$ km/h	143	155
Vía en placa	84	91

⁽¹⁾ En el caso de que una de las vías esté en buen estado y la otra en mal estado o bien en una la velocidad sea superior a 80 km/h y la otra igual o inferior a 80 km/h se deberá realizar un cálculo específico.

En las fórmulas el peralte y la insuficiencia de peralte se expresan en milímetros y el radio en metros.

RECTA
$EA_{lim} = [1720 + 15]_{vía 1} + [1645 + 15]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3395 + \Sigma'_{EA}$ </div>

$250 \leq R \leq \infty$
$EA_{lim} = \left[1720 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1733} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 1}$ $+ \left[1645 + \frac{3750}{R} + 15 + \frac{0,4}{1500} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $EA_{lim} = 3395 + \frac{7500}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$ </div>

$150 \leq R < 250$

$$EA_{lim} = \left[1720 + \frac{50000}{R} - 170 + \frac{0,4}{1733} \cdot (D - 50)_{>0} \cdot (3320 - 500) \right]_{vía 1} + \left[1645 + \frac{60000}{R} - 210 + \frac{0,4}{1500} \cdot (I_2 - 50)_{>0} \cdot (3550 - 500) \right]_{vía 2} + \Sigma'_{EA}$$

$$EA_{lim} = 2985^{(1)} + \frac{110000^{(2)}}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Sigma'_{EA}$$

⁽¹⁾ En curvas divergentes se adoptará un valor de 2.945

⁽²⁾ En curvas divergentes se adoptará un valor de 120.000

3. CURVAS CONCÉNTRICAS CON DISTINTO PERALTE

En el caso de curvas concéntricas con diferente peralte será necesario añadir a las fórmulas definidas en el apartado 2 del presente anexo el término $\Delta b_{\delta D}$. El peralte a considerar en las fórmulas será el correspondiente a la vía del lado exterior de la curva D_1 .

$$\Delta b_{\delta D} = h_{p1} \cdot \left[\frac{D_1}{L_1} - \frac{D_2}{L_2} \right]_{>0}$$

Siendo $D_1 > D_2$. El signo $[]_{>0}$ significa que cuando la expresión entre paréntesis es positiva, mantiene su valor, y cuando es negativa o nula, se toma cero.

En el cuadro 1.26 se indica el término $\Delta b_{\delta D}$ para cada uno de los casos considerados en el apartado 2 del presente anexo.

Cuadro 1.26. Término $\Delta b_{\delta D}$ para cada uno de los casos.

CASO	$\Delta b_{\delta D}$
1	$\frac{3320}{1733} \cdot (D_1 - D_2)_{>0}$
2	$\frac{3250}{1500} \cdot (D_1 - D_2)_{>0}$
3	$\frac{3550}{1500} \cdot (D_1 - D_2)_{>0}$
4	$\frac{3550}{1055} \cdot (D_1 - D_2)_{>0}$
5	$3250 \cdot \left(\frac{D_1}{1500} - \frac{D_2}{1733} \right)_{>0}$
6 ⁽¹⁾	$3550 \cdot \left(\frac{D_1}{1500} - \frac{D_2}{1733} \right)_{>0}$
7 ⁽¹⁾	$3320 \cdot \left(\frac{D_1}{1733} - \frac{D_2}{1500} \right)_{>0}$
8	$3320 \cdot \left(\frac{D_1}{1733} - \frac{D_2}{1500} \right)_{>0}$

(1) En estos casos la formulación da resultados del lado de la seguridad debido a que $h_{p1} > h_{p2}$

**ANEXO 2. FORMULACIÓN SIMPLIFICADA PARA EL CÁLCULO DEL ENTREEJE
LÍMITE EN LOS CASOS HABITUALES DE DISEÑO DE VÍAS EN CURVA**

Sin perjuicio de poder aplicar las fórmulas del Anexo 1, que reflejan lo dispuesto por la Instrucción Ferroviaria de Gálíbos, se define en el presente Anexo una formulación algo simplificada que, aun cumpliendo con la Instrucción, cubre las situaciones de diseño más habituales.

1. HIPÓTESIS Y SIMPLIFICACIONES CON CARÁCTER GENERAL

Se consideran todos los casos contemplados en el apartado 1 del anexo 1. Se introducen además las siguientes hipótesis y simplificaciones:

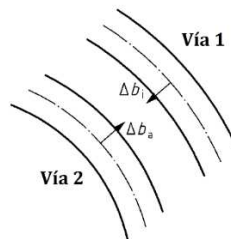
- Se define una fórmula simplificada con valores previamente calculados y presentados en formato de tabla, haciendo el cálculo del entreeje límite más inmediato y sencillo. Por lo tanto, no están desglosados todos los términos de la formulación general de la Instrucción Ferroviaria de Gálíbos.
- En el caso de curvas concéntricas, se considera un único radio que corresponde al eje de vía doble. El error en este caso es despreciable.
- En el caso de curvas divergentes se considera que ambos radios sean superiores o inferiores a 250 m para los gálíbos definidos en ancho ibérico y estándar, o igual o superior a 100 m o inferior a 100 m para los gálíbos definidos en ancho métrico.
- A efectos del cálculo de los desplazamientos aleatorios, para el caso de vía con balasto se considera una velocidad única de diseño para ambas vías (superior a 80 km/h, o igual o inferior a 80 km/h).
- A efectos del cálculo de los desplazamientos aleatorios, para el caso de vía con balasto en los gálíbos definidos en ancho ibérico y estándar, se considera únicamente el caso de vía en mal estado, para tener en cuenta todo el ciclo de mantenimiento y vida útil de la vía. Considerar una vía en balasto en buen estado implicaría la necesidad de establecer ciclos de mantenimiento específicos que garanticen que la vía permanezca con una calidad geométrica óptima durante toda su vida útil. Por tanto, para los desplazamientos debidos a las oscilaciones por irregularidades α_{osc} se toma el valor de vías en mal estado.

En caso de que no se verifiquen las hipótesis y simplificaciones anteriores se debería aplicar la formulación definida en el Anexo 1 o de la I.F.G.

2. FORMULACIÓN GENERAL

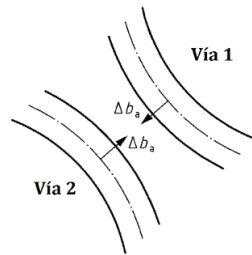
La formulación general para el cálculo del entreeje límite es la siguiente:

Curvas concéntricas:



$$EA_{lim} = A + \left(\frac{B}{R} - X\right) + C_1 \cdot (D_1 - 50)_{>0} + C_2 \cdot (I_2 - 50)_{>0} + \Delta b_{\delta D}$$

Curvas divergentes:



$$EA_{lim} = A + \left(\frac{B}{R_1} + \frac{B}{R_2} - X \right) + C_1 \cdot (I_1 - 50)_{>0} + C_2 \cdot (I_2 - 50)_{>0}$$

Siendo:

- D_1 peralte de la vía del lado exterior de la curva.
- D_2 peralte de la vía del lado interior de la curva.
- I_1 insuficiencia de peralte de la vía del lado exterior de la curva.
- I_2 insuficiencia de peralte de la vía del lado interior de la curva.
- R el radio de curvatura en planta del eje de vía doble, R_1 y R_2 los de cada vía.
- $\Delta b_{\delta D}$ acercamiento entre las partes altas de dos vehículos situados en curvas concéntricas debido a la diferencia de peralte de ambas curvas.

Los términos A , B , X y C dependen de los contornos de referencia del gálibo, de la geometría de la vía y de los desplazamientos aleatorios, y se detallan según los casos en los apartados siguientes.

$\Delta b_{\delta D}$ es un término que únicamente es distinto de cero si la vía del lado exterior de la curva (Vía 1) presenta un ángulo de inclinación transversal δ superior a la vía del lado interior de la curva (Vía 2). Para vías del mismo ancho, esta condición se traduce en que $\Delta b_{\delta D}$ será distinto a cero si el peralte de la vía exterior es superior al de la vía interior. Es decir, en vías del mismo ancho y peralte, $\Delta b_{\delta D}$ será nulo. En caso de vías de distinto ancho, la comparación entre peraltes es ponderada respecto a las respectivas distancias entre los círculos de rodadura de las ruedas de un eje. Su expresión general es:

$$\Delta b_{\delta D} = h_{p1} \cdot \left[\frac{D_1}{L_1} - \frac{D_2}{L_2} \right]_{>0}$$

Siendo

- L_1 la distancia entre los círculos de rodadura de las ruedas de un eje en la vía del lado exterior de la curva.
- L_2 la distancia entre los círculos de rodadura de las ruedas de un eje en la vía del lado interior de la curva.
- h_{p1} la altura del punto P del gálibo de la vía del lado exterior de la curva.

El entreje EA así calculado es medido respecto al plano de rodadura. Para poder ser utilizado en un diseño en planta, deberá convertirse a su valor proyectado en planta, mediante las fórmulas del apartado 4.

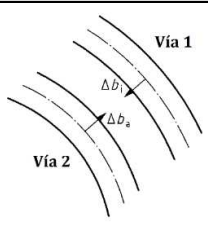
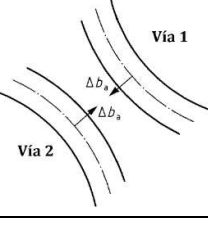
3. TÉRMINOS Y COEFICIENTES

3.1. ANCHO DE VÍA NOMINAL 1.668

Se definen en este apartado los valores a emplear cuando ambas vías sean de ancho nominal 1.668 mm. En esta situación, los valores de entreje son idénticos para todos los gálibos (GHE16, GEB16 y GEC16), ya que la coordenada del punto P de los contornos de referencia es la misma. Este caso corresponde al caso 1 del Anexo 1.

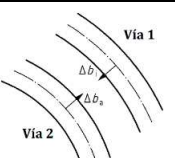
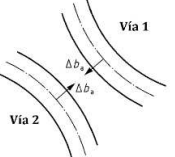
El valor del término A se tomará del cuadro 2.1 en función del caso contemplado y del tipo de superestructura de vía. Para vías en recta el valor del término A será el correspondiente a las vías divergentes.

Cuadro 2.1. Término A para la determinación del entreje límite, ancho de vía nominal 1.668 mm

CASO	TIPO DE VÍA	A
	Balasto, $V > 80$ km/h	3.589
	Balasto, $V \leq 80$ km/h	3.602
	Placa	3.550
	Balasto, $V > 80$ km/h	3.602
	Balasto, $V \leq 80$ km/h	3.614
	Placa	3.557

Los valores de los términos B, X, C_1 y C_2 se tomarán del cuadro 2.2 en función de la geometría de la vía.

Cuadro 2.2. Términos B, X, C_1 y C_2 para la determinación del entreje límite, ancho de vía nominal 1.668 mm

CASO	RADIO	B	X	C_1 y C_2
	$R \geq 250$	7500	0	0,651
	$150 \leq R < 250$	110000	410	
	$R \geq 250$	3750	0	
	$150 \leq R < 250$	60000	450	

El valor del término $\Delta b_{\delta D}$, cuando este sea superior a cero, se tomará de la siguiente expresión:

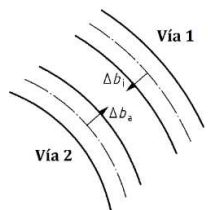
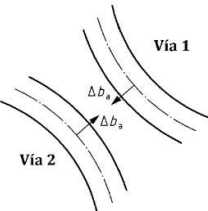
$$\Delta b_{\delta D} = 1,9158 \cdot (D_1 - D_2)_{>0}$$

3.2. ANCHO DE VÍA NOMINAL 1.435

Se definen en este apartado los valores a emplear cuando ambas vías sean de ancho nominal 1.435 mm. En esta situación, los valores de entreeje son distintos en función de si se considera el gálibo para ambas vías GB o GC, ya que cota del punto P del contorno de referencia para el gálibo GC es ligeramente más alta, y por tanto se producen desplazamientos superiores. Las diferencias entre cálculos con GB y GC es generalmente de hasta 30mm en función de los parámetros. Este caso corresponde a los casos 2 y 3 del Anexo 1.

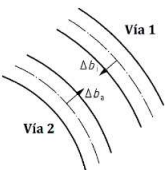
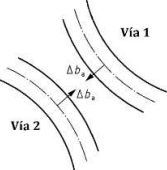
El valor del término A se tomará del cuadro 2.3 en función del caso contemplado, del tipo de superestructura de vía y del gálibo de ambas vías. Para vías en recta el valor del término A será el correspondiente a las vías divergentes.

Cuadro 2.3. Término A para la determinación del entreeje límite, ancho de vía nominal 1.435 mm, según el gálibo de ambas vías.

CASO	TIPO DE VÍA	A	
		GB	GC
 <p>Vía 1 Vía 2 Δb_1 Δb_2</p>	Balasto, $V > 80$ km/h	3.442	3.454
	Balasto, $V \leq 80$ km/h	3.459	3.472
	Placa	3.399	3.407
 <p>Vía 1 Vía 2 Δb_1 Δb_2</p>	Balasto, $V > 80$ km/h	3.455	3.468
	Balasto, $V \leq 80$ km/h	3.470	3.484
	Placa	3.406	3.415

Los valores de los términos B, X, C_1 y C_2 se tomarán del cuadro 2.4 en función de la geometría de la vía y del gálibo de ambas vías.

Cuadro 2.4. Términos B, X, C₁ y C₂, para la determinación del entreje límite, ancho de vía nominal 1.435 mm

CASO	RADIO	B	X	C ₁ y C ₂	
				GB	GC
	R ≥ 250	7500	0	0,733	0,813
	150 ≤ R < 250	110000	410		
	R ≥ 250	3750	0		
	150 ≤ R < 250	60000	450		

El valor del término $\Delta b_{\delta D}$, cuando este sea superior a cero, se tomará de la siguiente expresión cuando el gálibo de ambas vías sea GC:

$$\Delta b_{\delta D} = 2,3667 \cdot (D_1 - D_2)_{>0}$$

Cuando el gálibo de ambas vías sea GB, será:

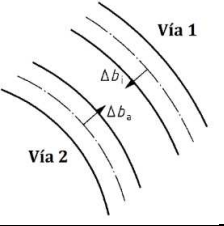
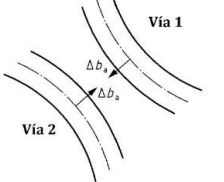
$$\Delta b_{\delta D} = 2,1667 \cdot (D_1 - D_2)_{>0}$$

3.3. ANCHO DE VÍA NOMINAL 1.000

Se definen en este apartado los valores a emplear cuando ambas vías sean de ancho nominal 1.000 mm. En esta situación, los valores de entreje son idénticos para todos los gálibos (GED10 o GEE10), ya que la coordenada del punto P del contorno de referencia es la misma. Este caso corresponde al caso 4 del Anexo 1.

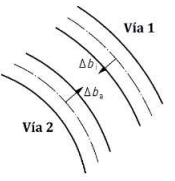
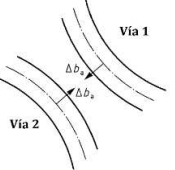
El valor del término A se tomará del cuadro 2.5 en función del caso contemplado y del tipo de superestructura de vía. Para vías en recta el valor del término A será el correspondiente a las vías divergentes.

Cuadro 2.5. Término A para la determinación del entreeje límite, ancho de vía nominal 1.000 mm

CASO	TIPO DE VÍA	A
	Balasto	3.277
	Placa	3.176
	Balasto	3.287
	Placa	3.184

Los valores de los términos B, X, C₁ y C₂ se tomarán del cuadro 2.6 en función de la geometría de la vía.

Cuadro 2.6. Términos B, X, C₁ y C₂, para la determinación del entreeje límite, ancho de vía nominal 1.000 mm

CASO	RADIO	B	X	C ₁ y C ₂
	R ≥ 100	3000	0	1,156
	80 ≤ R < 100	44000	410	
	R ≥ 100	1500	0	
	80 ≤ R < 100	24000	450	

El valor del término $\Delta b_{\delta D}$, cuando este sea superior a cero, se tomará de la siguiente expresión:

$$\Delta b_{\delta D} = 3,3649 \cdot (D_1 - D_2)_{>0}$$

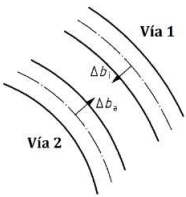
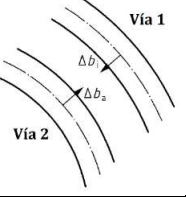
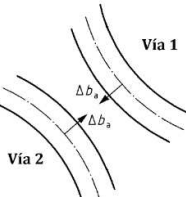
3.4. UNA VÍA DE ANCHO NOMINAL 1.435 Y LA OTRA CON ANCHO NOMINAL 1.668

Se definen en este apartado los valores a emplear cuando una vía sea de ancho nominal 1.668 mm y la otra vía sea de ancho nominal 1435 mm. Esta situación puede darse en vías de ancho mixto, en las que deben comprobarse todas las combinaciones posibles de ejes, o una vía de ancho mixto con otra de un solo ancho, además del caso más sencillo de dos vías de un solo ancho. Al igual que en el apartado 3.2, los valores de entreeje son distintos

en función de si se considera el gálibo GB o GC. Este caso corresponde a los casos 5, 6, 7 y 8 del Anexo 1.

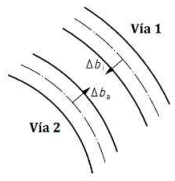
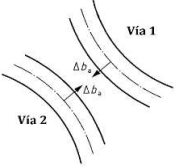
El valor del término A se tomará del cuadro 2.7 en función del caso contemplado, del tipo de superestructura de vía y del gálibo de la vía de ancho nominal 1435 mm. Para vías en recta el valor del término A será el correspondiente a las vías divergentes.

Cuadro 2.7. Término A para la determinación del entreeje límite, una vía de ancho nominal 1.435 mm y la otra vía de ancho nominal 1.668 mm, en función del gálibo de la vía de ancho nominal 1435 mm

CASO	TIPO DE VÍA	A	
		GB	GC
<p>Vía 1: ancho 1.668 Vía 2: ancho 1.435</p> 	Balasto, V > 80 km/h	3.515,5	3.522,8
	Balasto, V ≤ 80 km/h	3.530,2	3.538,3
	Placa	3.474,0	3.479,1
<p>Vía 1: ancho 1.435 Vía 2: ancho 1.668</p> 	Balasto, V > 80 km/h	3.516,1	3.520,5
	Balasto, V ≤ 80 km/h	3.530,9	3.536,3
	Placa	3.474,4	3.477,8
	Balasto, V > 80 km/h	3.528,6	3.535,2
	Balasto, V ≤ 80 km/h	3.542,1	3.549,5
	Placa	3.481,4	3.486,0

Los valores de los términos B, X, C₁ y C₂ se tomarán del cuadro 2.8 en función de la geometría de la vía y del gálibo de la vía de ancho nominal 1435 mm.

Cuadro 2.8. Términos B , X , C_1 y C_2 , para la determinación del entreeje límite, una vía de ancho nominal 1.435 mm y la otra vía de ancho nominal 1.668 mm

CASO	RADIO	B	X	C ₁ y C ₂		
				Ancho 1.668	Ancho 1.435	
					GB	GC
	$R \geq 250$	7500	0	0,651	0,733	0,813
	$150 \leq R < 250$	110000	410			
	$R \geq 250$	3750	0			
	$150 \leq R < 250$	60000	450			

Los valores del término $\Delta b_{\delta D}$ se tomarán del cuadro 2.9 en función del gálibo de la vía 1:

Cuadro 2.9. Término $\Delta b_{\delta D}$ para la determinación del entreeje límite.

GÁLIBO VÍA 1 (EXTERIOR)	$\Delta b_{\delta D}$
GHE16 / GEC16 / GEB16	$3320 \cdot \left(\frac{D_1}{1733} - \frac{D_2}{1500} \right)_{>0}$
GB	$3250 \cdot \left(\frac{D_1}{1500} - \frac{D_2}{1733} \right)_{>0}$
GC	$3550 \cdot \left(\frac{D_1}{1500} - \frac{D_2}{1733} \right)_{>0}$

4. DETERMINACIÓN DEL ENTREEJE LÍMITE EN EL PLANO HORIZONTAL

La formulación para la obtención del entreeje límite determina el valor del mismo paralelo al plano de rodadura de la vía con menor peralte. Este valor no es directamente aplicable en el diseño en planta, pues no coincide con el valor sobre el plano horizontal. El entreeje en planta (es decir, el de referencia para el proyecto de trazado) debe calcularse partiendo del primero.

En el caso más habitual, cuando ambas vías tengan la misma cota de rasante, es decir, la misma cota de hilo bajo, el entreeje en planta es generalmente mayor que el entreeje calculado, y se calcula como:

$$EA_{lim, horizontal} = \frac{EA_{lim}}{\cos \delta} = EA_{lim} \cdot \frac{L_2}{\sqrt{L_2^2 - D_2^2}}$$

Siendo:

- δ el ángulo de inclinación transversal de la vía interior (Vía 2), por lo que la expresión $1/\cos \delta$ puede expresarse también en función de L_2 y D_2
- L_2 la distancia entre los círculos de rodadura de las ruedas de un eje en la vía del lado interior de la curva.
- D_2 el peralte de la vía del lado interior de la curva (Vía 2)

En el caso particular de que el plano de rodadura de ambas vías coincida (por ejemplo, en el diseño de escapes en curva o en algunas secciones de túneles), y por tanto la cota del hilo bajo de la vía del lado interior de la curva quede por debajo de la cota del hilo bajo de la vía del lado exterior de la curva, la obtención del entreaje límite proyectado sobre el plano horizontal se obtendrá mediante la expresión:

$$EA_{lim, horizontal} = EA_{lim} \cdot \cos \delta = EA_{lim} \cdot \frac{\sqrt{L_2^2 - D_2^2}}{L_2}$$

**ANEXO 3. DETERMINACIÓN DE CASOS EN LOS QUE EL ENTREEJE LÍMITE ES
SUPERIOR AL ENTREEJE NOMINAL**

1. ENTREEJE NOMINAL

El presente anexo es de aplicación únicamente en el caso de curvas concéntricas y vías con el mismo peralte.

De acuerdo al apartado 3.10.5.2 de la IFG para los anchos de vía nominal ibérico y estándar europeo los entreejes nominales excepcionales en función de la velocidad son los indicados en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Entreejes nominales excepcionales.

VELOCIDAD (Km/h)	ENTREEJE NOMINAL (mm)
$V_{\max} \leq 160$	3.808
$160 < V_{\max} \leq 200$	3.808 (ancho de vía 1.435 mm) 3.920 (ancho de vía 1.668 mm, o una vía en ancho 1.435 mm y la otra en ancho 1.668 mm)
$200 < V_{\max} < 250$	4.000
$250 \leq V_{\max} \leq 300$	4.300
$300 < V_{\max} \leq 350$	4.500

Para ancho de vía métrico el entreeje nominal es de 3,5 m.

A diferencia del entreeje límite que se mide paralelo al plano de rodadura de la vía con menor peralte el entreeje nominal se mide en horizontal por lo que para comparar ambos entreejes se proyectará el entreeje límite en el plano horizontal.

A fin de verificar los casos en que el entreeje límite supera al entreeje nominal y por tanto debe realizarse el cálculo de entreeje límite se verificará la siguiente ecuación:

$$EA_{nominal} \leq \frac{EA_{lim}}{\frac{\sqrt{L_2^2 - D_2^2}}{L_2}}$$

Se analizarán los casos indicados en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Casos contemplados para verificar si el entreeje límite es superior al entreeje nominal.

CASO	ANCHO DE VÍA		ENTREEJE NOMINAL A COMPARAR
	VÍA 1	VÍA 2	
1	1668	1668	3808 3920
2	1435	1435	3808
3	1000	1000	3500
4	1668	1435	3808

2. CASO 1. AMBAS VÍA CON ANCHO DE VÍA 1668 MM

2.1. FORMULACIÓN

Se realiza la envolvente de los casos más desfavorables del caso 1 del anejo 1. Se realiza la hipótesis de que $z=0$.

2.1.1. VÍA EN BALASTO

En recta el entreeje límite es inferior al entreeje nominal:

$$3614 \leq EA_{nominal}$$

En curva se verificarán las siguientes expresiones:

a) $250 \leq R \leq \infty$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3602 + \frac{7500}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1733^2 - D^2}}{1733}}$$

b) $150 \leq R \leq 250$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3192 + \frac{110000}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1733^2 - D^2}}{1733}}$$

2.1.2. VÍA EN PLACA

En recta el entreeje límite es inferior al entreeje nominal:

$$3557 \leq EA_{nominal}$$

En curva se verificarán las siguientes expresiones:

a) $250 \leq R \leq \infty$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3550 + \frac{7500}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1733^2 - D^2}}{1733}}$$

b) $150 \leq R \leq 250$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3140 + \frac{110000}{R} + 0,651 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,651 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1733^2 - D^2}}{1733}}$$

2.2. RADIO MÍNIMO QUE DELIMITA UN VALOR DEL ENTREEJE LÍMITE SUPERIOR AL ENTREEJE NOMINAL

a) Comprobación cuando el entreaje nominal es 3808 mm y la vía es en balasto

Cuadro 3.3. Radio límite por debajo del cual el entreaje límite supera al entreaje nominal de 3808 mm

PERALTE	INSUFICIENCIA DE PERALTE								
	0	25	50	70	90	115	130	150	175
0		179	179	182	186	192	195	200	206
25	179	179	179	183	187	192	195	200	206
50	179	179	179	183	187	192	196	200	206
70	183	183	183	187	192	197	201	206	212
90	188	188	188	192	197	203	206	212	218
110	193	193	193	198	202	209	213	218	225
130	199	199	199	204	209	215	220	225	233
150	205	205	205	210	215	223	227	233	242
170	212	212	212	217	223	231	235	242	267
180	215	215	215	221	227	235	240	247	387

Notas: En las celdas sin valor con independencia del radio el entreaje nominal es siempre superior al límite.

En las celdas sombreadas la combinación de peralte y radio límite no verifican el límite definido en el apartado 4.2.4.2 (7) de la ETI de infraestructura.

Para valores intermedios de peralte e insuficiencia de peralte se tomará el valor superior de la tabla.

b) Comprobación cuando el entreaje nominal es 3808 mm y la vía es en placa

Cuadro 3.4. Radio límite por debajo del cual el entreaje límite supera al entreaje nominal de 3808 mm

PERALTE	INSUFICIENCIA DE PERALTE								
	0	25	50	70	90	115	130	150	175
0		165	165	168	171	176	179	182	188
25	165	165	165	168	171	176	179	183	188
50	165	165	165	168	172	176	179	183	188
70	169	169	169	172	176	180	183	187	193
90	173	173	173	176	180	185	188	192	198
110	177	177	177	181	185	190	193	198	204
130	182	182	182	186	190	195	199	204	210
150	187	187	187	191	196	201	205	210	217
170	192	192	192	197	202	208	212	217	224
180	195	195	195	200	205	211	215	221	229

Notas: En las celdas sin valor con independencia del radio el entreaje nominal es siempre superior al límite.

En las celdas sombreadas la combinación de peralte y radio límite no verifican el límite definido en el apartado 4.2.4.2 (7) de la ETI de infraestructura.

Para valores intermedios de peralte e insuficiencia de peralte se tomará el valor superior de la tabla.

c) Comprobación cuando el entreaje nominal es 3920 mm y la vía es en balasto

Cuadro 3.5. Radio límite por debajo del cual el entreaje límite supera al entreaje nominal de 3920 mm

PERALTE	INSUFICIENCIA DE PERALTE								
	0	25	50	70	90	115	130	150	175
0		151	151	154	157	160	163	166	170
25	151	151	151	154	157	161	163	166	170
50	151	151	151	154	157	161	163	166	171
70	155	155	155	157	160	164	167	170	174
90	158	158	158	161	164	168	171	174	179
110	162	162	162	165	168	172	175	179	183
130	165	165	165	169	172	177	180	183	189
150	170	170	170	173	177	182	185	189	194
170	174	174	174	178	182	187	190	194	200
180	177	177	177	181	185	190	193	197	203

Notas: En las celdas sin valor con independencia del radio el entreaje nominal es siempre superior al límite.

En las celdas sombreadas la combinación de peralte y radio límite no verifican el límite definido en el apartado 4.2.4.2 (7) de la ETI de infraestructura.

Para valores intermedios de peralte e insuficiencia de peralte se tomará el valor superior de la tabla.

d) Comprobación cuando el entreeje nominal es 3920 mm y la vía es en placa

Cuadro 3.6. Radio límite por debajo del cual el entreeje límite supera al entreeje nominal de 3920 mm

PERALTE	INSUFICIENCIA DE PERALTE								
	0	25	50	70	90	115	130	150	175
0							151	154	157
25							151	154	158
50							151	154	158
70						152	155	157	161
90				150	152	156	158	161	165
110	150	150	150	153	156	159	162	165	169
130	153	153	153	156	159	163	165	169	173
150	157	157	157	160	163	167	170	173	178
170	161	161	161	164	167	172	174	178	183
180	163	163	163	166	170	174	177	181	186

*Notas: En las celdas sin valor con independencia del radio el entreeje nominal es siempre superior al límite.
En las celdas sombreadas la combinación de peralte y radio límite no verifican el límite definido en el apartado 4.2.4.2 (7) de la ETI de infraestructura.
Para valores intermedios de peralte e insuficiencia de peralte se tomará el valor superior de la tabla.*

3. CASO 2. AMBAS VÍAS CON ANCHO DE VÍA NOMINAL 1435 MM

3.1. FORMULACIÓN

Se realiza la envolvente de los casos más desfavorables de los casos 2 y 3 del anejo 1. Se realiza la hipótesis de que $z=0$.

3.1.1. VÍA EN BALASTO

En recta el entreeje límite es inferior al entreeje nominal:

$$3484 \leq EA_{nominal}$$

En curva se verificarán las siguientes expresiones:

a) $250 \leq R \leq \infty$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3472 + \frac{7500}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1500^2 - D^2}}{1500}}$$

b) $150 \leq R \leq 250$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3062 + \frac{110000}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1500^2 - D^2}}{1500}}$$

3.1.2. VÍA EN PLACA

En recta el entreeje límite es inferior al entreeje nominal:

$$3415 \leq EA_{nominal}$$

En curva se verificarán las siguientes expresiones:

a) $250 \leq R \leq \infty$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3407 + \frac{7500}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1500^2 - D^2}}{1500}}$$

b) $150 \leq R \leq 250$

$$EA_{nominal} \leq \frac{2997 + \frac{110000}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1500^2 - D^2}}{1500}}$$

3.2. RADIO MÍNIMO QUE DELIMITA UN VALOR DEL ENTREEJE LÍMITE SUPERIOR AL ENTREEJE NOMINAL

a) Comprobación cuando el entreeje nominal es 3808 mm y la vía es en balasto

Cuadro 3.7. Radio límite por debajo del cual el entreeje límite supera al entreeje nominal de 3808 mm

PERALTE	INSUFICIENCIA DE PERALTE								
	0	25	50	70	90	100	115	130	153
0				151	154	156	159	162	166
25				151	154	156	159	162	166
50				151	155	156	159	162	167
70	152	152	152	155	159	161	164	167	171
90	156	156	156	159	163	165	168	171	177
110	160	160	160	164	168	170	173	177	182
130	165	165	165	169	173	176	179	183	189
150	170	170	170	175	179	182	186	189	196
170	176	176	176	181	186	189	193	197	204
180	180	180	172	184	190	192	196	201	208

*Notas: En las celdas sin valor con independencia del radio el entreeje nominal es siempre superior al límite.
En las celdas sombreadas la combinación de peralte y radio límite no verifican el límite definido en el apartado 4.2.4.2 (3) de la ETI de infraestructura.
Para valores intermedios de peralte e insuficiencia de peralte se tomará el valor superior de la tabla.*

b) Comprobación cuando el entreeje nominal es 3808 mm y la vía es en placa

Cuadro 3.8. Radio límite por debajo del cual el entreeje límite supera al entreeje nominal de 3808 mm

PERALTE	INSUFICIENCIA DE PERALTE								
	0	25	50	70	90	100	115	130	153
0									151
25									151
50									152
70								152	156
90						150	153	156	160
110				150	153	155	157	160	165
130	150	150	150	154	157	159	162	165	170
150	155	155	155	158	162	164	167	170	175
170	160	160	160	164	168	170	173	176	182
180	162	162	156	166	170	173	176	180	185

Notas: En las celdas sin valor con independencia del radio el entreeje nominal es siempre superior al límite.

En las celdas sombreadas la combinación de peralte y radio límite no verifican el límite definido en el apartado 4.2.4.2 (3) de la ETI de infraestructura.

Para valores intermedios de peralte e insuficiencia de peralte se tomará el valor superior de la tabla.

4. CASO 3. AMBAS VÍAS CON ANCHO DE VÍA NOMINAL 1000 MM

4.1. FORMULACIÓN

Se realiza la envolvente de los casos más desfavorables del caso 4 del anejo 1. Se realiza la hipótesis de que $z=0$.

4.1.1. VÍA EN BALASTO

En recta el entreeje límite es inferior al entreeje nominal:

$$3287 \leq EA_{nominal}$$

En curva se verificarán las siguientes expresiones:

a) $100 \leq R \leq \infty$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3277 + \frac{3000}{R} + 1,156 \cdot (D - 70)_{>0} + 1,156 \cdot (I_2 - 70)_{>0}}{\frac{\sqrt{1055^2 - D^2}}{1055}}$$

b) $80 \leq R < 100$

$$EA_{nominal} \leq \frac{2867 + \frac{44000}{R} + 1,156 \cdot (D - 70)_{>0} + 1,156 \cdot (I_2 - 70)_{>0}}{\frac{\sqrt{1055^2 - D^2}}{1055}}$$

4.1.2. VÍA EN PLACA

En recta el entrejeje límite es inferior al entrejeje nominal:

$$3184 \leq EA_{nominal}$$

En curva se verificarán las siguientes expresiones:

a) $100 \leq R \leq \infty$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3176 + \frac{3000}{R} + 1,156 \cdot (D - 70)_{>0} + 1,156 \cdot (I_2 - 70)_{>0}}{\frac{\sqrt{1055^2 - D^2}}{1055}}$$

b) $80 \leq R < 100$

$$EA_{nominal} \leq \frac{2766 + \frac{44000}{R} + 1,156 \cdot (D - 70)_{>0} + 1,156 \cdot (I_2 - 70)_{>0}}{\frac{\sqrt{1055^2 - D^2}}{1055}}$$

4.2. RADIO MÍNIMO QUE DELIMITA UN VALOR DEL ENTREEJE LÍMITE SUPERIOR AL ENTREEJE NOMINAL

a) Comprobación cuando el entreeje nominal es 3500 mm y la vía es en balasto

Cuadro 3.9. Radio límite por debajo del cual el entreeje límite supera al entreeje nominal de 3500 mm

PERALTE	INSUFICIENCIA DE PERALTE					
	0	25	50	70	92	108
0						
25						
50						
70						
90						80
110					81	84

*Notas: En las celdas sin valor con independencia del radio el entreeje nominal es siempre superior al límite.
Para valores intermedios de peralte e insuficiencia de peralte se tomará el valor superior de la tabla.*

b) Comprobación cuando el entreeje nominal es 3500 mm y la vía es en placa

Con independencia del radio el entreeje nominal es siempre superior al límite.

5. CASO 4. UNA VÍA CON ANCHO DE VÍA NOMINAL 1435 MM Y LA OTRA CON ANCHO DE VÍA NOMINAL 1668 MM

5.1. FORMULACIÓN

Se realiza la envolvente de los casos más desfavorables de los casos 5 a 8 del anejo 1.
Se realiza la hipótesis de que $z=0$.

5.1.1. VÍA EN BALASTO

En recta el entreeje límite es inferior al entreeje nominal:

$$3550 \leq EA_{nominal}$$

En curva se verificarán las siguientes expresiones:

a) $250 \leq R \leq \infty$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3538 + \frac{7500}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1500^2 - D^2}}{1500}}$$

b) $150 \leq R \leq 250$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3128 + \frac{110000}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1500^2 - D^2}}{1500}}$$

5.1.2. VÍA EN PLACA

En recta el entreeje límite es inferior al entreeje nominal:

$$3486 \leq EA_{nominal}$$

En curva se verificarán las siguientes expresiones:

a) $250 \leq R \leq \infty$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3479 + \frac{7500}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1500^2 - D^2}}{1500}}$$

b) $150 \leq R \leq 250$

$$EA_{nominal} \leq \frac{3069 + \frac{110000}{R} + 0,813 \cdot (D - 50)_{>0} + 0,813 \cdot (I_2 - 50)_{>0}}{\frac{\sqrt{1500^2 - D^2}}{1500}}$$

5.2. RADIO MÍNIMO QUE DELIMITA UN VALOR DEL ENTREEJE LÍMITE SUPERIOR AL ENTREEJE NOMINAL

a) Comprobación cuando el entreeje nominal es 3808 mm y la vía es en balasto

Cuadro 3.10. Radio límite por debajo del cual el entreeje límite supera al entreeje nominal de 3808 mm

PERALTE	INSUFICIENCIA DE PERALTE									
	0	25	50	70	90	100	115	130	153	175
0		162	162	166	170	172	175	179	184	190
25	162	162	162	166	170	172	176	179	185	184
50	162	162	162	166	170	173	176	179	185	191
70	167	167	167	171	175	178	181	185	191	197
90	172	172	172	176	181	183	187	191	198	204
110	177	177	177	182	187	190	194	198	205	212
130	183	183	183	188	194	196	201	205	213	220
150	190	190	190	195	201	204	209	214	222	230
170	197	197	197	203	209	213	218	223	232	241
180	201	201	201	207	214	217	223	228	238	247

Notas: En las celdas sin valor con independencia del radio el entreeje nominal es siempre superior al límite.
En las celdas sombreadas la combinación de peralte y radio límite no verifican el límite definido en el apartado 4.2.4.2 (3) de la ETI de infraestructura.
Para valores intermedios de peralte e insuficiencia de peralte se tomará el valor superior de la tabla.

b) Comprobación cuando el entreje nominal es 3808 mm y la vía es en placa

Cuadro 3.11. Radio límite por debajo del cual el entreje límite supera al entreje nominal de 3808 mm

PERALTE	INSUFICIENCIA DE PERALTE									
	0	25	50	70	90	110	115	130	153	175
0				152	156	158	160	163	168	173
25				152	156	158	160	163	168	167
50				153	156	158	161	164	168	173
70	153	153	153	157	160	162	165	168	173	178
90	157	157	157	161	165	167	170	173	179	184
110	162	162	162	166	170	172	175	179	184	190
130	167	167	167	171	175	178	181	185	191	197
150	172	172	172	177	181	184	188	192	198	205
170	178	178	178	183	188	191	195	199	206	213
180	182	182	182	187	192	195	199	203	211	218

Notas: En las celdas sin valor con independencia del radio el entreje nominal es siempre superior al límite.

En las celdas sombreadas la combinación de peralte y radio límite no verifican el límite definido en el apartado 4.2.4.2 (3) de la ETI de infraestructura.

Para valores intermedios de peralte e insuficiencia de peralte se tomará el valor superior de la tabla.