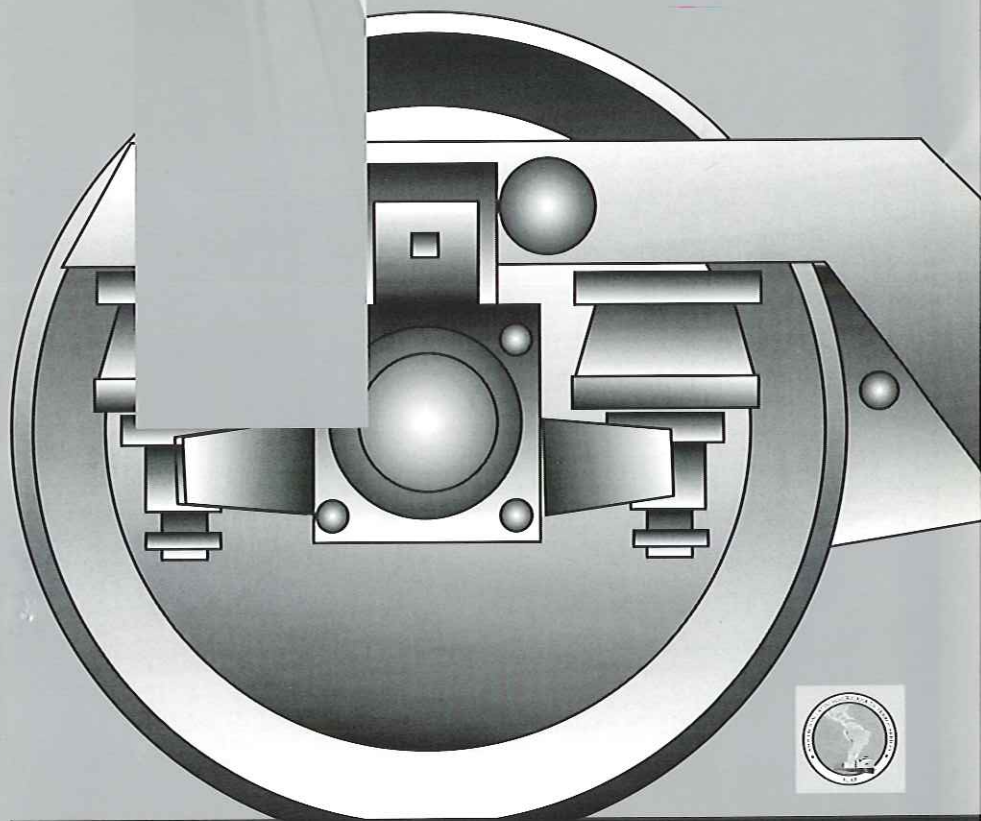


# TEMAS

# ALAF

## DE DIVULGACION FERROVIARIA

# 10



ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FERROCARRILES  
ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE ESTRADAS DE FERRO



*Renfe*

Dirección de Relaciones Internacionales

Publicación realizada con el aporte del convenio ALAF-RENFE  
Nº 10 / noviembre de 2004

**ALAF**

Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles  
Associação Latinoamericana de Estradas de Ferro  
Av. Belgrano 863, 1er. piso,  
1092 Buenos Aires, Argentina  
Tel-Fax (54-11) 4345-4006  
email [alaf@alaf.int.ar](mailto:alaf@alaf.int.ar)  
[www.alaf.int.ar](http://www.alaf.int.ar)

# NORMA ALAF 5-031

## SUJECIONES DE VÍA

ALAF / Comisión de Normalización

Indice	Pág
1 Definiciones	2
2 Ensayos	7
2.1 Objeto y campo de aplicación	7
2.2 Referencias normativas	7
2.3 Ensayos	9
2.3.1 Definición de ensayos de cualificación al sistema de sujeción	9
2.3.1.1 Ensayo: Resistencia al deslizamiento longitudinal	9
2.3.1.2 Ensayo: Resistencia a la torsión	14
2.3.1.3. Ensayo: Dinámico de carga inclinada	20
2.3.1.4 Ensayo: Resistencia eléctrica sobre el conjunto de la sujeción	29
2.3.1.5 Ensayo: Resistencia a las condiciones ambientales adversas.	34
2.3.2 Ensayos sobre el elemento muelle	37
2.3.2.1 Ensayo: Fuerza de apriete	37
2.3.3 Ensayos sobre los elementos de apoyo	43
2.3.3.1. Ensayo: Rigidez vertical a 80 KN	43
2.3.3.2. Ensayo: Rigidez vertical secante	48
2.3.3.3. Ensayo: Atenuación de impactos	52
2.4 Tabla de secuencia de ensayos	58-59
2.5 Información adicional	60
3.Sistemas de sujeción para traviesas de madera	61
4. Sistemas de sujeción para traviesas de hormigón	70

## I. Definiciones

Se establecen y aplicarán las siguientes definiciones para los términos empleados en la presente Norma:

**Sistema de sujeción:** es un conjunto de componentes que asegura el carril a la estructura portante de la vía (traviesa) y lo retiene en la posición requerida, a la vez que impide o permite parcialmente los movimientos verticales, transversales y longitudinales necesarios.

Un conjunto de este tipo incluye los componentes para distribuir las cargas del carril a la estructura portante y, donde sea necesario, para prevenir el desgaste de las superficies de contacto con la estructura portante, así como para aislar el carril respecto a dicha estructura. Las principales funciones de los sistemas de sujeción de carril son:

- Mantener el carril contra su apoyo, para restringir el movimiento lateral del carril con el fin de mantener el ancho de la vía y la inclinación de los carriles dentro de tolerancias admisibles, evitando a su vez el vuelco del carril (torsión).
- Restringir el deslizamiento longitudinal del carril.
- Descomponer, absorber y/o transmitir a la traviesa las cargas producidas por el tráfico ferroviario.
- Ofrecer un aislamiento eléctrico suficiente entre los dos carriles.
- Mantener el carril unido a la traviesa con un apriete suficiente en todos los casos.

**Sistema de sujeción homologado:** es un conjunto de componentes que cumple con la presente norma y tiene un registro de funcionamiento satisfactorio en las vías del usuario, de acuerdo con sus exigencias.

**Fuerza de sujeción:** es la fuerza vertical total aplicada a la base o patín del carril por un conjunto completo de sujeción del carril.

**Sujeción directa de carriles:** Se dice de aquélla en la

que un único elemento cumple la función de anclaje a la traviesa y a los elementos (en caso de existir) de sujeción del carril. En el caso de existir placa de asiento entre el carril y la traviesa, la sujeción pasaría a través de un agujero practicado en la misma.

**Sujeción Indirecta de carriles:** Se da esta denominación cuando la fijación de la placa de asiento a la traviesa se realiza por elementos, o grupos de elementos, independientes de aquellos que unen el carril a dicha placa.

Cada uno de estos dos conjuntos o anclajes, pueden ser, a su vez, rígidos (sujeción rígida), elásticos (sujeción elástica) o semielásticos (tirafondo o tornillo con arandelas elásticas).

**Sujeción rígida de carriles:** Se dice de la sujeción que efectúa la transmisión de los esfuerzos del carril a la traviesa mediante elementos, o conjuntos de elementos rígidos, no flexibles.

**Sujeción elástica de carriles:** Se dice de aquella en la que el conjunto de la fijación del carril a la traviesa se consigue por medio de un elemento que se deforma con las acciones que le transmite el carril y recupera su forma primitiva cuando cesan dichas acciones. El citado elemento puede estar constituido por dos o más unidades, alguna rígida y otras flexibles. De igual modo que la sujeción directa, puede disponer, o no, de placa de asiento.

La diferencia entre una sujeción elástica y otra doblemente elástica, es que en la segunda los elementos elásticos admiten dos movimientos relativos del carril, el vertical y el de giro respecto de su eje longitudinal. Igualmente, la elástica respecto a la rígida flexibiliza el movimiento de giro respecto de su eje longitudinal.

**Placa de asiento o silleta:** es un componente de transición que soporta el carril y está fijado a la estructura portante de la vía. Tiene un área de apoyo sobre la estructura

portante, que es mayor que el área de la base o patín del carril, en su zona de soporte y, donde puede resultar necesario. Incorpora elementos con características tales que permiten que el carril este sujetado a ella.

**Placa de asiento intermedia:** es una almohadilla no metálica colocada entre la placa de asiento y la traviesa.

**Placa intermedia de asiento:** es una almohadilla o placa no metálica situada entre el carril y la placa de asiento o entre el carril y la traviesa.

Su función es aminorar los efectos dinámicos del carril hacia la traviesa mediante la amortiguación de los impactos en el sentido vertical y de las cargas y vibraciones inducidas por el paso de las circulaciones ferroviarias. Contribuye así a la elasticidad vertical de la vía conjuntamente con el balasto. Además, contribuye al aislamiento eléctrico entre los carriles y a impedir el desplazamiento longitudinal del carril e, incluso, soportar los esfuerzos de aceleración y frenado transmitidos por el tren.

Deben mantener sus características durante la vida útil de la vía, a pesar de las condiciones atmosféricas (rayos UVA y ozono), de la temperatura ambiente, de la calidad de vía y de los aceites minerales que puedan caer. Los materiales utilizados deberán tener una buena resistencia a la abrasión, debido a los esfuerzos de rozamiento inducidos por el apriete estático de la sujeción y los esfuerzos longitudinales que va a tener que soportar (de acuerdo con variaciones atmosféricas de temperatura y esfuerzos de aceleración y frenado – rampas y pendientes).

**Carril de rodadura:** es la viga metálica que soporta y guía las ruedas de los vehículos que se desplazan a lo largo de la vía.

**Carril embebido:** es un carril que está instalado con su superficie de rodadura aproximadamente al mismo nivel que la superficie del entorno. Se mantiene una garganta

para el paso de la pestaña de la rueda a lo largo de la cara interna del carril, (mediante la utilización de carril de garganta o construcción de entrecalle carril-contracarril).

En general se trata de una canaleta metálica o de hormigón en la que se posiciona un carril flotante rellenando su perímetro con material elastomérico.

**Contracarril o contrariel:** es un carril tendido cerca de la cara interna del carril de rodadura, que mantiene la superficie de rodadura de las ruedas de los vehículos en contacto con la superficie superior de rodadura del carril en las vías en curva de radio pequeño y en los cruces. También puede ser un carril tendido paralelamente al carril de rodadura, que está pensado para controlar el movimiento lateral de las ruedas descarriladas.

**Vía con balasto:** es una vía en la que las traviesas están soportadas, bajo su cara inferior, por balasto, que se comporta como un elemento elástico.

**Vía sobre losa:** es una tipología de vía en la que la estructura que soporta los carriles y su sistema de sujeción (y en su caso las traviesas o elementos de apoyo de las sujeciones) transmite los esfuerzos soportados por la vía a la infraestructura mediante una losa continua. La losa puede ser de hormigón reforzado construida in situ, de hormigón prefabricado o una combinación de prefabricado y construido in situ, de asfalto, etc. Igualmente el carril puede apoyarse sobre elementos similares a traviesas o bloques prefabricados, bajo los que se instalan elementos elastoméricos o simplemente apoyados sobre el elemento soporte.

**Tramo de vía continua:** es aquel que no incorpora juntas de carril.

En caso de existencia de agujas (desvíos soldables), sin aparatos o juntas de dilatación, su longitud puede ser la totalidad de la línea en explotación.

**Traviesa:** es una viga, que puede ser de construcción compuesta (madera, hormigón, metálica, mixta, etc.), que soporta los carriles de rodadura y los contracarriles, colocada perpendicular a los mismos. Normalmente la viga soporta dos carriles de rodadura para formar una vía.

**Traviesa de carril único:** es una traviesa que soporta sólo un carril, como es el caso de una vía de grúa (losa flotante, bloque, dado o taco elastomérico, etc.) o de ciertas formas de vía sobre losa.

**Piezas aislantes:** son elementos de retención que se colocan a ambos lados del patín del carril. Se denominan respectivamente, pieza aislante exterior y pieza aislante interior según su posición con relación al eje de la vía. Se obtienen por inyección de materiales plásticos y por lo general se colocan sobre un cajado en la cara superior de la traviesa.

**Rigidez vertical de la fijación:** es la estabilidad de forma de la sujeción ante la sollicitación vertical producida por las circulaciones ferroviarias. Se define por el cociente entre la carga vertical (diferencia entre las cargas aplicadas, máxima y mínima, especificadas) puntual sobre un carril y la deformación o flecha producida sobre su cara de apoyo en la traviesa.

**Atenuación de la vibración:** es la reducción en la transmisión de la vibración desde la base de apoyo de los carriles de rodadura y los contracarriles hacia la estructura portante de vía, o hacia puntos más lejanos.



## **2 - Ensayos**

### **2.1. Objeto y campo de aplicación**

Esta norma contiene los ensayos genéricos que se deben realizar a la sujeción que va a trabajar en la superestructura de vía sobre balasto, aplicable a cualquier tipo de traviesa sobre la que vaya a estar colocada.

Además se incluyen los ensayos que se deben hacer para analizar el comportamiento de los elementos de sujeción independientemente, es decir, ensayos sobre el elemento de muelle, sobre el elemento de anclaje y sobre los elementos de apoyo.

### **2.2. Referencias normativas**

Esta norma contiene indicaciones que remiten a disposiciones contenidas en otras publicaciones, fechadas o sin fechar. Estas referencias normativas están citadas en los lugares correspondientes del texto y las publicaciones están recogidas en la lista que aparece a continuación. En el caso de las referencias normativas fechadas, las posteriores modificaciones o revisiones de estas publicaciones sólo pertenecerán a esta norma si son introducidas también en ella por medio de las correspondientes modificaciones o revisiones. En el caso de referencias no fechadas, será de aplicación la última edición vigente de la publicación indicada en la referencia.

- 
- prEN 13146-1 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 1. Determinación de la resistencia al movimiento longitudinal del carril. Mayo 2002.
- prEN 13146-2 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 2. Determinación de la resistencia a la torsión. Mayo 2002.
- prEN 13146-4 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 4. Efecto de las cargas repetidas. Mayo 2002.
- prEN 13146-6 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 6. Efecto de la exposición a las condiciones ambientales severas. Marzo 1998.
- prEN 13146-7 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 7. Determinación de la fuerza de sujeción. Mayo 2002.
- prEN 13146-8 Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 8. Prueba en servicio
-

## 2.3. Ensayos

### 2.3.1. Definición de ensayos de cualificación al sistema de sujeción

#### 2.3.1.1. Ensayo: Resistencia al deslizamiento longitudinal

##### Principio

Se aplica una carga longitudinal tirando de un cupón de carril fijo a una traviesa mediante una sujeción. La traviesa tiene restringidos todos sus movimientos.

Se determina la carga longitudinal máxima que se puede aplicar para iniciar el deslizamiento o desplazamiento no elástico del carril mediante una curva de carga – desplazamiento y se la compara con una especificación mínima dada.

##### Justificación

La fijación debe impedir que el carril se desplace en sentido longitudinal, por incrementos de temperatura.

Debe poder controlar el deslizamiento y la separación de las posibles calas que puedan aparecer en el carril en caso de rotura de éste.

La sujeción debe proporcionar un esfuerzo de retención longitudinal superior al de las traviesas en el balasto y conservar este esfuerzo a pesar del uso, desgaste, fatiga y vibraciones del carril al paso de las circulaciones.

No debe sufrir traslación o rotación inducida por el carril si éste tiende a deslizar.

Para la comprobación de la aptitud de la fijación frente a estas sollicitaciones, se efectúa el ensayo de resistencia al deslizamiento longitudinal al conjunto carril-sujeción-traviesa.

##### Parámetros del ensayo

$D_e^i$  : Desplazamiento longitudinal elástico, previo al deslizamiento, para cada ensayo (mm).

$D_{max}^i$  : Máximo desplazamiento longitudinal durante cada ensayo (mm).

$D_{res}^i$  : Desplazamiento residual, tras la aplicación de la carga, para cada ensayo (mm).

T: Temperatura de ensayo: 15 a 25° C (desde 4 horas antes de iniciar el ensayo).

$\Delta F^i$  : Escalones de carga:  $2,5 \pm 0,3$  kN.

Velocidad de carga:  $(10 \pm 5)$  kN / min

### Útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares

Instrumento	Objeto	Precisión
Cupón de carril	Transmitir la carga.	
Prensa de carga	Aplicar una carga longitudinal al cupón del carril.	$\pm 0,1$ kN
Ploter y transductores conectados a la prensa	Medir y dibujar de una forma continua la carga aplicada frente a los desplazamientos longitudinales del cupón relativos a la traviesa.	$\pm 0,05$ mm
Una, o media, traviesa anclada	Soportar el sistema a ensayar	

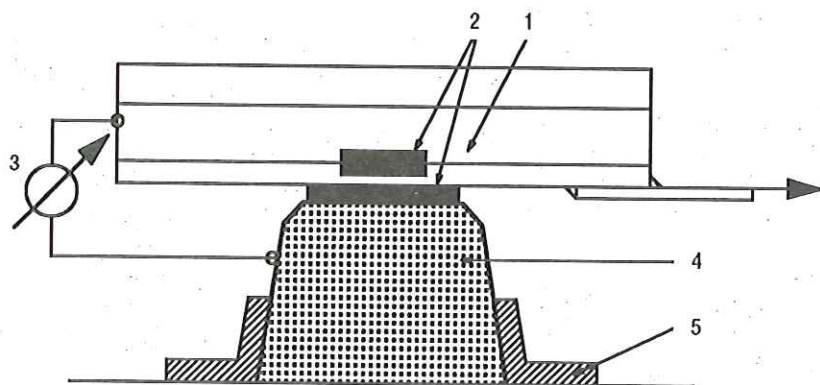
Además de los útiles y equipos definidos, son necesarios todos los elementos componentes del sistema de sujeción para ejecutar los ensayos.

#### Configuración del ensayo

El esquema de la figura 1 refleja la configuración del ensayo de resistencia al deslizamiento longitudinal:

#### Metodología

Aplicar una carga longitudinal de tracción sobre uno de los extremos de un carril, que se encuentra sujeto a través del sistema de sujeción a ensayar a una o dos traviesas ancladas<sup>1</sup> en una bancada de ensayo. Se registra el movimiento del carril relativo a la traviesa, y se para la aplicación de carga en el momento en que el carril desliza. La máxima carga que se puede aplicar sin que exista deslizamiento se determina a partir de la curva de la



- 1 Cupón de carril
- 2 Sujeción y placa de asiento
- 3 Instrumentos de registro y medida carga desplazamiento
- 4 Traviesa o semi-traviesa
- 5 Soporte y coacción de la traviesa

**Fig. 1 - Configuración del ensayo de resistencia al deslizamiento longitudinal**

carga frente al desplazamiento.

Las cargas de tracción ( $2.5 \pm 0.3$ ) kN a una velocidad de ( $10 \pm 5$ ) kN / min se mantienen durante 30 segundos en escalones de carga  $\Delta Fi$  ( $2.5 \pm 0.3$ ) kN. Desde el comienzo se miden los desplazamientos relativos entre carril y traviesa frente a los incrementos de carga. Una vez el carril comienza a deslizar, se reduce rápidamente la carga a cero y se continúa midiendo el desplazamiento longitudinal durante 2 minutos más.

Este ciclo de carga y descarga se realiza tres veces con un período de descarga de tres minutos entre ciclo y ciclo, *sin reajustar en ningún momento el sistema*. En cada ensayo se efectúa la gráfica de la carga aplicada frente al desplazamiento.

El diagrama resultante de fuerza longitudinal-desplazamiento es similar al de la figura 2, con los parámetros del ensayo:

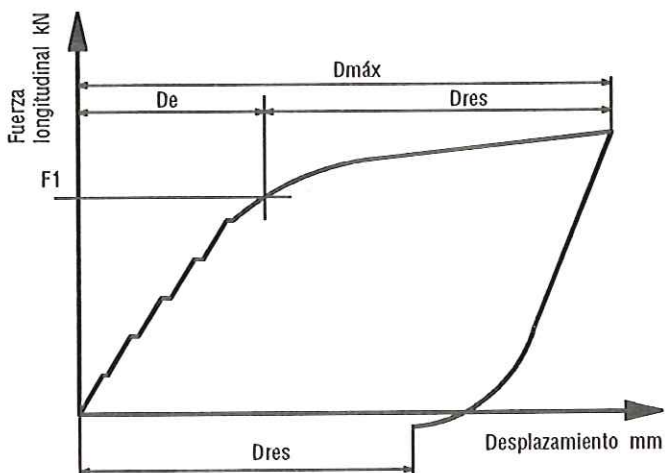


Fig. 2- Diagrama Carga-Desplazamiento

### Resultado

Resistencia característica al deslizamiento longitudinal del

$$F = \frac{\sum_{i=1}^4 F^i}{3}$$

sistema de sujeción por carril:

$F^i$ : Máxima carga longitudinal del carril necesaria para iniciar el deslizamiento o desplazamiento inelástico<sup>2</sup>.

Si  $D_e^i$  es inferior a 0,5 mm, se considera  $F^i$  para 0,5 mm.

En el caso de la configuración de ensayo con dos traviesas<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Según configuración del ensayo.

<sup>2</sup>  $F^i$  Obtenida de la gráfica de cada ensayo, de

$$D_e^i = D_{máx}^i - D_{res}^i \quad i \in \{2,3,4\}$$

Si  $D_e^i$  es inferior a 0,5 mm, se considera  $F^i$  para 0,5 mm  
 En el caso de la configuración de ensayo con dos  
 traviesas<sup>3</sup> :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^4 \left( \frac{F_i}{2} \right)}{3}$$

### Especificación mínima

Depende del tipo de sujeción ensayada. Ver apartados  
 3.7.2. y 4.7.1.

### Contenido del informe

El informe justificativo de la realización de este ensayo  
 deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Ensayo n° 2.3.1.1.
2. Nombre del ensayo.
3. Fecha de realización del ensayo.
4. Nombre y dirección del laboratorio que realiza el  
 ensayo.
5. Nombre del sistema de sujeción ensayado.
6. Desglose de los elementos componentes ensayados y  
 relación de sus fabricantes.
7. Configuración del ensayo utilizado.
8. Marca, modelo y fabricantes de los útiles de medida,  
 equipos de ensayo y auxiliares.
9. Valores de los parámetros de ensayo y gráficas de los  
 ensayos parciales.
10. Resultado, con mención expresa de los resultados par-  
 ciales de cada ensayo, antes y después del ensayo de carga  
 dinámica<sup>4</sup> .

<sup>3</sup> Caso de sistemas de sujeción asimétricos respecto del eje de  
 carril.

<sup>4</sup> Sobre el mismo conjunto ensayado.

### Tabla resumen

Ensayo n <sup>o</sup> 2.3.1.1 Resistencia al deslizamiento longitudinal	
Ambito	Sistema de sujeción
Norma aplicable	prEN 13146-1: 2002
Parámetros de ensayo	$D_e^i$ : Desplazamiento longitudinal elástico, previo al deslizamiento, para cada ensayo (mm). $D_{max}^i$ : Máximo desplazamiento longitudinal durante cada ensayo (mm). $D_{res}^i$ : Desplazamiento residual, tras la aplicación de la carga, para cada ensayo (mm). $T$ : Temperatura de ensayo: 15 a 25° C. $\Delta Fi$ Escalones de carga: $2,5 \pm 0,3$ kN
Resultado	Resistencia característica al deslizamiento longitudinal
Especificación mínima	Ver apartado 3.7.2. y apartado 4.7.1.
Observaciones	Antes y después del ensayo n <sup>o</sup> 2.3.1.3. sobre el mismo conjunto.  Indicar si el sistema de sujeción es simétrico o asimétrico respecto al eje del carril.

#### 2.3.1.2 Ensayo. Resistencia a la torsión

##### Principio

Se aplica una carga transversal al patín de un cupón de carril fijo a una traviesa mediante una sujeción. La traviesa tiene restringidos todos sus movimientos.

Se aplica la carga transversal hasta que el movimiento relativo entre el carril y la traviesa sea de 1,5°. El par necesario para conseguir un ángulo de deformación de 1° se obtiene de la curva que genera el ensayo.



### Justificación

La resistencia a la torsión está relacionada con la resistencia al pandeo de la vía. Es una condición necesaria para asegurar la estabilidad de la vía a altas temperaturas. El valor obtenido se puede emplear en los cálculos relativos a la estabilidad de la vía.

No se debe permitir el giro del carril por acción de los esfuerzos horizontales sobre la cabeza del carril como consecuencia del movimiento de lazo.

Para la comprobación de la aptitud de la fijación frente a estas sollicitaciones, se efectúa el ensayo de resistencia a la torsión al conjunto del sistema.

### Parámetros del ensayo

v: Velocidad de carga:  $10 \pm 1$  kN/min<sup>5</sup> .

d: Distancia mínima de aplicación de la carga (mm)<sup>6</sup> .

- Para sistemas de sujeción enfrentados en el carril:  
300 mm desde el eje formado por los dos sistemas.
- Para sistemas de sujeción contrapeados en el carril:  
300 mm desde el eje formado entre los dos sistemas.

Q: Carga perpendicular al eje del carril (kN).

$\alpha$  : Giro del carril (°)  $\pm 0.02^\circ$ .

$\Delta M$  : Incremento de la resistencia a la torsión:  $3 \pm 0,03$  kNm

<sup>5</sup> La prensa de carga debe conseguir, al menos, esta velocidad de carga.

<sup>6</sup> Ver configuración del ensayo

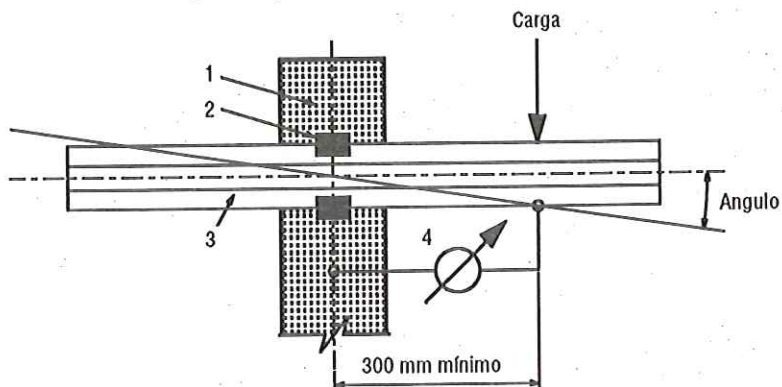
### Útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares

Instrumento	Objeto	Precisión
Cupón de carril	Transmitir la carga.	
Prensa de carga	Aplicar una carga transversal al cupón del carril.	$\pm 0,1 \text{ kN}$
Ploter y transductores de giro conectados a la prensa	Medir y dibujar de una forma continua la carga aplicada frente al giro del cupón relativo a la traviesa.	$\pm 0,01^\circ$
Una, o media, traviesa anclada	Soportar el sistema a ensayar	

Además de los útiles y equipos definidos, son necesarios todos los elementos componentes del sistema de sujeción para ejecutar los ensayos.

#### Configuración del ensayo

Las distintas configuraciones del ensayo se muestran en las figuras 3 y 4 a continuación:



- 1 Traviesa de ensayo
- 2 Conjunto de la sujeción incluyendo placa de asiento
- 3 Cupón de carril
- 4 Instrumento de medida del desplazamiento angular

**Fig. 3 - Configuración del ensayo de resistencia a torsión con sujeciones simétricas**

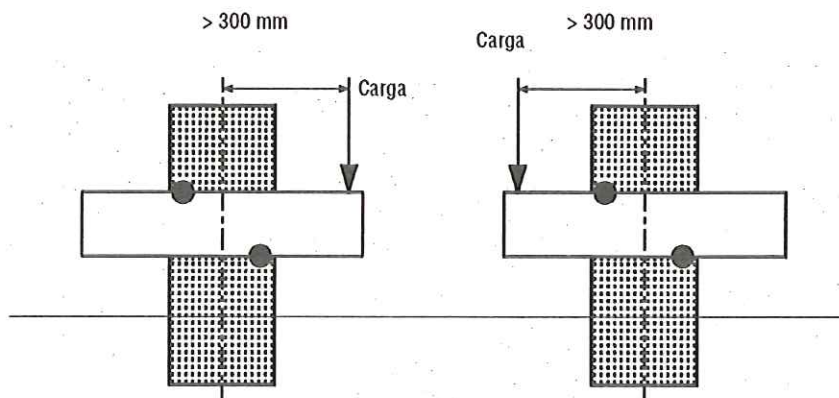


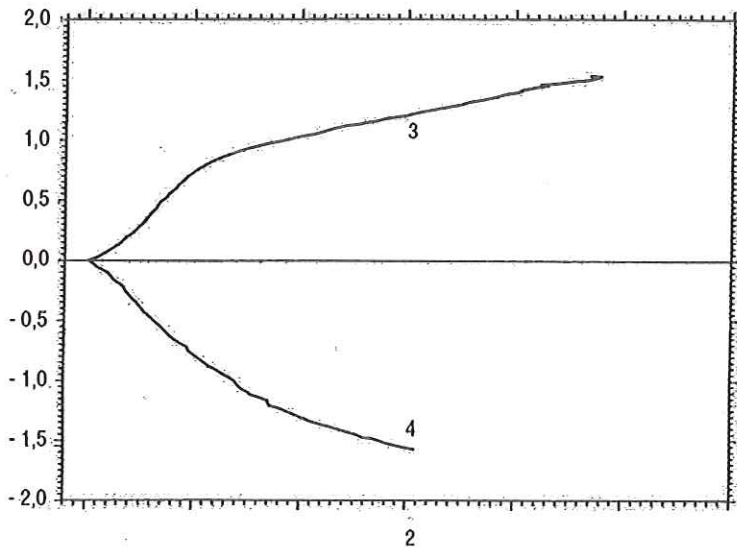
Fig. 4 - Configuración del ensayo de resistencia a torsión con sujeciones asimétricas

#### Metodología

Se aplica una carga transversal al patín del carril sujeto, a su vez, a una traviesa por el sistema de sujeción a ensayar. Se registra el giro del carril respecto a la traviesa a medida que la carga va aumentando con una velocidad de carga  $v$ , hasta que el carril ha rotado  $1,5^\circ$ . El momento que causa la rotación de  $1^\circ$  se determina, entonces, a partir de la curva que representa la carga frente al desplazamiento angular.

Una vez alcanzado un giro de  $1,5^\circ$ , se para la carga y se repite el ciclo de carga aplicando la misma desde el lado opuesto.

El diagrama resultante del momento de rotación–desplazamiento angular presenta un aspecto similar al de la figura 5, con los parámetros del ensayo.



- Notas:
- 1 Desplazamiento en grados
  - 2 Par aplicado
  - 3 Ciclo de carga inicial
  - 4 Ciclo de carga con carga opuesta (Ciclo de retorno)

Fig. 5

El ensayo se realiza tres veces con un intervalo de 3 minutos entre cada ensayo, *no debiéndose ajustar en ningún momento la disposición del sistema de sujeción* (con sujeciones asimétricas igual número de ensayos por cada una de las dos configuraciones).

**Resultados**

Resistencia característica a la torsión del sistema de sujeción por carril:

$$M = \frac{\sum_1^3 M^i}{3}$$

M<sup>i</sup>: Momento necesario para rotar el carril 1º con relación a un plano paralelo a la base de la traviesa, calculado

a partir de la carga (kNm)<sup>7</sup>.

**Especificación mínima**

Depende del tipo de sujeción ensayada. Ver apartado 3.7.3. y apartado 4.7.2.

**Contenido del informe**

El informe justificativo de la realización de este ensayo deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Ensayo n° 2.3.1.2.
2. Nombre del ensayo.
3. Fecha de realización del ensayo.
4. Nombre y dirección del laboratorio que realiza el ensayo.
5. Nombre del sistema de sujeción ensayado.
6. Desglose de los elementos componentes ensayados y relación de sus fabricantes.
7. Configuración del ensayo empleada.
8. Marca, modelo y fabricantes de los útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares.
9. Valores de los parámetros de ensayo y gráficas de los ensayos parciales.
10. Resultado con mención expresa de los resultados parciales de cada ensayo.

<sup>7</sup> Obtenida de las gráficas de cada uno de los ensayos.

**Tabla resumen**

Ensayo nº 2.3.1.2. Resistencia a la torsión	
Ambito	Sistema de sujeción
Norma aplicable	prEN 13146-2:2002
Parámetros de ensayo	$v$ : Velocidad de carga: $10 \pm 1$ kN/min
	$d$ : Distancia mínima de aplicación de la carga (mm)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de sujeción enfrentados en el carril: 300 mm desde el eje formado por los dos sistemas.</li> <li>• Sistemas de sujeción contrapeados en el carril: 300 mm desde el eje formado entre los dos sistemas.</li> </ul>
	$Q$ : Carga perpendicular al eje del carril (kN).
	$\alpha$ : Giro del carril ( $^{\circ}$ ).
	$\Delta M$ : Incremento de la resistencia a la torsión: $3 \pm 0,03$ kN
Resultado	Resistencia característica a la torsión
Especificación mínima	Ver apartados 3.7.3 y 4.7.2
Observaciones	Indicar si el sistema de sujeción es simétrico o asimétrico respecto al eje del carril

**2.3.1.3. Ensayo: Dinámico de carga inclinada****Principio**

Se aplica una carga cíclica de amplitud constante por medio de un actuador simple en la cabeza del carril. La carga, su posición y línea de aplicación se determinan en base a la rigidez vertical dinámica de la sujeción, en función de los radios de curvatura de la vía para la cual la sujeción se está ensayando.

La sujeción se evalúa analizando los siguientes parámetros: Los desplazamientos del carril relativos a la traviesa fruto de la aplicación de la carga cíclica y el cambio en la fuerza

de apriete, la resistencia al desplazamiento longitudinal de la vía, la rigidez vertical, estos 3 antes y después de la aplicación de la carga cíclica y finalmente una inspección visual de sus componentes posterior a los ensayos.

### **Justificación**

Este ensayo está desarrollado para la determinación del comportamiento a largo plazo de los sistemas de sujeción del carril mediante la aplicación de ciclos repetitivos de carga representativos de los producidos en la vía.

La fijación debe soportar los esfuerzos de arranque sin rotura, fluencia o sobreaancho excesivo.

Debe oponerse al vuelco excesivo del carril (riesgo de descarrilo y de desgaste rueda /carril) y poseer una resistencia a largo plazo determinada bajo el efecto de cargas repetidas.

Para la comprobación de la aptitud de la fijación frente a estas sollicitaciones se efectúa el ensayo dinámico de carga inclinada al conjunto del sistema.

### **Parámetros del ensayo**

f : Frecuencia de aplicación: 4 Hz <sup>8</sup> .

R: Radio de la curva de la vía. (m) (Tabla 1. Apartados 3 y 4).

P = P<sub>v</sub> /cos α: Carga máxima (kN). (Tabla 2. Apartados 3 y 4).

α: Posicionamiento del aplicador; ángulo entre la línea de aplicación de carga y la normal al elemento de apoyo (°). (Tabla 2. Apartados 3 y 4).

x: Posición de la línea de aplicación de la carga bajo el centro de curvatura de la cabeza del carril en el extremo de medida de ancho: 15 ± 1 mm. <sup>9</sup>

x: 0 ± 1 mm <sup>10</sup>

<sup>8</sup> La frecuencia del aplicador de la carga debe estar comprendida entre 1 y 5 Hz, y debe poder transmitir, dentro de ese rango, hasta 150 kN. Si se utiliza la modalidad de ensayo sobre dos o cuatro elementos de apoyo, la carga deberá multiplicarse por dos o por

- $P_e$ : Máxima carga estática por eje (kN).  
 $T$ : Temperatura del ensayo: 15 - 25 °C  
 $v$ : Velocidad de carga máxima: 100 ± 10 kN/min <sup>11</sup>.  
 $F$ : Resistencia característica al deslizamiento longitudinal, definida en el ensayo n° 3.1.1 (kN).  
 $k$ : Rigidez vertical característica definida en el ensayo n° 2.3.3.1. (kN/mm).  
 $k_3$ : Rigidez vertical secante,  $P_0/P_0+75$ , definida en el ensayo n° 2.3.3.2. (kN/mm).  
 $P_0$ : Fuerza de apriete característica, de acuerdo con el ensayo n° 2.3.2.1. (kN).

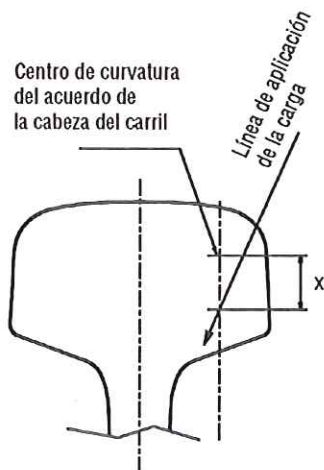


Fig. 6. Punto de aplicación de la carga

cuatro, respectivamente, debiéndose asegurar que la carga se distribuye por igual sobre todos los elementos de apoyo.

<sup>9</sup> Configuración de ensayo con dos traviesas y mecanismo repartidor de la carga.

<sup>10</sup> Configuración de ensayo con una sola traviesa.

<sup>11</sup> Si se ejecuta sobre un cupón de carril y sobre una traviesa (o cupón de traviesa). Si se utiliza la configuración de ensayo sobre dos o cuatro elementos de apoyo, la velocidad de carga deberá multiplicarse por dos o por cuatro, respectivamente, debiéndose asegurar que la carga se distribuye por igual sobre todos los elementos de apoyo.



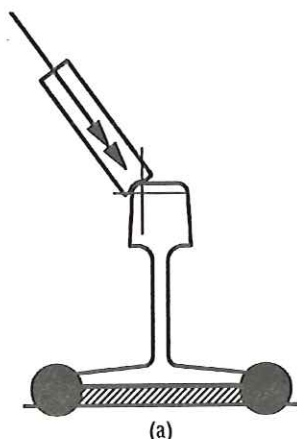


Fig. 7. Aplicación de la carga en el ensayo dinámico de carga inclinada

**Útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares**

Instrumento	Objeto	Precisión
Uno o dos cupones de carril, según configuración.	Transmitir la carga.	
Prensa dinámica de carga	Aplicar una carga vertical dinámica al transmisor de carga comprendida entre 1 y 5 Hz.	$\pm 0,3$ kN
Posicionador/Transmisor de carga	Repartir la carga y dirigirla de acuerdo con el ángulo predefinido	$\pm 0,5^\circ$ $\pm 1$ mm <sup>12</sup>
Transductores conectados a la prensa	Medir los desplazamientos del cupón relativos a la traviesa en cada punto definido	$\pm 0,01$ mm
Media, una o dos traviesas, según configuración del ensayo	Soportar el sistema a ensayar	

<sup>12</sup> En los últimos tres ciclos del proceso preparatorio, el posicionamiento angular y dimensional del aplicador sobre la cabeza del carril deberá estar dentro de estas tolerancias respecto a la posición inicial.

Además de los útiles y equipos definidos, son necesarios todos los elementos componentes del sistema de sujeción para ejecutar los ensayos.

### Configuración del ensayo

Se prevén dos métodos de aplicación de la carga, según se cargue sobre un cupón de carril, o sobre los dos tal y como se muestra en la figura 9, a y b respectivamente, y según el caso, simultáneamente sobre una o dos traviesas. Se prevén, asimismo, dos disposiciones del sistema de sujeción para la determinación, previa y posterior, de la rigidez vertical, según los elementos de tope sean simétricos o asimétricos, como se muestra en la figura 8, respecto del eje del carril.

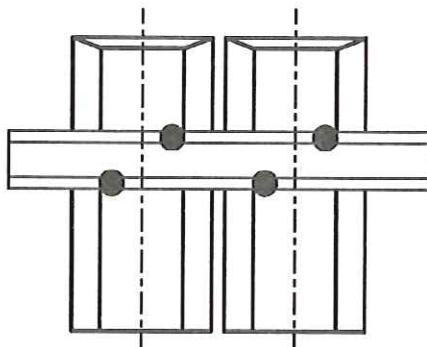


Fig. 8. Configuración de las traviesas en el ensayo dinámico de carga inclinada para sujeciones asimétricas

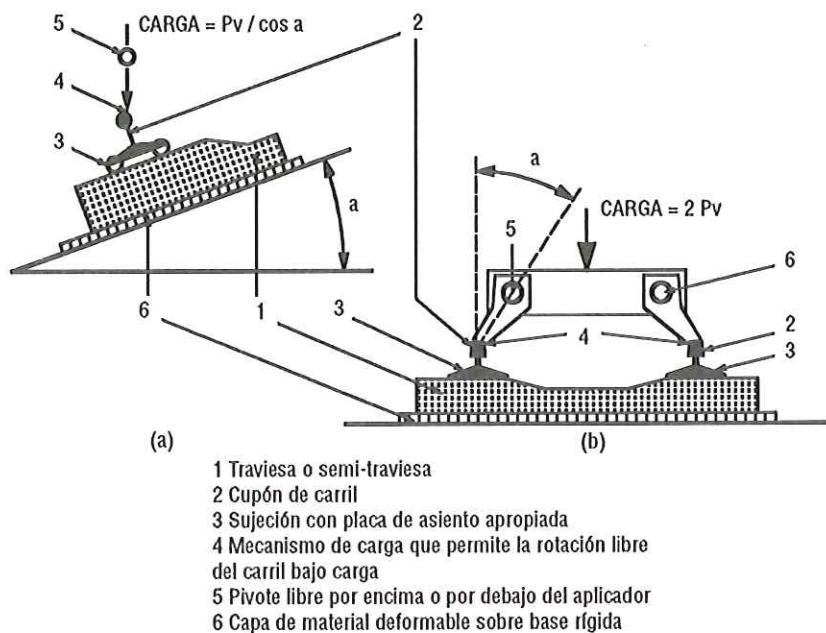


Fig. 9. Configuración del ensayo dinámico de carga inclinada para sujeciones simétricas

### Metodología

Los valores del ángulo  $\alpha$  y la distancia  $x$  de aplicación de la fuerza, se obtienen de la tabla 2 de los apartados 3 y 4, según el tipo de sujeción que se esté ensayando.

La traviesa, o cupón de traviesa, se sitúa sobre un soporte rígido con un apoyo intermedio de un material que pueda adaptarse, como el contrachapado de madera por ejemplo.

Antes de aplicar la carga cíclica se deben realizar los siguientes ensayos:

- Ensayo de fuerza de apriete (N° 2.3.2.1)
- Ensayo de resistencia al deslizamiento longitudinal (N° 2.3.1.1)
- Ensayo de rigidez vertical a 80 kN (N° 2.3.3.1.)

• Ensayo de rigidez vertical secante  $P_0/P_0+75$  (N° 2.3.3.2.)

Una vez dispuesto el conjunto sobre la prensa, el proceso preparatorio consiste en cargarlo hasta la carga máxima P (o 2P si se está analizando los dos asientos sobre la traviesa completa) y descargarlo, con la velocidad de carga definida<sup>13</sup>, no mayor a  $100 \pm 10$  kN/min hasta diez veces. Deberá medirse el máximo desplazamiento relativo del carril a la traviesa durante los tres últimos ciclos, en los seis puntos del cupón del carril señalados en la figura 10. A continuación se reproduce una carga periódica de amplitud constante sobre la cabeza del carril, en la posición e inclinación determinados previamente,  $x$  y  $\alpha$ , durante tres millones de ciclos. La carga variará desde la carga máxima P hasta 5 kN a una frecuencia de 4 Hz. La magnitud de la carga máxima P se obtiene de la tabla 2 de los apartados 3 y 4.

Posteriormente, *sobre el mismo conjunto*, deberán obtenerse, en este orden, la rigidez vertical, la rigidez vertical secante  $P_0/P_0+75$ , la resistencia longitudinal al deslizamiento y la fuerza de apriete.

Finalmente, se debe comprobar visualmente cualquier desgaste o rotura de todos los elementos componentes del sistema de sujeción (anclaje, tope, apoyo y muelle).

### Resultados

$F'$ : Resistencia característica al deslizamiento longitudinal tras el ensayo dinámico, realizado según la metodología del ensayo 2.3.1.1.

$k'$ : Rigidez vertical característica tras el ensayo dinámico, realizado según la metodología del ensayo n° 2.3.3.1.

$k_s'$ : Rigidez vertical secante  $P_0/P_0+75$  tras el ensayo dinámico, realizado según la metodología del ensayo n° 2.3.3.2.

<sup>13</sup> Por imposición de la prensa, la carga inclinada se reproduce inclinando la traviesa o con un aplicador repartidor, en el caso de ensayo sobre dos cupones de carril en sus dos modalidades. ↙

$P_0'$ : Fuerza de apriete tras el ensayo dinámico, realizado según la metodología del ensayo n° 2.3.2.1.

$d_j^c$ : Desplazamientos residuales <sup>14</sup> en los puntos especificados de la cabeza del carril (mm). (figura 10)

$d_j^p$ : id en los puntos especificados del patín (mm) (fig10)

### Especificaciones mínimas

Las especificaciones mínimas serán función del tipo de sujeción a ensayarse.

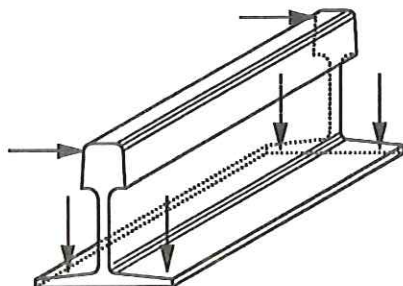


Fig. 10. Puntos de medida del desplazamiento en el ensayo de carga inclinada

### Contenido del informe

El informe justificativo de la realización de este ensayo deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Ensayo n° 2.3.1.3.
2. Nombre del ensayo.
3. Fecha de realización del ensayo.
4. Nombre y dirección del laboratorio que realiza el ensayo.
5. Nombre del sistema de sujeción ensayado.
6. Desglose de los elementos componentes ensayados y relación de sus fabricantes.
7. Variante de ensayo empleada. <sup>15</sup>
8. Marca, modelo y fabricantes de los útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares.

<sup>14</sup> Desplazamientos que se producen a partir de los desplazamientos relativos medidos en los últimos tres ciclos del proceso preparatorio.

9. Valores de los parámetros de ensayo con las gráficas de los ensayos 2.3.1.1, 2.3.3.1, 2.3.3.2. y 2.3.2.1. antes del ensayo dinámico.

10. Resultado, con mención expresa de los resultados parciales del ensayo, y con los de los ensayos 2.3.1.1, 2.3.3.1., 2.3.3.2. y 2.3.2.1 tras el ensayo dinámico.

### Tabla resumen

Ensayo nº 2.3.1.3 Dinámico de carga inclinada	
Ambito	Sistema de sujeción
Normas aplicables	prEN 13146-4: 2002 ERRID 170/RP 5 (sept. 1994) (Apdo. 8.4)
Parámetros del ensayo	Ver Pliego Sujeciones
Resultado 1	Rigidez vertical característica del elemento de apoyo (ensayo 2.3.3.1.)
Especificación máxima	Ver Apartados 3 y 4
Observaciones	Antes y después del ensayo de carga dinámica Indicar si el sistema es simétrico o asimétrico respecto al eje del carril
Resultado 2	Rigidez vertical secante $P_{\sigma}/P_{\sigma}+75$ del elemento de apoyo (ensayo 2.3.3.2.)
Especificación máxima	Ver Apartados 3 y 4
Observaciones	Antes y después del ensayo de carga dinámica Indicar si el sistema es simétrico o asimétrico respecto al eje del carril
Resultado 3	Resistencia característica al deslizamiento longitudinal
Especificación mínima	Ver Apartados 3 y 4
Observaciones	Antes y después del ensayo de carga dinámica. Indicar si se han utilizado una o dos traviesas.
Resultado 4	Fuerza de apriete característica

<sup>15</sup> Carga sobre uno o sobre los dos carriles. Una o dos traviesas, de acuerdo con la norma de referencia.

Especificación mínima	Ver apartados 3 y 4
Observaciones	Antes y después del ensayo de carga dinámica
Resultado 5	Media de los desplazamientos residuales en los puntos del carril después de 3.000.000 de ciclos.
Especificación máxima	Ver Apartados 3 y 4
Observaciones	Tras el ensayo sobre los puntos del carril especificados, en cabeza y palán.
Resultado 6	Desgastes o roturas de los elementos componentes
Especificación mínima	Funcionalidad adecuada en el desmontaje y posterior montaje Ausencia de fisuras o desgastes apreciables.
Observaciones	Inspección visual de los elementos de anclaje, <sup>16</sup> tope, apoyo y muelle

### 2.3.1.4. Ensayo. Resistencia eléctrica sobre el conjunto de la sujeción

#### Principio

Se mide la resistencia eléctrica entre dos cupones de carril fijos a la traviesa mediante la sujeción a ensayarse, mientras el conjunto completo de traviesa, sujeciones y cupones de carril, es humedecido mediante un rociado de agua. Se deberá aplicar un factor de corrección para la conductividad del agua.

#### Justificación

La fijación debe proporcionar un aislamiento de la vía de forma que no se perturbe el funcionamiento normal de las instalaciones eléctricas y de señalización independientemente de las condiciones atmosféricas.

Para la comprobación de las propiedades aislantes de la fijación se efectúa el ensayo de resistencia eléctrica al conjunto del sistema.

<sup>16</sup> La componente del elemento de anclaje embebida en el hormigón deberá seguir manteniendo la seguridad del apriete.

**Parámetros del ensayo**

$C_a$  Conductividad del agua utilizada: 20 a 80 mS/m.<sup>17</sup>

$K_a = 0,03 \times C_a$  Factor de corrección por la conductividad del agua utilizada.

$T_a$  Temperatura del agua utilizada: 10 a 20° C.

$T$  Temperatura ambiente: 15 a 30° C.

$q$  Caudal de agua de cada pulverizador: 8 l/min

$P$  Presión de agua potable: 1 kN/m<sup>2</sup>.

$T$  Tiempo de rociado: 2 min.

AC Corriente alterna: 20 a 40 V, 50 ±15 Hz.

**Útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares**

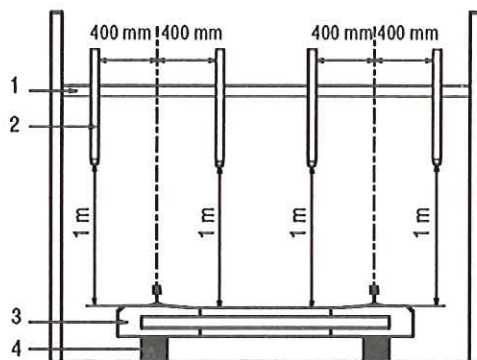
Instrumento	Objeto	Precisión
Dos cupones de carril	Soportar el ensayo	
Vollímetro	Medir voltaje entre carriles	
Medidor de resistencia	Medir resistencia eléctrica entre carriles hasta 30 MΩ	±1 kΩ
Cuatro pulverizadores Ø 3,6 mm/ cono 100-125°	Rociar el caudal estipulado	
Cuatro caudalímetros	Medir el caudal de cada pulverizador	
Estructura soporte	Soportar pulverizadores	
Ploter conectado al medidor de resistencia	Dibujar de una forma continua la resistencia eléctrica durante el ensayo	
Una, o media, traviesa anclada	Soportar el sistema a ensayar	

Además de los útiles y equipos definidos, son necesarios todos los elementos componentes del sistema de sujeción para ejecutar los ensayos.

<sup>17</sup> De acuerdo con la norma ISO 7888:1985



### Configuración del ensayo



- 1 Estructura de riego
- 2 Inyectores
- 3 Traviesas para ensayo
- 4 Apoyos aislados eléctricamente

Fig 11. Configuración del ensayo de resistencia eléctrica

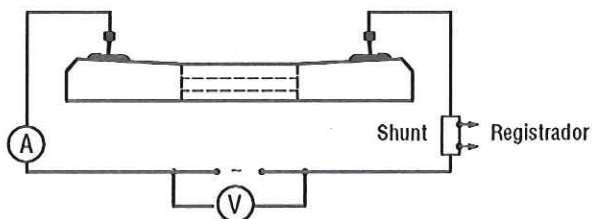


Fig 12. Circuito de medida de la resistencia eléctrica

### Metodología

La resistencia eléctrica se mide entre dos cupones de carril, en perfecto estado, dispuestos sobre una traviesa aislada eléctricamente con todos los elementos del sistema de sujeción a ensayar; tal y como se muestra en la figura 11. Todo el conjunto se humedece mediante rociado de agua con pulverizadores, a una temperatura entre 10 y 20

grados y un caudal de  $7 \pm 1$  l/min, durante dos minutos. Se obtiene la gráfica de la resistencia eléctrica durante el tiempo que dura el rociado y durante un mínimo de diez minutos desde que finaliza el mismo.

El ensayo se repite dos veces más. Si se usa la misma traviesa, se dejará transcurrir 24 horas o el tiempo necesario para que la superficie quede seca.

Se debe realizar una corrección en función de la conductividad del agua utilizada para el ensayo.

### Resultados

$R_{33}$ : Resistencia eléctrica característica del sistema de sujeción.

$$R_{33} = \frac{\sum_1^3 R_{33}^i}{3}$$

$R_{33}^i$ : Resistencia eléctrica corregida para una conductividad del agua de 33 mS/m ( $\Omega$ ) para cada ensayo:

$$R_{33}^i = K_a \times R_{min}^i \quad i \in \{1,2,3\}$$

$R_{min}^i$ : Resistencia eléctrica mínima para cada ensayo ( $\Omega$ )<sup>18</sup>

### Especificación mínima

Ver apartado 4.7.5. para traviesas de hormigón.

Para traviesas de madera no se aplica este ensayo.

### Contenido del informe

El informe justificativo de la realización de este ensayo deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Ensayo n°: 2.3.1.4.
2. Nombre del ensayo.
3. Fecha de realización del ensayo.
4. Nombre y dirección del laboratorio que realiza el ensayo.
5. Nombre del sistema de sujeción ensayado.
6. Desglose de los elementos componentes ensayados y

<sup>18</sup> Obtenida de la gráfica de cada ensayo

relación de sus fabricantes.

7. Marca, modelo y fabricantes de los útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares.

8. Valores de los parámetros de ensayo con sus gráficas.

9. Resultado, con mención expresa de los resultados parciales de cada ensayo.

### Tabla resumen

Ensayo nº 2.3.1.4	Resistencia eléctrica
Ambito	Sistema de sujeción
Norma aplicable	prEN 13146-5: 2002 ISO 7888:1985.
Parámetros de ensayo	$C_a$ : Conductividad del agua utilizada: 20 a 80 mS/m.  $K_a = 0,03 \times C_a$ Factor de corrección por la conductividad del agua utilizada. $T_a$ : Temperatura del agua utilizada: 10 a 20° C $T$ : Temperatura ambiente: 15 a 30° C $q$ : Caudal de agua de cada pulverizador: 8 l/min $P$ : Presión de agua potable: 1 kN/m <sup>2</sup> .  $T$ : Tiempo de rociado: 2 min.  $AC$ : Corriente alterna: 20 a 40 V, 50 ± 15 Hz
Resultado	Resistencia eléctrica característica
Especificación Mínima	Ver Apartado 4.7.5. para traviesas de hormigón Este ensayo no se aplica a traviesas de madera.
Observaciones	Dejar secar completamente la traviesa o traviesas y sujeciones nuevas

### **2.3.1.5. Ensayo. Resistencia a las condiciones ambientales adversas**

#### **Principio**

El sistema de sujeción completo montado sobre traviesa, se somete a efectos de niebla salina. Se registran los efectos sobre la facilidad de desmontar y volver a montar la sujeción y sobre cada uno de sus componentes.

#### **Justificación**

Este ensayo especifica un procedimiento para conocer los efectos de la exposición a condiciones medioambientales severas en los sistemas de sujeción, incidiendo sobre la corrosión de sus elementos metálicos.

Debe exigirse a la fijación la mayor durabilidad posible, mínima como la del carril e igual a la de las traviesas de hormigón para los elementos de anclaje insertados en ellas, sometida a un entorno con condiciones climáticas adversas: hielo, humedad, radiaciones ultravioletas, etc.

Además, las fijaciones se ven sometidas a las formas de contaminación propias de cada lugar (niebla salina o cualquier elemento corrosivo).

Para la comprobación de la resistencia de la fijación frente a los efectos de condiciones atmosféricas extremas se somete al conjunto de la fijación al ensayo de lluvia salina.

#### **Parámetros del ensayo**

t: Tiempo de rociado en lluvia salina: 300 horas.

### Útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares

Instrumento	Objeto	Precisión
Cupón de carril	Forma parte del sistema a ensayar	
Equipo de rociado con agua salina de acuerdo con ISO 9227	Rociar el sistema de sujeción	
Herramientas de montaje/desmontaje	Desmontar, y volver a montar, el sistema de sujeción ensayado	
Una, o media, traviesa	Soportar el sistema a ensayar	

Además de los útiles y equipos definidos, son necesarios todos los elementos componentes del sistema de sujeción para ejecutar los ensayos.

#### Configuración del ensayo

No aplicable

#### Metodología

El sistema, montado sobre un cupón de carril, se somete a una solución salina, mediante rociado, durante un tiempo prefijado, tras el cual se desmontan los componentes y se vuelven a examinar; registrándose de nuevo su aspecto, montándose finalmente.

Se realiza esta operación tres veces sobre nuevos componentes.

#### Resultados

Previamente al montaje, se observan y registran, las condiciones iniciales de cada componente del sistema de sujeción.

Tras cada ensayo hay que registrar cualquier fallo en el desmontaje o montaje del sistema con las herramientas habituales, además de la modificación de aspecto.

#### Especificación mínima

Los efectos producidos no deben afectar a la funcionalidad del sistema tras su desmontaje y posterior montaje en ninguno de los casos.

### Contenido del informe

El informe justificativo de la realización de este ensayo deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Ensayo n° 2.3.1.5.
2. Nombre del ensayo.
3. Fecha de realización del ensayo.
4. Nombre y dirección del laboratorio que realiza el ensayo.
5. Nombre del sistema de sujeción ensayado.
6. Desglose de los elementos componentes ensayados y relación de sus fabricantes.
7. Marca, modelo y fabricantes de los útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares.
8. Descripción de los registros anotados sobre cada ensayo.

### Tabla resumen

Ensayo n° 2.3.1.5	Condiciones ambientales adversas
Ambito	Sistema de sujeción
Normas aplicables	prEN 13146-6: 2002 ISO 9227: 1990
Parámetros del ensayo	300 horas en lluvia salina
Resultado	Cambios funcionales y de aspecto
Especificación mínima	Funcionalidad adecuada en el desmontaje y posterior montaje
Observaciones	Inspección visual de los elementos componentes del sistema de sujeción (anclaje, tope, apoyo y muelle).

## **2.3.2. Ensayos sobre el elemento muelle**

### **2.3.2.1. Ensayo. Fuerza de apriete**

#### **Principio**

Se determina la fuerza de apriete del sistema de sujeción, midiendo la fuerza necesaria para separar el cupón de carril de la superficie donde se encuentra apoyado

#### **Justificación**

El apriete es un parámetro básico del elemento muelle de un sistema elástico de sujeción. Se define un procedimiento de laboratorio para medir la fuerza que transmite el elemento de muelle sobre la base del carril que sujeta. La sujeción debe oponer una resistencia elástica a los movimientos relativos en sentido vertical: debe ser flexible frente a la deflexión del carril y rígida frente al levantamiento.

Además, debe mantener dentro de unos niveles convenientes la progresión del esfuerzo en función del desplazamiento vertical, y proporcionar una coacción permanente entre carril, placa de asiento y la traviesa.

Para determinar la fuerza de apriete característica de los elementos de muelle sobre un carril se efectúa este ensayo.

No se van a considerar los sistemas de sujeción sin elementos de apoyo de carril, como se sugiere en la norma de referencia

#### **Parámetros del ensayo**

$m_i$ : Masa, en kg, de la porción de traviesa<sup>19</sup>, y del conjunto de sujeción utilizados para el ensayo (kg).

$m_e$ : Masa de la estructura aplicadora de carga que está soportada por la traviesa (kg).

$v$ : Velocidad de carga:  $10 \pm 1$  kN/min<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> cuyo centro está aproximadamente en el eje del alojamiento del elemento de apoyo.

<sup>20</sup> La prensa de carga debe conseguir, al menos, esta velocidad de carga

$P_{max}$ : Máxima carga sobre el carril: 20 a 25 kN.

d: Desplazamiento vertical de la traviesa (mm).

$P_i$ : Carga creciente sobre la traviesa, en cada ensayo (kN).

### Útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares

Instrumento	Objeto	Precisión
Cupón de carril	Suspender el conjunto para el ensayo.	
Prensa de carga	Aplicar una carga vertical hacia abajo a la porción de traviesa o trozo de traviesa.	$\pm 0,1$ kN
Ploter y dos trasductores conectados a la prensa	Medir y dibujar de una forma continua la carga aplicada frente a los desplazamientos verticales del sistema relativos al cupón del carril.	$\pm 0,05$ mm
Una traviesa o porción	Elemento de ensayo	

Además de los útiles y equipos definidos, son necesarios todos los elementos componentes del sistema de sujeción para ejecutar los ensayos.

Si la placa de asiento tiene una forma tal que ayuda a su posicionamiento sobre la traviesa, su contorno se puede recortar para facilitar su remoción, de acuerdo a la metodología del ensayo.

La porción de la placa de asiento bajo el patín del carril no podrá ser recortada.



### Configuración del ensayo

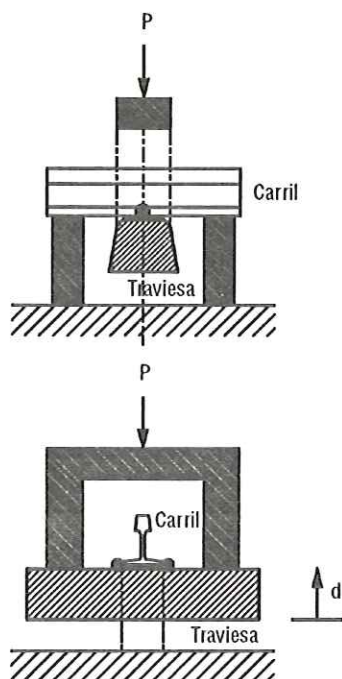


Fig 13. Configuración del ensayo de fuerza de apriete

### Metodología

El conjunto de la sujeción se dispone sobre una porción de traviesa, tal y como se muestra en la figura 13. Todo ello se suspende del carril y se disponen dos transductores de desplazamiento en el eje de la traviesa, en la zona donde apoya el carril.

El ensayo puede hacerse también cuando el carril no apoya directamente sobre la traviesa, sino a través de una pletina nervada metálica (sujeción indirecta), en cuyo caso aplica lo mismo considerando dicha pletina como parte

integrante de la traviesa.

Se ajustan a cero los trasductores de desplazamiento y se aplica una carga creciente  $P^i$  sobre la traviesa. Dicha carga tiende a separar la traviesa del carril, dado que está suspendida de él a través del elemento muelle del sistema de sujeción. Cuando el elemento de apoyo (placa de asiento) queda liberado a una carga  $P_1^{21}$ , se saca de debajo del carril <sup>22</sup> y se reduce la carga, hasta:

$$P_1^i + 0,0098 \times (m_l + m_e)$$

Los casos posibles son:

$\leq 2$  kN o

$> 2$  kN, hasta que se produzca el contacto del carril con la traviesa.

Se mide entonces el desplazamiento vertical de la traviesa.

Posteriormente, se vuelve a cargar con una velocidad de carga  $v$ , obteniéndose la curva carga-desplazamiento.

Cuando el trasductor de desplazamientos pase por el cero, se obtiene la carga  $P_0^i$ . Se continúa cargando hasta una carga  $P_2^i$  tal que:

$$P_2^i + 0,0098 \times (m_l + m_e) = 1,1 \times P_0^i \quad i \in \{1,2,3\}$$

Esta operación se realiza tres veces sobre el mismo conjunto.

<sup>21</sup> Los pesos de la traviesa y de la estructura aplicadora de la carga van a favor de esta carga.

<sup>22</sup> Por eso es necesario preparar, previamente al ensayo, el elemento de apoyo, cortando las aletas que impiden al mismo deslizar bajo el carril, en caso de tenerlas, sin reducir base de apoyo.

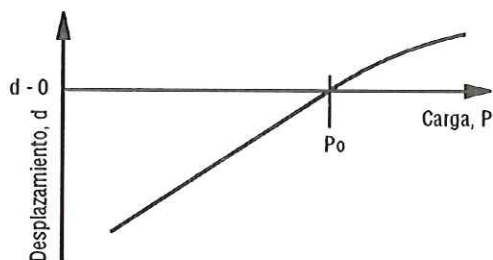


Fig 14. Diagrama Carga-Desplazamiento

### Resultados

Fuerza de apriete característica por carril <sup>23</sup> :

$$P_o = \frac{\sum_1^3 P_o^i}{3}$$

$P_o^i$  Carga vertical en la posición de desplazamiento cero del carril que tan sólo contrarresta la fuerza de apriete de los elementos muelle, en cada uno de los ensayos (kN) <sup>24</sup>

### Especificación mínima

Dada en función de la sujeción ensayada. Ver Apartados 3.7.8. y 4.7.9.

### Contenido del informe

El informe justificativo de la realización de este ensayo deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Ensayo n° 2.3.2.1.
2. Nombre del ensayo.
3. Fecha de realización del ensayo.
4. Nombre y dirección del laboratorio que realiza el ensayo.

<sup>23</sup> De los dos elementos muelle que actúan en cada carril por traviesa.

<sup>24</sup> Cargas obtenidas de las abscisas en el origen de las gráficas correspondientes a cada uno de los ensayos.

5. Nombre del sistema de sujeción ensayado.
6. Desglose de los elementos componentes ensayados y relación de sus fabricantes.
7. Marca, modelo y fabricantes de los útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares.
8. Valores de los parámetros de ensayo con sus gráficas.
9. Resultado, con mención expresa de los resultados parciales de cada ensayo, antes y después del ensayo de carga dinámica.<sup>25</sup>

### Tabla resumen

Ensayo n <sup>o</sup> 2.3.2.1	Fuerza de apriete
Ambito	Elementos de muelle que actúan sobre un carril
Norma aplicable	prEN 13146-7: 2002
Parámetros del ensayo	<p><math>m_t</math> Masa, en kg, de la porción de traviesa y del conjunto de sujeción utilizados para el ensayo (kg)</p> <p><math>m_e</math> Masa de la estructura aplicadora de carga que está soportada por la traviesa (kg).</p> <p><math>v</math> Velocidad de carga: 10 kN/min.</p> <p><math>P_{max}</math> : Máxima carga sobre el carril: 20 a 25 kN.</p> <p><math>d</math> Desplazamiento vertical de la traviesa (mm).</p> <p><math>P'</math> Carga creciente sobre la traviesa, en cada ensayo (kN).</p> <p>Fuerza de apriete característica Depende de la sujeción ensayada. Ver Apartados 3.7.8. v 4.7.9.</p>
Observaciones	Es la fuerza de apriete de los dos elementos muelle que actúan sobre el carril. Antes y después del ensayo dinámico.

<sup>25</sup> Sobre el mismo conjunto ensayado, salvo el elemento de apoyo en ambos casos

### 2.3.3. Ensayos sobre los elementos de apoyo

#### 2.3.3.1. Ensayo: Rigidez vertical a 80 kN

##### Principio

Se aplica una carga vertical en la línea del eje central de la cabeza del carril, perpendicular a su superficie de apoyo, y se mide la deformación que se produce en el elemento de apoyo. La rigidez vertical es la relación entre carga y deformación que se obtiene.

##### Justificación

La elasticidad vertical en un punto entre 80 y 100 kN permite estudiar la capacidad de los elementos de apoyo para amortiguar vibraciones y proteger el balasto frente a las más altas cargas del tráfico.

Para la caracterización del elemento de apoyo del carril bajo carga se le somete al ensayo de rigidez vertical a 80 kN.

##### Parámetros del ensayo

*v*: Velocidad de carga:  $50 \pm 5$  kN/min.<sup>26</sup>

*d*: Media de los cuatro desplazamientos para un elemento de apoyo. Mayor de las dos medias en caso de dos elementos de apoyo (mm).<sup>27</sup>

*n*: Número de elementos de apoyo: 1 o 2 uds.<sup>28</sup>

$Q_{max}$ : Máxima carga aplicada según se trate de un ensayo con uno o dos<sup>29</sup> elementos de apoyo:  $80 \pm 10$  o  $160 \pm 2$  kN.

$Q_{res}$ : Carga residual, según se trate de un ensayo con uno o dos<sup>30</sup> elementos de apoyo: 5 kN o 10 kN repartidos.<sup>31</sup>

<sup>26</sup> La prensa de carga debe poder conseguir esta velocidad de carga.

<sup>27</sup> Según configuración del ensayo.

<sup>28</sup> id

<sup>29</sup> Se debe asegurar el reparto mediante un mecanismo transmisor

<sup>30</sup> id

<sup>31</sup> Se considera que para estas cargas no se producen desplazamientos del carril

### Útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares

Instrumento	Objeto	Precisión
Cupón de carril	Transmitir la carga.	
Prensa de carga	Aplicar una carga vertical al cupón del carril.	$\pm 0,1 \text{ kN}$
Ploter y 4 ó 8 trasductores conectados a la prensa, según configuración utilizada.	Medir en todos los puntos y dibujar al menos en uno de una forma continua la carga aplicada frente a los desplazamientos verticales del cupón relativos a la traviesa.	$\pm 0,01 \text{ mm}$ $\pm 0,3 \text{ kN}$
Una, o dos traviesas ancladas, según la configuración utilizada <sup>32</sup>	Soportar el sistema a ensayar	

Además de los útiles y equipos definidos, son necesarios todos los elementos componentes del sistema de sujeción para ejecutar el ensayo.

### Configuración del ensayo

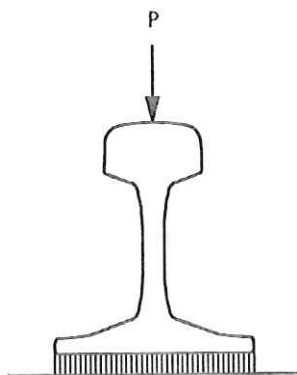


Fig 15.

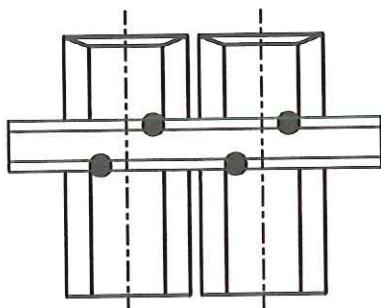


Fig 16. Configuración de las traviesas en el ensayo dinámico de carga inclinada para sujeciones asimétricas

### Metodología

Se distingue entre la configuración con una traviesa para los sistemas de sujeción enfrentados en relación al carril, y con dos traviesas, en los sistemas contrapeados, tal y como se muestra en la figura 16. En ambos casos, el ensayo consiste en aplicar una carga vertical de 80 o 160 kN, respectivamente, sobre un cupón de carril apoyado sobre el elemento, o elementos, de apoyo alojado(s), a su vez, en la(s) traviesa(s), con una velocidad de carga  $v$ . Se mide el desplazamiento vertical del patín en los cuatro puntos relativos a las esquinas de cada elemento de apoyo, o en los ocho, en caso de ensayarse con dos traviesas. Tras un minuto se retira la carga. Se realiza este proceso tres veces. En la tercera ocasión se mide el desplazamiento de cada posición mencionada y se determina  $d$ . Se deberá obtener la curva de deflexión del elemento en, al menos, uno de los cuatro puntos mencionados.

### Resultado

Rigidez vertical característica del elemento de apoyo:

$$k = k^3$$

$k^3$ : Rigidez vertical de la tercera determinación (kN/mm).

$$k = \frac{Q_{max} - Q_{res}}{d \times n} : \text{Rigidez vertical (kN/mm)}.$$

### **Especificación mínima**

Este ensayo se realiza antes y después del ensayo dinámico de carga inclinada descrito en el apartado 2.3.1.3 de este capítulo y sirve para evaluar el comportamiento de la placa de asiento ante ciclos de cargas repetitivos, representativos de los producidos en la vía.

La especificación mínima consiste en la variación del valor de rigidez antes y después del ensayo dinámico de carga inclinada y depende del tipo de sujeción que se esté ensayando. Ver Apartados 3.7.4. y 4.7.4.

### **Contenido del informe**

El informe justificativo de la realización de este ensayo deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Ensayo n° 2.3.4.1.
2. Nombre del ensayo.
3. Fecha de realización del ensayo.
4. Nombre y dirección del laboratorio que realiza el ensayo.
5. Nombre del sistema de sujeción ensayado.
6. Desglose de los elementos componentes ensayados y relación de sus fabricantes.
7. Configuración del ensayo utilizada.
8. Material constitutivo del elemento de apoyo.
9. Marca, modelo y fabricantes de los útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares.
10. Valores de los parámetros de ensayo con sus gráficas.
11. Resultados, antes y después del ensayo de carga dinámica, con mención expresa de los resultados parciales.



### Tabla resumen

Ensayo nº 2.3.4.1	Rigidez vertical a 80 kN
Ambito	Elemento de apoyo
Parámetros del ensayo	<p><math>v</math>: Velocidad de carga: <math>50 \pm 5</math> kN/min</p> <p><math>d</math>: Media de los cuatro desplazamientos para un elemento de apoyo. Mayor de las dos medias en caso de dos elementos de apoyo (mm)</p> <p>M Número de elementos de apoyo: 1 o 2 uds</p> <p><math>Q_{max}</math> Máxima carga aplicada según se trate de un ensayo con uno o dos elementos de apoyo: <math>80 \pm 1</math> o <math>160 \pm 2</math> kN</p> <p><math>Q_{res}</math> Carga residual según se trate de un ensayo con uno o dos elementos de apoyo: 5 kN o 10 kN repartidos</p>
Norma aplicable	prEN 13146-7: 2002 (Apartado 7.3)
Resultado	Rigidez vertical característica
Especificación	Ver Apartados 3.7.4. y 4.7.4.
Observaciones	Antes y después del ensayo de carga dinámica Indicar si el sistema es simétrico o asimétrico respecto al eje del carril

### 2.3.3.2. Ensayo. Rigidez vertical secante

#### Principio

Se aplica una carga vertical en la línea del eje central de la cabeza del carril, perpendicular a su superficie de apoyo, y se mide la deformación que se produce en el elemento de apoyo. La rigidez vertical es la relación entre carga y deformación que se obtiene.

#### Justificación

El estudio comparativo de la rigidez secante en el intervalo de 20 a 100 kN permite conocer el comportamiento de los elementos de apoyo en condiciones normales de explotación.

Por otro lado, si se realiza en el intervalo entre 100 y 200 kN, la comprobación estará relacionada con la protección del elemento de apoyo a la traviesa y al balasto en el caso de cargas excepcionales, que se producen debidas a defectos en el carril, en la rueda o en el asiento de la traviesa en el balasto.

#### Parámetros del ensayo

v: Velocidad de carga:  $5 \pm 1$  kN/min.

dj: Media de los dos desplazamientos para un elemento de apoyo en cada punto de carga, mayor de las dos medias en caso de dos elementos de apoyo (mm).

$Q_1^i, Q_2^i, d_1^i, d_2^i$  Dos puntos de carga (kN), y sus respectivos desplazamientos verticales <sup>33</sup> (mm), en cada ensayo.

#### 2.3.3.2.1. Ensayo. Rigidez vertical secante $P_0 / P_0+75$

$P_0$ : Fuerza de apriete por cada carril (kN) <sup>34</sup> .

$$Q_1^i = Q_1 = P_0$$

$$Q_2^i = Q_2 = P_0+75$$

<sup>33</sup> En cada elemento de apoyo será la media de las lecturas de los dos transductores de desplazamiento.

<sup>34</sup> Determinada en el ensayo N° 3.2.1

**2.3.3.2.2. Ensayo Rigidez vertical secante 100-200**

$$Q_1^i = Q1: 100 \text{ kN}$$

$$Q_2^i = Q2: 200 \text{ kN.}$$

**Útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares**

Instrumento	Objeto	Precisión
Cupón de carril 60 E1	Transmitir la carga.	
Prensa de carga	Aplicar una carga vertical al cupón del carril.	$\pm 0,1 \text{ kN}$
Ploter y 2 trasductores conectados a la prensa	Medir en todos los puntos y dibujar al menos en uno de una forma continua la carga aplicada frente a los desplazamientos verticales del cupón relativos a la traviesa.	$\pm 0,01 \text{ mm}$ $\pm 0,3 \text{ kN}$
Una o dos traviesas ancladas, <sup>35</sup> según la configuración utilizada	Soportar el sistema a ensayar	

Además de los útiles y equipos definidos, *son necesarios todos los elementos componentes del sistema de sujeción para ejecutar el ensayo.*

**Configuración del ensayo**

La configuración del ensayo es similar a la del ensayo 2.3.3.1 de Rigidez Vertical a 80 kN, descrito en las figuras 15 y 16.

**Metodología**

El ensayo consiste en aplicar una carga vertical sobre un cupón de carril apoyado sobre el elemento de apoyo alojado, a su vez, en la traviesa, con una velocidad de carga  $v$ . La carga  $P$  y la superficie de la placa de asiento son, en este ensayo, perpendiculares (para ello habrá que acuñar

<sup>35</sup> Se pueden utilizar medias traviesas

convenientemente la traviesa). Se miden los desplazamientos mediante dos comparadores posicionados en el eje del elemento de apoyo sobre los extremos del patín. El sistema de fijación no estará apretado.

Tras un minuto se retira la carga. Se realiza este proceso tres veces. En la tercera ocasión se mide el desplazamiento de cada posición mencionada y se determina  $d$ . Se obtendrá la curva de deflexión del elemento en, al menos, uno de los dos puntos mencionados.

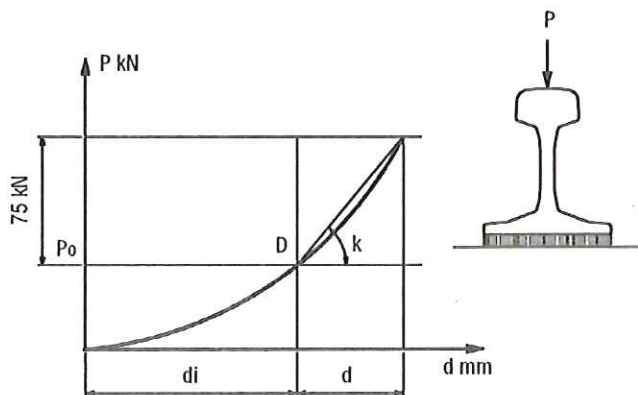


Fig 17.

Se deja un intervalo de 2 a 10 minutos entre cada determinación, valiendo el último resultado.

### Resultados

Rigidez secante:

$$k_s = k_s^3$$

$k_s^3$ : Rigidez vertical de la tercera determinación (kN/mm).

$$k_s = \frac{Q_1 - Q_2}{d_1 - d_2} \quad : \text{Rigidez vertical secante en cada ensayo (kN/mm).}$$

Caso de configuración con dos elementos de apoyo:

$$k_s = \frac{Q_1 - Q_2}{\text{máx}(d_1 - d_2)} \quad 36$$

### Especificaciones mínimas

Rigidez vertical secante entre  $P_0$  y  $P_0+75$  kN

$80 \leq k_s \leq 125$  kN/mm

Rigidez vertical secante entre 100 y 200 kN <sup>37</sup>

$k_s \leq 300$  kN/mm

### Contenido del informe

El informe justificativo de la realización de este ensayo deberá contener; como mínimo, la siguiente información:

1. Ensayo n° 2.3.3.2.
2. Nombre del ensayo.
3. Fecha de realización del ensayo.
4. Nombre y dirección del laboratorio que realiza el ensayo.
5. Nombre del sistema de sujeción ensayado.
6. Desglose de los elementos componentes ensayados y relación de sus fabricantes.
7. Configuración del ensayo utilizada.
8. Material constitutivo del elemento de apoyo.
9. Marca, modelo y fabricantes de los útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares.
10. Valores de los parámetros de ensayo con sus gráficas.
11. Resultado, con mención expresa de los resultados parciales de cada ensayo, antes y después del ensayo dinámico de carga inclinada.

<sup>36</sup> Se emplea la mayor diferencia de las medias de los dos desplazamientos por elemento de apoyo

<sup>37</sup> Es independiente de la ejecución del ensayo dinámico. Se realizará como ensayo aparte con componentes totalmente distintas a la batería de ensayos previos y posteriores al ensayo dinámico de carga inclinada.

**Tabla resumen**

Ensayo n.º 2.3.3.2	Rigidez vertical (secante)
Ambito	Elemento de apoyo
Parámetros del ensayo	$v$ : Velocidad de carga: $5 \pm 1$ kN/min $D_j$ : Media de los dos desplazamientos para un elemento de apoyo en cada punto de carga (mm). Cargas $P_0$ , $P_0 + 75$ , 100 y 200 kN.
Norma aplicable	ERRI D 170/RP 5 (sept. 1994) (Apdo. 8.2)
Resultado	Rigidez secante $P_0 / P_0 + 75$ kN ó 100 / 200
Especificación	$P_0 / P_0 + 75$ : 80 £ k <sub>s</sub> £ 125 kN/mm 100 / 200: K £ 300 kN/mm
Observaciones	Antes y después del ensayo de carga dinámica entre $P_0$ y $P_0 + 75$ kN Antes del ensayo de carga dinámica entre 100 y 200 kN

**2.3.3.3. Ensayo. Atenuación de impactos****Principio**

Se aplica una carga de impacto dejando caer una masa sobre la cabeza del carril sujeto a una traviesa de hormigón. El efecto del impacto se mide como una deformación en la traviesa.

La atenuación del impacto se determina comparando la tensión provocada utilizando una placa de referencia de bajo nivel de atenuación en la sujeción, y la placa a ensayarse, en la misma sujeción.

**Justificación**

Las imperfecciones de las superficies de las ruedas y los carriles, combinadas con las irregularidades del sistema de apoyo de la superestructura, losas o balasto, son la causa de las cargas de impacto en la vía. Dichas cargas se ven acrecentadas a medida que aumentan las velocidades. El diseño y los materiales constitutivos de los elementos de

apoyo de carril deben procurar aislar o atenuar las mayores cargas.

Debe repartir la presión carril/travesía y escalar los esfuerzos verticales para una mejor conservación de la nivelación de la vía.

Para la comprobación de la aptitud del elemento de apoyo del carril frente a estas solicitaciones se le somete al ensayo de atenuación de impactos.

### Parámetros del ensayo

$$\alpha_s^i = 100 \times \frac{1 - \varepsilon_s^i}{\varepsilon_{sr}} \quad [i \in \{1,2,3\}];$$

Atenuación en la zona superior de la travesía en cada ensayo (%).

$\varepsilon_s^i$ : Máxima deformación en la zona superior de la travesía en cada ensayo.

$\varepsilon_{sr}$ : Media de las máximas deformaciones en la zona superior de la travesía con el elemento de apoyo de referencia (estándar) en tres ensayos.

$$\alpha_i^i = 100 \times \frac{1 - \varepsilon_i^i}{\varepsilon_{ir}} \quad [i \in \{1,2,3\}];$$

Atenuación en la zona inferior de la travesía en cada ensayo (%).

$\varepsilon_i^i$ : Máxima deformación en la zona inferior de la travesía en cada ensayo.

$\varepsilon_{ir}$ : Media de las máximas deformaciones en la zona inferior de la travesía con el elemento de apoyo de referencia (estándar) en tres ensayos.

Los valores de deformación se obtienen de las gráficas de deformación frente al tiempo en las zonas galgadas.

$h$ : Altura de lanzamiento (m)

$m$ : Masa lanzada (Kg)

$Q$ : Carga de impacto: 100 kN <sup>38</sup>

<sup>38</sup> Se fija la carga de impacto, para evitar variaciones según cada tipo de travesía

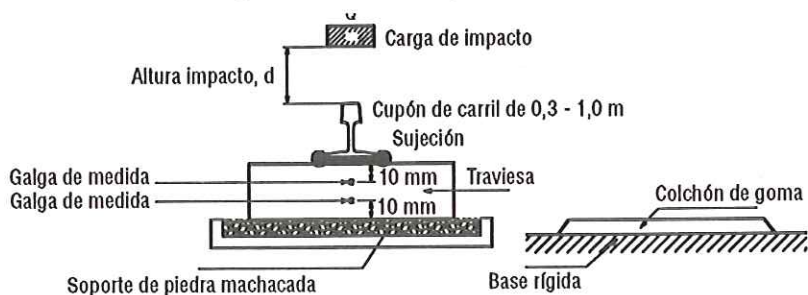
### Útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares

Instrumento	Objeto	Precisión
Cupón de carril (0,3-1 m)	Recibir el impacto y transmitir la carga.	
Equipo de impacto	Aplicar una carga de impacto al cupón del carril mediante lanzamiento de una masa desde una altura determinada..	
2 galgas de deformación de 100 a 120 mm	Medir deformaciones en puntos concretos de la traviesa.	
Ploter y galgas conectados a la traviesa	Medir y dibujar de una forma continua la evolución en el tiempo de las deformaciones en puntos concretos de la traviesa.	≥ 0,1 ms ± 0,1 mV
Una sin fisuras	Soportar el sistema a ensayar	
Soporte de la traviesa: piedra machacada o soporte de caucho sobre apoyo firme.	Dar apoyo continuo bajo traviesa	Asiento 0,1 ≤ a ≤ mm con carga t 50 a 60 kN sobi un elemento de apoyo del carril

Además de los útiles y equipos definidos, son necesarios todos los elementos componentes del sistema de sujeción para ejecutar los ensayos.



### Configuración del ensayo



APOYO DE TRAVIESA ALTERNATIVO

Fig 18. Configuración del ensayo de atenuación de impactos

### Metodología

Se miden las deformaciones sobre la traviesa<sup>39</sup> debidas al impacto sobre la cabeza de un cupón de carril por caída libre de un determinado peso desde una determinada altura. El cupón se debe fijar con el sistema de sujeción a ensayar sobre una traviesa dispuesta, a su vez, sobre una bancada de balasto, alternativamente, de caucho, tal y como se muestra en la figura 18.

La atenuación de impactos de un determinado diseño y material de elemento de apoyo se mide a través del porcentaje de reducción de las deformaciones de la traviesa en relación con el valor obtenido del mismo ensayo con un elemento de apoyo o placa de asiento estándar, de copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA) o de polietileno de alta densidad y alto peso molecular (HDPE), de 5 mm de espesor y lisa, con una rigidez no inferior a 500 kN/mm. Si el sistema de sujeción va a trabajar con una placa de espesor mayor que los 5 mm de la placa estándar,

<sup>39</sup> Mediante dos galgas de deformación paralelas a la base de la traviesa, a 10 mm bajo el eje de la parte superior del elemento de apoyo, y a 10 mm sobre la base de la traviesa en la misma vertical.

dar, es necesario suplementarla sobre el mismo sistema de sujeción con una lámina de aluminio.

El peso, material impactante y altura del ensayo están limitados a que se produzca una carga de impacto  $Q$ , comprobándose, con la placa estándar de referencia, que la deformación no sea superior al 80 % de la nominal de fisuración de la traviesa en los puntos instrumentados.<sup>40</sup> En cada ensayo se mide, mediante galgas de deformación, la máxima deformación que se produce en dos puntos laterales de la traviesa, cercanos a sus caras inferior y superior, y centrados bajo el elemento de apoyo.

El ensayo se repite tres veces tanto para la placa de referencia como para la placa a ensayar:

### Resultados

Atenuación de impacto característica del elemento de apoyo:

$$a = \frac{\sum_1^3 a^i}{3}$$

$$a^i = \frac{a_s^i + a_i^i}{2} \quad [i \in \{1,2,3\}]: \text{Atenuación del elemento de apoyo en cada ensayo (\%)}$$

### Especificación mínima

Las especificaciones mínimas para sujeciones sobre traviesas de hormigón se detallan en el Apartado 4.7.3.

Las sujeciones sobre traviesas de madera no requieren este ensayo.

### Contenido del informe

El informe justificativo de la realización de este ensayo deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Ensayo n° 2.3.3.3.
2. Nombre del ensayo.

<sup>40</sup> El fabricante de la traviesa deberá aportar los cálculos justificativos de este punto.

3. Fecha de realización del ensayo.
4. Nombre y dirección del laboratorio que realiza el ensayo.
5. Nombre del sistema de sujeción ensayado.
6. Desglose de los elementos componentes ensayados y relación de sus fabricantes.
7. Cálculos justificativos del fabricante de la traviesa.
8. Configuración del ensayo utilizada.
9. Materiales constitutivos de los elementos de apoyo utilizados, estándar y ensayado.
10. Marca, modelo y fabricantes de los útiles de medida, equipos de ensayo y auxiliares.
11. Valores de los parámetros de ensayo con sus gráficas respectivas.
12. Resultado, con mención expresa de los resultados parciales de cada ensayo.

### Tabla resumen

Ensayo nº 2.3.3.3. Atenuación de impacto	
Ambito	Elemento de apoyo
Norma aplicable	prEN 13146-3: 2002
Parámetros de ensayo	Atenuación en la zona superior de la traviesa en cada ensayo (%). $a'_s = 100 \times \frac{1 - \epsilon'_s}{\epsilon_v}$ Atenuación en la zona inferior de la traviesa en cada ensayo (%). $a'_i = 100 \times \frac{1 - \epsilon'_i}{\epsilon_v}$ h: Altura de lanzamiento (m) m: Masa lanzada (Kg) Q: Carga de impacto: 100 kN
Resultado	Atenuación característica de impacto.
Especificación mínima	A definir por el comprador
Observaciones	Indicar material constitutivo de la placa de referencia utilizada y ensayada.

## 2.4 Tabla secuencia de ensayos

N° Orden	Ensayo	Apartado Pliego	Especificación	Observaciones al ensayo
1	Fuerza de apriete	2.3.2.1	$P_0 \geq 17 \text{ kN}$	Se parte de componentes nuevas. 3 veces sobre las mismas componentes <sup>1</sup> . Permitir el aflojado para la introducción de la placa de asiento a ensayar.
2	Rigidez vertical secante $P_0/P_{0+75}$	2.3.3.2.	$80 \leq k \leq 125 \text{ kN/mm}$	Se parte de componentes del ensayo anterior. 3 veces sobre las mismas componentes. Curva adecuada. En este ensayo no se aprieta el sistema de sujeción.
3	Resistencia al deslizamiento longitudinal	2.3.1.1	$F \geq 7 \text{ kN}$	Se parte de componentes <sup>2</sup> del ensayo anterior. 4 veces sobre las mismas componentes. A partir de este ensayo el sistema de sujeción se aprieta según fabricante
4	Rigidez vertical a 80 kN	2.3.3.1.	$k \leq 150 \text{ kN/mm}$	Se parte de componentes del ensayo anterior. 3 veces sobre las mismas componentes.
5	Dinámico de carga inclinada	2.3.1.3	$D^* \leq 1 \text{ mm}$ $D_p \leq 0,5 \text{ mm}$ Funcionalidad <sup>43</sup>	Se parte de componentes del ensayo anterior. 1 vez sobre las mismas componentes.
6	Rigidez vertical a 80 kN	2.3.3.1.	$k' \leq 1,25 \text{ k}$	Se parte de componentes del ensayo anterior. 3 veces sobre las mismas componentes.
7	Resistencia al deslizamiento longitudinal	2.3.1.1	$F^* \geq 0,8 F$	Se parte de componentes del ensayo anterior. 4 veces sobre las mismas componentes.

8	Fuerza de apriete	2.3.2.1 $P_0 \geq 0,8P_0$	Se parte de componentes del ensayo anterior. 3 veces sobre las mismas componentes. <sup>44</sup> Se permite romper patillas de placa de asiento para su extracción
9	Rigidez vertical secante $P_0/P_0+7/5$	2.3.3.2. $K' \leq 1,25 K_0$	Se parte de componentes del ensayo anterior. 3 veces sobre las mismas componentes. Cuiña adecuada. En este ensayo no se aprieta el sistema de sujeción.
10	Rigidez vertical secante 100/200	2.3.3.2. $K \leq 300 \text{ kN/mm}$	Se parte de componentes nuevas. 3 veces sobre las mismas componentes. Cuiña adecuada.
11	Atenuación de impactos	2.3.3.3. $a > 25\%$	Se parte de componentes nuevas. 3 veces sobre las mismas componentes <sup>45</sup>
12	Carga vertical	2.3.3.1 $Q_{\text{mín}} \geq 60 \text{ kN}^{46}$	Se parte de componentes nuevas. 1 vez sobre las mismas componentes.
13	Resistencia a la torsión	2.3.1.2 $M \geq 0,75 \text{ kN x m}$	Se parte de componentes nuevas. 3 veces sobre las mismas componentes.
14	Resistencia eléctrica	2.3.1.4 $R_{33} \geq 5 \text{ k}\Omega$	Se parte de componentes nuevas. 3 veces sobre componentes nuevas cada vez.
15	Condiciones ambientales adversas	2.3.1.5 Funcionalidad <sup>47</sup>	Se parte de componentes nuevas. 3 veces sobre componentes nuevas cada vez.

<sup>44</sup> Se emplea el elemento de apoyo del primer ensayo

<sup>45</sup> Tanto para la placa a ensayar, como para la placa de referencia

<sup>46</sup> En función de las exigencias previstas se puede aumentar la carga a 80 kN. Al retirar la carga no debe producirse impacto. Después del ensayo no debe existir ningún daño en el sistema

<sup>47</sup> No afectada tras su desmontaje y posterior montaje en ninguno de los casos.

## **2.5. Información adicional**

Cada suministrador deberá elaborar, para el sistema de sujeción que se pretenda instalar, una tabla o dossier que contenga, al menos, la siguiente información:

- Fechas de instalación de la misma.
- País.
- Línea.
- Localización.
- Tonelaje anual (MTBR/año) soportado.
- Carga máxima por eje ( $T_n$ ).
- Radio (m) de las curvas en su ubicación.
- Peralte (mm) en su ubicación.
- Velocidad comercial (km/h) de franqueamiento.
- Número de traviesas instaladas con el sistema de sujeción referenciado.

### **3. Sistemas de sujeción para traviesas de madera**

#### **3.1. Prólogo**

La presente norma no sustituye a ninguna norma latino-americana existente y vigente a la fecha.

#### **3.2. Introducción**

Se ha incluido un requisito para la retención longitudinal (o resistencia al movimiento longitudinal) de carril, para controlar el deslizamiento y tracción en el caso de un carril roto.

Se ha incluido la medida de la resistencia a la torsión, para poder usarla en el análisis del riesgo del alabeo de la vía. La prueba en laboratorio del efecto de las cargas repetidas es el medio de evaluar la prestación potencial a largo plazo de las sujeciones en la vía.

El test de la fuerza de fijación sólo es adecuado para su uso en laboratorio.

#### **3.3. Ambito de aplicación**

Esta norma es aplicable para aquellos sistemas de sujeción que se utilicen en la vía sobre balasto con traviesas de madera dura, teniendo dicha vía un radio de curvatura mayor de 80 metros y estando sujeta a una carga máxima por eje, según diseño, de 260 kN.

Los requisitos se aplican tanto a los sistemas de sujeción directos como a los que incorporan un componente flexible de fijación del carril. No son aplicables a los sistemas de sujeción rígidos.

Esta norma es aplicable solamente para la aprobación de tipos de sistemas de sujeción.

#### **3.4. Referencias normativas**

Esta norma contiene indicaciones que remiten a disposiciones contenidas en otras publicaciones, fechadas o sin fechar. Estas referencias normativas están citadas en los lugares correspondientes del texto y las publicaciones

están recogidas en la lista que aparece a continuación. En el caso de las referencias normativas fechadas, las posteriores modificaciones o revisiones de estas publicaciones sólo pertenecerán a esta norma si son introducidas también en ella por medio de las correspondientes modificaciones o revisiones. En el caso de referencias no fechadas, será de aplicación la última edición vigente de la publicación indicada en la referencia.

---

EN AAA-1	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Requisitos de las prestaciones de los sistemas de sujeción. Parte 1. Definiciones
EN AAA-2	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Requisitos de las prestaciones de los sistemas de sujeción. Parte 2. Sistemas de sujeción para traviesas de hormigón
prEN 13146-1	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 1. Determinación de la resistencia al movimiento longitudinal del carril. Mayo 2002.
prEN 13146-2	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 2. Determinación de la resistencia a la torsión. Mayo 2002.
prEN 13146-4	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 4. Efecto de las cargas repetidas. Mayo 2002.
prEN 13146-6	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 6. Efecto de la exposición a las condiciones ambientales severas. Mayo 2002.
prEN 13146-7	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 7. Determinación de la fuerza de sujeción. Mayo 2002.
prEN 13146-8	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 8. Prueba en servicio
EN YYY	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Carriles pesados. Parte 1. Carriles tipo Vignole, simétricos, de 46 Kg/m y más
prEN 13145	Aplicaciones ferroviarias. Vía. Traviesas de madera y soportes

---



### 3.5. Definiciones

Para los propósitos de esta norma se aplican las definiciones recogidas en el Apartado 1. Definiciones.

### 3.6. Símbolos

L	Componente lateral de la fuerza transmitida por la rueda a la cabeza del carril, como se muestra en la figura 2, expresada en kN NOTA: $L/V = P_L/P_V = \text{tg } \alpha$
$P_L$	Componente de la carga paralela a la base de la traviesa, en kN
$P_V$	Componente de la carga perpendicular a la base de la traviesa, en kN
V	Componente vertical de la fuerza transmitida por la rueda a la cabeza del carril, como se muestra en la figura 2, expresada en kN
X	Distancia de la línea de aplicación de $P_L$ al centro de curvatura de la esquina de la cabeza del carril (ver figura 2), en mm
$\alpha$	Angulo entre la línea de aplicación de la carga y una línea perpendicular a la base de la traviesa, en grados.

### 3.7. Requisitos

#### 3.7.1. Generalidades

Los siguientes requisitos son de aplicación para los sistemas de sujeción cuando se prueban en conjunción con las traviesas de madera dura, que cumplen la norma prEN 13145 o la de vigencia en el país de aplicación.

#### 3.7.2. Resistencia al movimiento longitudinal del carril

La resistencia al movimiento longitudinal del carril no será inferior a 7 kN, cuando se mida por el procedimiento indicado en el Apartado 2, Ensayo N° 1 de la presente Norma (prEN 13146-1) y el resultado se incluirá en un informe.

### 3.7.3. Resistencia a la torsión

La resistencia a la torsión se medirá por el procedimiento indicado en el Apartado 2, Ensayo N° 2 de la presente Norma (prEN 13146-2) y el resultado se incluirá en un informe.

### 3.7.4. Efectos de la carga repetida

Estos se determinarán por el procedimiento indicado en el Apartado N° 2, Ensayo N° 4 de la presente Norma (prEN 13146-4).

El valor de  $P_V / \cos \alpha$  se tomará de la tabla 2 para el diseño del conjunto que se está probando. Los valores en la tabla 2 han sido obtenidos para las clases de vía que se muestran en la tabla 1. Para conjuntos que no tienen placa de asiento intermedia, se utilizará la carga de prueba y la posición, como si fuera para la rigidez de la placa  $> 150$  MN/m. La rigidez de la placa de asiento intermedia es la rigidez dinámica vertical medida a (3 – 5) Hz, de acuerdo con el anexo B de la EN AAA-2.

La figura 1 muestra una sección de carril reducida, que puede ser utilizada como una alternativa para las disposiciones de aplicación de la carga, que se muestran en el Ensayo N° 4 (prEN 13146-4).

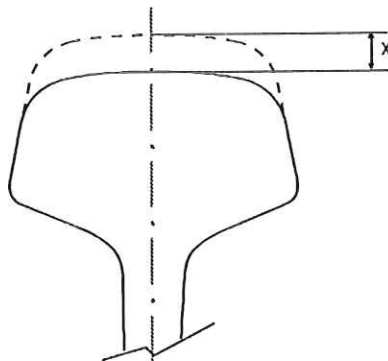


Fig 1. Sección de carril, reducida, para la aplicación de cargas

**Nota 1:**  $x$  está definida en 3.7.4. e ilustrada en la figura 2

**Nota 2:** esta sección reducida de carril no se usa cuando

**Tabla 1: Valores de referencia para la prueba del efecto de carga repetida**

Tipo de vía	Línea principal	Carril ligero
Sección de carril	60 E 1	40 Kg/m
Carga por eje, kN	225	100
Radio de la curva, m	> 400 (placa blanda) > 150 ≤ 400 (placa med/dura)	> 80 (todas las placas)

NOTA: La rigidez de las placas se indica sólo para efectos de la prueba. No se debe tomar como una recomendación para la rigidez de las placas que hay que usar en la vía.

$x \geq 50\%$  de la profundidad de la cabeza del carril

Las placas de asiento intermedias se clasifican como sigue:

Blanda: rigidez < 80 MN/m

Media: rigidez  $\geq 80 < 150$  MN/m

Dura: rigidez  $\geq 150$  MN/m

Las siguientes medidas se llevarán a cabo antes y después de la carga repetida. El cambio en el comportamiento no excederá de los valores mostrados.

Resistencia al movimiento longitudinal del carril (prEN 13146-1) cambio  $\leq 20\%$

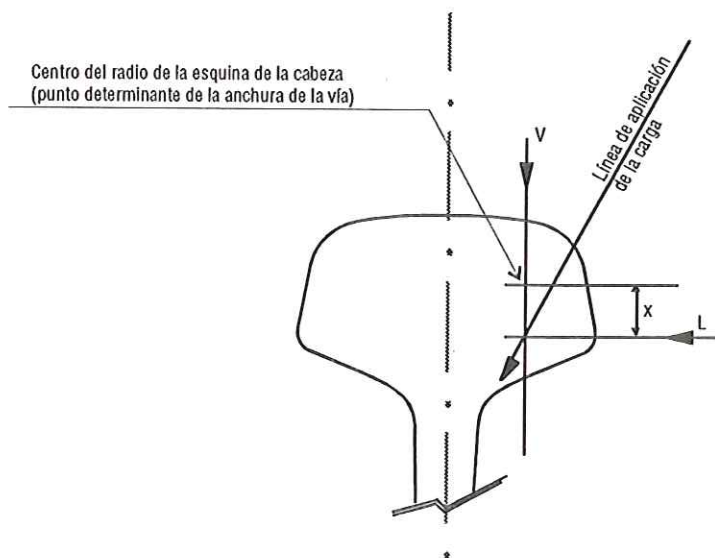
Rigidez vertical (prEN 13146-4) cambio  $\leq 25\%$

Fuerza de sujeción (prEN 13146-7) cambio  $\leq 20\%$

**Tabla 2: Posiciones y cargas de prueba**

Tipo de vía	Línea principal			Carril ligero
	<80	80 - 150	> 150	Cualquiera
Rigidez de la placa (MN/m)	<80	80 - 150	> 150	Cualquiera
Máx. carga, $P_V / \cos \alpha$ (kN)	70	75	83	55
L/V	0,50	0,65	0,65	0,80
$\alpha^\circ$	26	33	33	38,6
Posición de carga X en la figura 2 (mm)	15	15	15	25

NOTA: Las pruebas de carga se aplican sólo a las secciones (perfiles) de carril incluidas en la EN YYY, excluyendo a la 49 E4



**Fig 2. Posición de la aplicación de la carga**

### 3.7.5. Efectos de las condiciones medioambientales severas

Se determinarán de acuerdo con el Apartado N° 2, Ensayo N° 6 (prEN 13146-6). Después de la exposición a la niebla salina, el conjunto de sujeción deberá poder ser desmontado y vuelto a montar, sin que falle ningún componente, utilizando las herramientas manuales previstas para este propósito.

### 3.7.6. Dimensiones

Las dimensiones globales deben estar dentro de la envolvente que se muestra en la figura 3, para evitar interferencias con los vehículos, incluidos los vehículos de mantenimiento de vía.

*Nota.* Esto es aplicable a todas las secciones de carril incluidos en la EN YYY, pero excluyendo la sección 49 E4.

*NOTA:* la envolvente es simétrica con respecto a la línea central del carril.

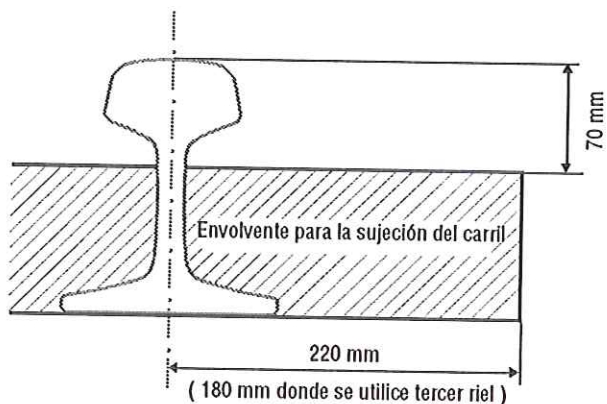


Fig 3. Envolvente para la sujeción de carril

### **3.7.7. Ancho de vía**

El diseño del conjunto de sujeción, incluyendo las placas de asiento, no contribuirá en más de 2 mm a la variación del ancho de vía. El proveedor aportará los cálculos, que incluyan las tolerancias en todas las partes componentes, para mostrar la máxima variación en la posición del punto determinante de la anchura de vía sobre la cabeza de la vía, en un plano horizontal, que puede tener lugar utilizando las dimensiones nominales de diseño de la EN YYY para la sección (perfil) de carril en cuestión.

### **3.7.8. Fuerza de sujeción**

Se determinará por medio del procedimiento indicado en el Apartado N° 2, Ensayo N° 7 (prEN 13146-7). El resultado se incluirá en un informe.

### **3.7.9. Prueba en servicio**

Si es solicitado por el usuario, se llevará a cabo la prueba en servicio, de acuerdo con lo indicado en la prEN 13146-8. El comportamiento en todas las medidas y observaciones será igual a, o mejor que, el del sistema de sujeción de referencia.

## **3.8. Muestras para las pruebas**

Cuando se usen para las pruebas de aprobación de tipo, las muestras para las pruebas deberán ser proporcionadas por la autoridad que hace la recepción de la prueba.

## **3.9. Clasificación**

La Tabla I da unos valores de referencia para la prueba del efecto de las cargas repetidas. La máxima carga por eje que se asume para la línea principal es de 260 kN y para los sistemas de carril ligero es de 130 kN.

## **3.10. Adecuación al propósito**

Para asegurar su adecuación al propósito, el conjunto completo de sujeción deberá satisfacer los requisitos de esta norma. Los componentes individuales de los conjuntos que satisfacen los requisitos de esta norma se deberán

especificar por medio de la utilización de las correspondientes fichas UIC o normas ISO. Si no existen las normas adecuadas, las especificaciones de los componentes individuales serán proporcionadas por el proveedor; al mismo tiempo que el conjunto se presenta para la prueba. El proveedor utilizará un sistema de gestión de la calidad para asegurar que todos los componentes cumplen con los requisitos de la especificación correspondiente.

### **3.11. Marcado, etiquetado y embalaje**

Si hay espacio adecuado para ello y no tiene efecto sobre el comportamiento de cada componente, éste se marcará de forma permanente por medio de símbolos o letras en relieve o estampados, que identifiquen al fabricante e incluyan la referencia particular del componente. Si los componentes están empaquetados en recipientes o contenedores, cada uno de éstos deberá estar etiquetado con los detalles de los componentes y con el número del lote de producción o la fecha de fabricación

## **4. Sistemas de sujeción para traviesas de hormigón**

### **4.1. Prólogo**

La presente norma no sustituye a ninguna norma latinoamericana existente y vigente a la fecha.

### **4.2. Introducción**

Se ha incluido un requisito para la retención longitudinal o resistencia al movimiento longitudinal del carril, para controlar el deslizamiento y tracción en el caso de un carril roto.

Se ha incluido la medida de la resistencia a la torsión, para poder utilizarla en el análisis del riesgo de alabeo de la vía. Se ha incluido una clase de alta atenuación de la carga dinámica, para que sea utilizada cuando resulte necesario para proteger a las traviesas y al balasto de los impactos producidos por los vehículos.

El ensayo en laboratorio del efecto de las cargas repetidas es el medio de evaluar la prestación potencial a largo plazo de las sujeciones en la vía.

El ensayo de la fuerza de fijación sólo es adecuado para su uso en laboratorio.

### **4.3. Ambito de aplicación**

La presente norma es aplicable para los sistemas de sujeción que se utilicen en la vía sobre balasto con traviesas de hormigón, teniendo dicha vía un radio de curvatura mayor de 80 metros y estando sujeta a una carga máxima por eje, según diseño, de 260 kN.

Los requisitos se aplican tanto a los sistemas de sujeción directos como a los indirectos que incorporan placa de asiento. No son aplicables a los sistemas especiales de sujeción utilizados en las juntas atornilladas o con pernos. Esta norma es de aplicación sólo para la aprobación de tipos de sistemas de sujeción.



#### 4.4. Referencias normativas

Esta norma contiene indicaciones que remiten a disposiciones contenidas en otras publicaciones, fechadas o sin fechar. Estas referencias normativas están citadas en los lugares correspondientes del texto y las publicaciones están recogidas en la lista que aparece a continuación. En el caso de las referencias normativas fechadas, las posteriores modificaciones o revisiones de estas publicaciones sólo pertenecerán a esta norma si son introducidas también en ella por medio de las correspondientes modificaciones o revisiones; en el caso de referencias no fechadas, será de aplicación la última edición vigente de la publicación indicada en la referencia.

EN AAA – I Aplicaciones ferroviarias – Vía – Requisitos de las prestaciones de los sistemas de sujeción. Parte 1: Definiciones

prEN 13146 – I Aplicaciones ferroviarias – Vía - Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 1.

Determinación de la resistencia al movimiento longitudinal del carril. Mayo 2002.

prEN 13146 – 2 Aplicaciones ferroviarias – Vía - Métodos de pruebas para los sistemas de sujeción. Parte 2.

Determinación de la resistencia a la torsión. Mayo 2002.

prEN 13146 – 3 Aplicaciones ferroviarias – Vía - Parte 3.

Determinación de la atenuación de las cargas de impacto. Mayo 2002.

prEN 13146 – 4 Aplicaciones ferroviarias – Vía - Parte 4.

Efecto de las cargas repetidas. Mayo 2002.

prEN 13146 – 5 Aplicaciones ferroviarias – Vía - Parte 5.

Determinación de la resistencia eléctrica. Mayo 2002.

prEN 13146 – 6 Aplicaciones ferroviarias – Vía. Parte 6.

Efecto de la exposición a las condiciones ambientales severas. Marzo 1998.

prEN 13146 – 7 Aplicaciones ferroviarias – Vía. Parte 7.

Determinación de la fuerza de sujeción. Mayo 2002.

prEN 13146 – 8 Aplicaciones ferroviarias – Vía. Parte 8. Prueba en servicio.

prEN 13230 – 1 Aplicaciones ferroviarias – Vía – Soportes y traviesas de hormigón. Parte 1: Requisitos generales

EN YYY – Aplicaciones ferroviarias – Vía – Carriles pesados. Parte 1: Carriles tipo Vignole, simétricos, de 46 Kg/m y más.

#### 4.5. Definiciones

Para los propósitos de esta norma se aplican las definiciones recogidas en el Apartado 1. Definiciones.

#### 4.6. Símbolos

---

L	Componente lateral de la fuerza transmitida por la rueda a la cabeza del carril, como se muestra en la figura 2, expresada en kN NOTA: $L/V = P_l/P_v = \text{tg } \alpha$
$P_l$	Componente de la carga paralela a la base de la traviesa, en kN
$P_v$	Componente de la carga perpendicular a la base de la traviesa, en kN
V	Componente vertical de la fuerza transmitida por la rueda a la cabeza del carril, como se muestra en la figura 2, expresada en kN
X	Distancia de la línea de aplicación de $P_l$ al centro de curvatura de la esquina de la cabeza del carril (ver figura 2), en mm
$\alpha$	Angulo entre la línea de aplicación de la carga y una línea perpendicular a la base de la traviesa, en grados.

---

#### 4.7. Requisitos

##### 4.7.1. Resistencia al movimiento longitudinal del carril

La resistencia al movimiento longitudinal del carril no será inferior a 7 kN, cuando se mida por el procedimiento indicado en el Apartado N° 2, Ensayo N° 1 (norma prEN 13146-1) y el resultado se incluirá en un informe.

#### 4.7.2. Resistencia a la torsión

La resistencia a la torsión se medirá por el procedimiento fijado en el Apartado N° 2, Ensayo N° 2 (norma prEN 13146-2) y el resultado se incluirá en un informe.

#### 4.7.3. Atenuación de las cargas de impacto

Para los sistemas de sujeción descritos teniendo una atenuación media o alta de las cargas dinámicas, ésta se medirá por el procedimiento indicado en el Apartado N° 2, Ensayo N° 3 (norma prEN 13146-3), utilizando el tipo de traviesa (monobloque o bibloque) sobre las que se va a utilizar la sujeción. El resultado deberá encontrarse dentro de los siguientes límites:

Baja atenuación	< 15%	no se requiere prueba
Atenuación media	> 15 ≤ 30 %	
Atenuación alta	> 30%	

#### 4.7.4. Efectos de las cargas repetidas

Estos se determinarán por el procedimiento indicado en el Apartado N° 2, Ensayo N° 4 (norma prEN 13146-4); el valor de  $PV / \cos \alpha$  se tomará de la tabla 2 para el diseño del conjunto que se está probando.

Los valores en la tabla 2 han sido obtenidos para la clase de vía que se muestra en la tabla 1. La rigidez de la placa de asiento intermedia es la rigidez dinámica vertical medida a (3-5) Hz, de acuerdo con el anexo B.

La figura 1 muestra una sección de carril reducida, que puede ser utilizada como una alternativa para las disposiciones de aplicación de la carga, que se muestran en el Apartado N° 2, Ensayo N° 4 (norma prEN 13146-4).

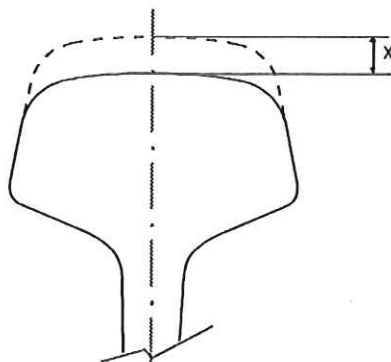


Fig 1. Sección de carril, reducida, para la aplicación de carga

NOTA 1: X está definida en 4.7.4. e ilustrada en la figura 2

NOTA 2: esta sección reducida de carril no se usa cuando  $X \geq 50\%$  de la profundidad de la cabeza del carril.

**Tabla 1: Valores de referencia para el ensayo del efecto de la carga repetida**

Tipo de vía	Línea principal	Carril ligero
Sección de carril	60 E 1	40 Kg./m
Carga por eje, kN	225	100
Radio de la curva, m	> 400 (placa blanda) > 150 ≤ 400 (placa med/dura)	> 80 (todas las placas)

NOTA: la rigidez de las placas se indica sólo para efectos de la prueba. No se debe tomar como una recomendación para la rigidez de las placas que hay que usar en la vía.

Las placas de asiento intermedias se clasifican como sigue:

Blanda: rigidez < 80 MN/m

Media:  $80 \leq$  rigidez < 150 MN/m

Dura: rigidez  $\geq$  150 MN/m

Las siguientes medidas se llevarán a cabo antes y después de la carga repetida. El cambio en el comportamiento no excederá de los valores mostrados.

Resistencia al movimiento longitudinal del carril	(prEN 13146-1)	cambio $\leq$ 20%
Rigidez vertical	(prEN 13146-4)	cambio $\leq$ 25%
Fuerza de sujeción	(prEN 13146-7)	cambio $\leq$ 20%

**Tabla 2: Posiciones y cargas de prueba**

Tipo de vía	Línea principal			Carril ligero
	< 80	80 - 150	> 150	
Rigidez de la placa (MN/m)	< 80	80 - 150	> 150	Cualquiera
Máx. carga, $P_V / \cos \alpha$ (kN)	70	75	83	55
L/V	0,50	0,65	0,65	0,80
$\alpha^\circ$	26	33	33	38,6
Posición de carga X en la figura 2 (mm)	15	15	15	25

NOTA: Las pruebas de carga se aplican sólo a las secciones (perfiles) de carril incluidas en la EN YYY, excluyendo a la 49 E4

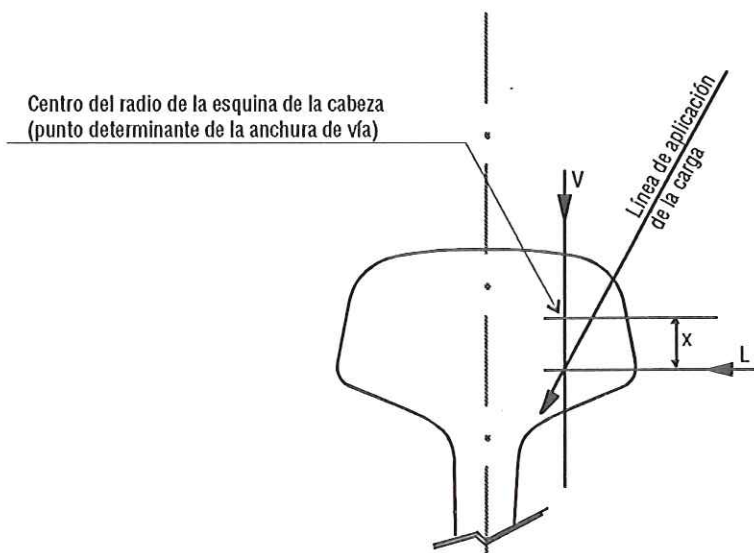


Fig 2. Posición de la aplicación de la carga

#### 4.7.5. Resistencia eléctrica

No debe ser inferior a  $5 \text{ k}\Omega$ , cuando se mide de acuerdo con lo indicado en el Apartado N° 2, Ensayo N° 5 (norma prEN 13146-5).

#### 4.7.6. Efectos de las condiciones medioambientales severas

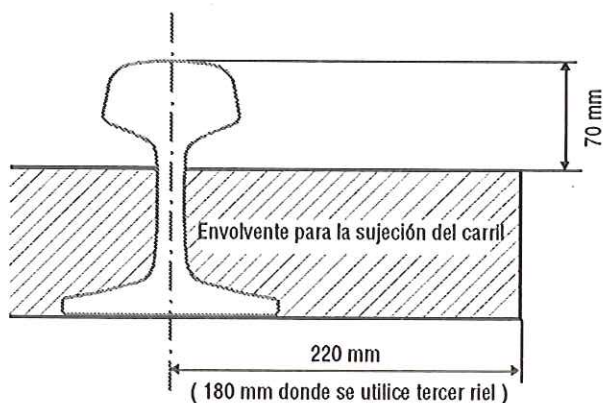
Se determinarán de acuerdo con el Apartado N° 2, Ensayo N° 6 (norma prEN 13146-6). Después de la exposición a la niebla salina, el conjunto de sujeción deberá poder ser desmontado y vuelto a montar, sin que falle ningún componente, utilizando las herramientas manuales previstas para este propósito.

#### 4.7.7. Dimensiones

Las dimensiones globales deben estar dentro de la envolvente que se muestra en la figura 3, para evitar interfe-

cias con los vehículos, incluidos aquéllos de mantenimiento de vía.

**NOTA:** esto es aplicable a todas las secciones de carril incluidas en la EN YYY, pero excluyendo la sección 49 E 4.



**Fig. 3:** Envolvente para la sujeción del carril

**NOTA:** la envolvente es simétrica con respecto a la línea central del carril.

#### 4.7.8. Ancho de vía

El diseño del conjunto de sujeción, excluyendo la tolerancia de la localización de las placas de asiento y la de las sujeciones en las traviesas, no contribuirá en más de 1mm a la variación del ancho de vía.

El proveedor aportará los cálculos, que incluyan las tolerancias en todas las partes componentes, para mostrar la máxima variación en la posición del punto determinante de la anchura de vía sobre la cabeza de la vía, en un plano horizontal, que puede tener lugar utilizando las dimensiones nominales de diseño de la EN YYY para la sección (perfil) de carril en cuestión.

#### **4.7.9. Fuerza de sujeción**

Se determinará por medio del procedimiento indicado en el Apartado N° 2, Ensayo N° 7 (norma prEN 13146-7). El resultado se incluirá en un informe.

#### **4.7.10. Componentes de sujeción integrados**

Se llevará a cabo una prueba de carga vertical, según el procedimiento descrito en el anexo A. Se seleccionarán tres traviesas para dicha prueba y en cada traviesa se someterá a prueba un componente de sujeción integrado. Después de retirar la carga no se presentarán grietas visibles en el hormigón adyacente al elemento de sujeción integrado sometido a prueba, pero es permisible algún descascarillado de mortero en dicha zona.

#### **4.7.11. Prueba en servicio**

Si es solicitado por el usuario, se llevará a cabo la prueba en servicio, de acuerdo con lo indicado en la prEN 13146-8. El comportamiento en todas las medidas y observaciones será igual a, o mejor que, el del sistema de sujeción de referencia.

### **4.8. Muestras para las pruebas**

Cuando se usen para las pruebas de aprobación de tipo, las muestras para las pruebas deberán ser proporcionadas por la autoridad que hace la recepción de la prueba.

### **4.9. Clasificación**

Los sistemas de sujeción están descriptos en el punto 7.3. como que tienen una atenuación baja, media o alta para las cargas de impacto.

La tabla I da unos valores de referencia para la prueba del efecto de las cargas repetidas. La máxima carga por eje que se asume para la línea principal es de 260 kN y para los sistemas de carril ligero es de 130 kN.



#### **4.10. Adecuación al propósito**

Para asegurar su adecuación al propósito, el conjunto completo de sujeción deberá satisfacer los requisitos de esta norma. Los componentes individuales de los conjuntos que satisfacen los requisitos de esta norma se deberán especificar por medio de la utilización de las correspondientes fichas UIC o normas ISO. Si no existen las normas adecuadas, las especificaciones de los componentes individuales, la tipificación de sus ensayos, planos de calidad y valores de referencia serán proporcionadas por el proveedor; al mismo tiempo que el conjunto se presenta para la prueba. El proveedor utilizará un sistema de gestión de la calidad para asegurar que todos los componentes cumplen con los requisitos de la especificación correspondiente.

#### **4.11. Marcado, etiquetado y embalaje**

Si hay espacio adecuado para ello y no tiene efecto sobre el comportamiento de cada componente, éste se marcará de forma permanente por medio de símbolos o letras en relieve o estampados, que identifiquen al fabricante e incluyan la referencia particular del componente.

Si los componentes están empaquetados en recipientes o contenedores, cada uno de estos deberá estar etiquetado con los detalles de los componentes y con el número del lote de producción o la fecha de fabricación.

## 4.12. Anexo A

### Prueba de carga vertical para los componentes de sujeción integrados en la traviesa

#### A.1. Procedimiento de ensayo

Este ensayo es para los componentes del sistema de sujeción que son integrados en el hormigón durante la fabricación de las traviesas.

Para elementos insertados, pensados para recibir un tornillo, la carga se aplicará a los mismos a través de un tornillo del sistema de sujeción, insertado a la profundidad prevista en el diseño.

Para los elementos de sujeción previstos para albergar un "clip" (elemento de fijación) la carga se aplicará a través del elemento que sujeta el "clip".

En la figura A 1 se muestra la disposición para la aplicación de la carga. Ésta se deberá aplicar normal al asiento del carril sobre la traviesa, con una tasa de  $(50 \pm 10)$  kN/minuto hasta que se alcance la carga requerida. La carga requerida será de 60 kN o la mínima especificada por el fabricante, siempre que ésta no sea inferior a 60 kN. La carga se mantendrá durante 3 minutos y después se retirará sin choque ("shock").

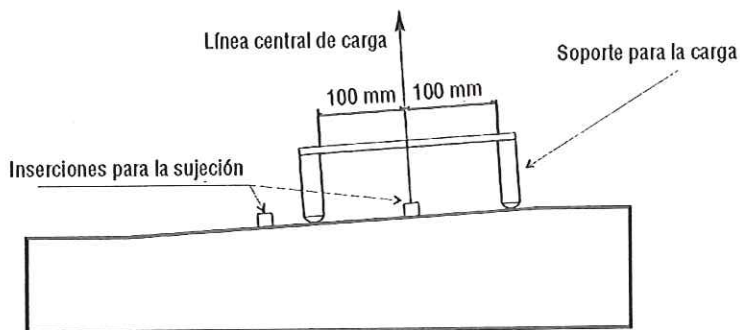


Fig. A1: Disposición del ensayo

## **A.2. Informe del ensayo**

El informe de la prueba incluirá, por lo menos, la siguiente información:

- a) Número, fecha de edición y título de esta norma
- b) Nombre y dirección del laboratorio que ha llevado a cabo el ensayo
- c) Fecha en que se ha llevado a cabo el ensayo
- d) Descripción de las muestras para el ensayo
- e) Origen de las muestras para el ensayo
- f) Máxima carga aplicada
- g) Resultado de la inspección visual después del ensayo

## **4.13. Anexo B**

### **Determinación de la rigidez dinámica de las placas de asiento intermedias**

#### **B.1. Generalidades**

Este anexo describe un procedimiento de prueba en laboratorio para determinar la rigidez dinámica de las placas de asiento intermedias. Está pensado para proporcionar datos para la selección de las placas de asiento, para su uso en la determinación del efecto de las cargas repetidas como indicado en el Apartado N° 2, Ensayo N° 4 (norma prEN 13146-4).

#### **B.2. Definiciones**

Para los propósitos de este anexo se aplican las definiciones del Apartado 1, y además se agregarán las siguientes

tes definiciones:

**Rigidez dinámica:** es la relación entre una gama de fuerzas alternantes entre los valores máximo y mínimo especificados y la correspondiente gama de desplazamientos.

**Parte activa de una placa:** es el área de la superficie que está en contacto con un carril.

### B.3. Símbolos

$D_{\text{máx}}$  es el máximo desplazamiento de la placa, en metros.

$D_{\text{mín}}$  es el mínimo desplazamiento de la placa, en metros.

AD es la diferencia entre los desplazamientos máximo y mínimo, en metros.

$F_{\text{máx}}$  es la máxima fuerza aplicada, en meganewtons.

$F_{\text{mín}}$  es la mínima fuerza aplicada, en meganewtons.

AF es la diferencia entre las fuerzas máxima y mínima aplicadas, en meganewtons.

$K_{\text{DIN}}$  es la rigidez dinámica, en meganewtons por metro.

### B.4. Principio

Se aplica una fuerza normal a la placa que se está probando, para lo cual se utiliza un accionador a frecuencia constante. Se miden los desplazamientos de la superficie de la placa, máximos y mínimos, resultantes.

### B.5. Aparatos

#### B.5.1. Área de prueba a temperatura controlada

El área del laboratorio en la que se lleva a cabo la prueba se mantendrá a  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

#### B.5.2. Placa de acero

Se utilizará una placa de acero rígida, que tenga la misma anchura que la base del carril, para la carga repetida, Capítulo N° 2, Ensayo N° 4 (norma prEN 13146-4).

#### B.5.3. Paño abrasivo

Son unas hojas de tejido recubierto de material de esmerilado. Cada hoja no será menor que el área completa de la placa que se quiere medir.

#### **B.5.4. Accionador**

Es un elemento que actúa sobre la placa de acero (B.5.2.) y es capaz de generar una fuerza de hasta 95 kN a una frecuencia de 3 a 5 Hz.

#### **B.5.5. Instrumentos de medida del desplazamiento**

Son instrumentos capaces de medir el desplazamiento vertical de la superficie de la placa en prueba con una exactitud de  $\pm 0,1\text{mm}$  a una frecuencia de 3 a 5 Hz.

#### **B.5.6. Instrumento de medida de fuerza**

Son instrumentos capaces de medir la fuerza aplicada, con una exactitud de  $\pm 0,3\text{ kN}$ , a una frecuencia de 3 a 5 Hz.

#### **B.5.7. Equipo de registro**

Será un equipo que haga un registro digital y una impresión del desplazamiento y de la fuerza aplicada, con una frecuencia de muestreo de 50 Hz.

### **B.6. Procedimiento**

Colocar todo el dispositivo sobre una base plana, horizontal, que soporte toda la superficie de la placa en prueba, según la siguiente secuencia: base, paño abrasivo (con lado esmerilador hacia arriba), placa en prueba, paño abrasivo (con lado esmerilador hacia abajo), placa de acero.

Asegurarse de que la placa de acero está localizada sobre la parte activa de la placa en prueba y de que las superficies de prueba están a  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

Aplicar una fuerza estática, vertical, de 20 kN sobre el centro de la placa de acero durante un minuto. Después aplicar una fuerza cíclica de 20 kN con una frecuencia de 3 a 5 Hz. Después de un lapso de tiempo de un minuto, registrar  $D_{\text{máx}}$ ,  $D_{\text{mín}}$ ,  $F_{\text{máx}}$  y  $F_{\text{mín}}$ , tal como se muestra en la figura B1. Calcular entonces la rigidez dinámica, utilizando la siguiente fórmula:

$$K_{\text{DIN}} = (F_{\text{máx}} - F_{\text{mín}}) / (D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}})$$

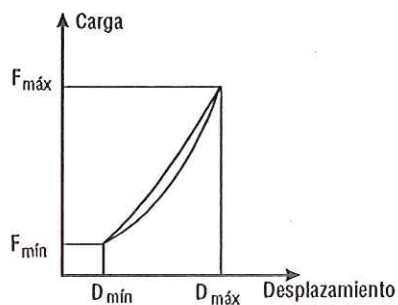


Fig. B1: Gráfico típico de fuerza-desplazamiento

### B.8. Informe de la prueba

El informe de la prueba incluirá, por lo menos, la siguiente información:

- a) Nombre, número y fecha de edición de esta norma
- b) Nombre y dirección del laboratorio que ha llevado a cabo la prueba
- c) Fecha en que se ha realizado la prueba
- d) Nombre, código y descripción de las placas sometidas a prueba
- e) Origen de las muestras para la prueba
- f) Rigidez dinámica de las placas sometidas a prueba.

Documento realizado en base al Convenio de Cooperación  
ALAF-RENFE

---

**ALAF**

*Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles*

*Associação Latinoamericana de Estradas de Ferro*

*Edición y producción gráfica: analog, Buenos Aires. analog@ba.net.*

*Impreso en el mes de noviembre de 2004.*

TEMAS

DE DIVULGACION FERROVIARIA

---

**ALAF**

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FERROCARRILES  
ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE ESTRADAS DE FERRO