


|   |  |  |
|---|--|--|
|  <p><b>Asociación Latinoamericana<br/>de Ferrocarriles<br/>Comisión de Normalización</b></p> | <p><b>NORMA PARA<br/>DURMIENTE DE HORMIGON</b></p> | <p><b>ALAF 5-023</b></p> <p><b>Grupo: B</b></p> <p><b>TRAMITE : -----</b></p> <p><b>EMISIÓN: Diciembre03</b></p> <p><b>Cantidad de pág: 36</b></p> |
|---|--|--|

(Documento realizado en base al Convenio de Cooperación ALAF-RENFE  
en Normalización Técnica)

## **NORMA PARA DURMIENTE DE HORMIGON**

### **INDICE**

**pag**

|  |    |
|--|----|
| 1 Alcance  | 1  |
| 2 Documentos complementarios   | 1  |
| 3 Definiciones   | 2  |
| 4 Condiciones generales  | 2  |
| 5 Condiciones específicas  | 11 |
| 6 Inspección   | 13 |
| 7 Aceptación y rechazo   |    |
| 8 Descripción de los ensayos del durmiente de hormigón (Anexos I y II) | 16 |

### **1 Alcance**

1.1 Esta Norma fija las condiciones exigibles al durmiente de *bibloque* para vía férrea.

### **2 Documentos complementarios**

2.1 Para la aplicación de esta Norma se cumplirá lo establecido en los documentos técnicos oficiales o de aceptación de uso en el país del comprador relativos a:

- Gestión y garantía de la calidad de productos de hormigón y/o acero
- Hormigón y sus constituyentes: elaboración, análisis y ensayos físico - químicos.
- Acero para hormigón armado: elaboración, análisis y ensayos físico - químicos.

- *Acero para perfiles laminados: elaboración, análisis y ensayos físico - químicos.*
- Ensayos del durmiente de hormigón (ver en 8 su descripción).

2.2 El comprador podrá utilizar otra documentación técnica complementaria de reconocido prestigio internacional (I.S.O., U.I.C., C.E.N., AREMA, etc.), sustituyendo parcial o totalmente los documentos indicados en 2.1 siempre que, no se incurra en incompatibilidades, no se disminuya la calidad del producto terminado y se conserve el carácter de obligatorio cumplimiento de la documentación técnica complementaria una vez adoptada.

2.3 Lo establecido en esta Norma prevalece sobre cualquiera de los documentos técnicos complementarios de exigencias menores a las de la presente Norma.

### **3 Definiciones**

3.1 Durmiente: es el componente transversal de la vía férrea que transmite al balasto la carga aplicada a los rieles y, junto con la fijación riel – durmiente controla la trocha.

*3.2 Durmiente de hormigón armado tipo bloque: es el durmiente constituido por dos bloques de hormigón armado vinculados por un elemento de unión que provee al conjunto las características estructurales adecuadas.*

3.3 De aquí en adelante se designa al durmiente de hormigón con las letras: DH.

### **4 Condiciones generales**

#### 4.1 Certificación

El comprador, de acuerdo con la legislación vigente en el país, definirá si las condiciones técnicas del presente documento corresponden a las de homologación, acreditación, certificación, o autorización de uso.

#### 4.2 Proyecto

##### 4.2.1 Partes

El proyecto cumplirá lo establecido en la cláusula 2 y estará constituido por:

- a) elementos básicos (ver 4.2.2)
- b) memoria descriptiva y justificativa (ver 4.2.3)
- c) memoria de cálculo (ver 4.2.4)
- d) diseño (ver 4.2.5)
- e) especificación técnica (ver 4.2.6)
- f) índice alfabético

Nota: el proyecto comprende al DH y la fijación.

## 4.2.2 Elementos básicos

4.2.2.1 Los elementos indispensables para la elaboración de un proyecto razonable son:

- a) caracterizar las acciones a considerar (ver 5.1)
- b) normas a aplicar

**4.2.2.2** Para la caracterización de las acciones a considerar, el comprador suministrará los datos indicados abajo que a su criterios juzgue necesarios.

- a) condiciones de tráfico
  - tren tipo
  - diámetro de la rueda nominal en mm
  - base rígida en m
  - carga por eje máxima, en las hileras de los rieles en kN
  - velocidad máxima en Km/h
  - unidad de tráfico, en tonelada bruta por año
  - aceleración máxima en  $m/s^2$
  - aceleración lateral no compensada, en  $m/s^2$
  - deceleración máxima, en  $m/s^2$
  - carga de impacto (descarrilamiento) en kN
  - coeficiente de impacto a considerar
- b) condiciones de la superestructura
  - trocha en mm,
  - radio mínimo de vía, en m
  - inclinación de las hileras de los rieles
  - distanciamiento entre durmientes, en mm
  - tipo de riel y calidad
  - características de la fijación
  - peralte máximo, en mm
  - módulo de vía, en MPa
  - máxima presión del DH sobre el balasto, en MPa
  - longitud máxima del DH, en mm (ver 4.16)
  - ancho máximo del DH, en mm (ver 4.16)
  - alturas máxima y mínima del DH, en mm (ver 4.16)
  - peso bruto máximo del DH (con la fijación), en Kg
- c) condición de aislamiento eléctrico
- d) condiciones agresivas del medio ambiente

4.2.2.3 Para aplicación en vía sin balasto, con tercer riel fijado al DH, con trocha mixta y otras aplicaciones, las condiciones deberán ser suministradas por el comprador.

## 4.2.3 Memoria descriptiva y justificativa

La memoria descriptiva y justificativa contiene una descripción del DH, con su justificación técnica.

#### 4.2.4 Memoria de Cálculo

4.2.4.1 Todo el cálculo necesario y la determinación de las acciones (ver 5.1) y verificaciones de los estados límites se presentarán en secuencia lógica y con un desarrollo tal que fácilmente pueda ser entendido, interpretado y verificado, cumpliendo la cláusula 2 y segundo una tecnología reconocida, como las Normas AREMA o CEN.

4.2.4.2 Será iniciado con un esquema del sistema estructural adoptado, indicando dimensiones (en mm), condiciones de apoyo y acciones consideradas, demostrando el cumplimiento de las condiciones establecidas.

4.2.4.3 La hipótesis de cálculo y el método de verificación utilizado estarán indicadas con suficiente claridad, cumpliéndose que:

- a) el símbolo no usual tiene que ser bien definido
- b) Las anotaciones están de acuerdo con la cláusula 2.
- c) La fórmula aplicada figura antes de la introducción de los valores numéricos.
- d) La referencia bibliográfica es precisa y completa.

4.2.4.4 El resultado del cálculo será parte integrante de la memoria de cálculo, estará ordenado, completo y conteniendo toda la información necesaria para su clara interpretación.

#### 4.2.5 Diseño

El diseño cumplirá las normas indicadas en la cláusula 2 y presentará todo elemento necesario para la verificación de:

- a) Forma y dimensiones, en mm (ver tolerancias en 5.3.1).
- b) Montaje del conjunto durmiente – fijación.
- c) Armadura (tipo de acero, cantidad, diámetro, forma, posición y distanciamiento de las barras o cables, tipos de ensamblaje, radios mínimos de doblado, recubrimiento).
- d) Soporte para el tercer riel en su caso.
- e) Acabado, elementos de anclaje y componentes de la fijación.
- f) Cualquier otro detalle indispensable para el comprador.

#### 4.2.6 Especificación técnica

La especificación técnica cumplirá lo indicado en la cláusula 2.

#### 4.2.7 Aceptación

El proyecto será sometido a la aceptación del comprador que, por esto no se solidariza con las responsabilidades técnicas del proyectista.

### 4.3 Material

#### 4.3.1 Acero

4.3.1.1 El acero estará de acuerdo con:

a) La armadura de refuerzo

4.3.1.2 La calidad del acero será certificada, por su productor, siendo el certificado sometido a la aceptación del comprador del DH.

**4.3.1.3** El comprador podrá proceder con otro sistema de control de calidad del acero.

**4.3.1.4** El acero será:

- a) Protegido contra corrosión del medio ambiente, inclusive por intemperie y/o agresividad.
- b) Cuidadosamente separado, clasificado y marcado por sus características y origen.
- c) Preservado sin alteración apreciable de su estado hasta su utilización.

**4.3.1.5** Para su utilización, el acero estará exento de: grasa, aceite, pintura y cualquier otra sustancia nociva para su adherencia.

#### 4.3.2 Cemento

4.3.2.1 El cemento, sus características, la recepción y el almacenamiento estarán de acuerdo con las normas indicadas en la cláusula 2.

**4.3.2.2** La calidad del cemento estará certificada por su productor, siendo el certificado sometido a la aceptación del comprador del DH.

**4.3.2.3** El sistema de almacenamiento del cemento será tal que sea mantenido inviolable e identificado.

**4.3.2.4** Teniendo en cuenta la importancia de las reacciones árido-álcali y la posible formación de etringita secundaria. Se tomarán los cuidados necesarios para se evitar la evolución de dichos fenómenos

#### 4.3.3 Agregado

4.3.3.1 El agregado estará de acuerdo con lo indicado en la cláusula 2, cumpliéndose:

a) agregado pequeño – arena natural cuarcítica, o artificial, resultante de la trituración de roca estable y con menos de 3% de material pulverulento pasando el tamiz de malla 200 micras.

b) agregado grueso – piedra triturada, oriunda de roca sana y estable, con abrasión Los Angeles inferior a 40 %, con un tamaño máximo que tenga en cuenta el recubrimiento mínimo y el espacio mínimo entre armaduras.

4.3.3.2 Para su utilización el agregado debe presentarse exento de cualquier substancia extraña, teniendo en cuenta especialmente:

- la susceptibilidad a las reacciones álcali - sílice y álcali - carbonato
- la presencia de partículas que den lugar a una baja resistencia a la abrasión
- presencia de partículas absorbentes que den lugar a riesgo de helada

#### 4.3.4 Aditivo

4.3.4.1 El empleo de aditivo está admitido mediante precaución, y en la medida en que sea justificado por ensayo, que compruebe que el producto añadido, en la condición prevista, provoca el efecto deseado, sin contra indicación (por ejemplo: corrosión de la armadura, *barra de conexión* u otro elemento introducido en el hormigón).

4.3.4.2 Está prohibido el empleo de aditivo con base de cloruro u otro halógeno.

4.3.4.3 Cuando se haya previsto el empleo simultáneo de más de un aditivo, deberá tenerse la seguridad de la compatibilidad entre ellos.

4.3.4.4 El aditivo debe ser previamente diluido en agua de amasado, siendo homogeneizado antes de ser introducido en la hormigonera.

4.3.4.5 Para el incorporado de aire, debe tenerse cuidado que el contenido total de aire en el hormigón no sobrepase el 6 %.

#### 4.3.5 Agua

4.3.5.1 El agua será potable u otra reconocidamente aceptable, considerando utilidades anteriores.

4.3.5.2 Se admite agua con pH entre 5,8 y 8,0 y con los siguientes máximos:

- a) materia orgánica (expresada en oxígeno consumido) 3 mg/L
- b) residuo sólido 2000 mg/L

|  |          |
|--|----------|
| c) sulfato (expresado en iones SO <sub>4</sub> ) | 300 mg/L |
| d) cloruro (expresado en iones Cl)               | 500 mg/L |
| e) azúcar  | 5 mg/L   |

Nota: Los límites incluyen las sustancias traídas al hormigón por el agregado, cemento y aditivo.

#### 4.3.6 Fijación

4.3.6.1 La fijación de los rieles al DH será a través de un sistema doblemente elástico.

4.3.6.2 La fijación del soporte del tercer riel será conforme a lo especificado por el comprador en su caso.

#### 4.4 Fabricación

##### 4.4.1 Molde

4.4.1.1 El molde estará concebido, principalmente, para:

- a) Dar al DH la forma geométrica con las tolerancias dimensionales (ver 4.9 y 5.3)
- b) Permitir la obtención de la textura superficial deseada (ver 4.10)
- c) Facultar el marcado deseado (ver 4.6).

4.4.1.2 En particular, el molde deberá permitir:

- a) El posicionamiento correcto de la armadura y de los diversos componentes incorporados al hormigón.
- b) El asiento adecuado del hormigón y su acabado, tal como proyectado.
- c) La protección del hormigón fresco y el desmolde sin daños a la estructura del DH.

4.4.1.4 El molde estará dimensionado y ejecutado de modo de ofrecer rigidez para resistir, sin dislocamiento o deformación apreciable, las cargas y las acciones de cualquier naturaleza a que esté expuesto durante su utilización, así como las provocadas por el lanzamiento y vibración del hormigón.

4.4.1.5 El molde tendrá sus dimensiones verificadas:

- a) Antes de la primera utilización.
- b) Siempre que fuera reparado (ver 6.3.1.2).

4.4.1.6 El molde tendrá identificación indeleble.

4.4.1.7 Cada molde tendrá una ficha en la cual se registrará las reparaciones, verificaciones y mediciones de CP (cuerpos de prueba).

#### 4.4.2 Armadura

##### 4.4.2.1

La armadura será de acuerdo con:

a) Armadura de refuerzo: cláusula 2.

4.4.2.2 La armadura será confeccionada en frío, sobre bancos, de forma de permitir obtener las formas y dimensiones fijadas en el proyecto, no se admitirán empalmes.

4.4.2.3 Las espirales y los estribos serán colocados de manera que se impida cualquier desplazamiento durante el hormigonado.

4.4.2.4 La armadura estará dispuesta y fijada exactamente en el lugar previsto en el proyecto, de forma que no se desplace durante el hormigonado.

**4.4.2.5** Está prohibido posicionar o reposicionar la armadura durante el hormigonado.

4.4.2.6 Los soportes de la armadura tendrán que resistir todas las acciones a que están sometidos en el proceso de fabricación, sin fisuración ni corrosión.

4.4.2.7 El recubrimiento mínimo de hormigón de la armadura será de:

- a) En la base 30 mm
- b) En las demás caras 20 mm

#### 4.4.3 Hormigonado

4.4.3.1 El hormigón empleado estará correctamente dosificado y deberá tener una composición determinada experimentalmente a partir de ensayos realizados en condiciones tan próximas como sea posible a las reales, a fin de asegurar:

- a) la resistencia mecánica requerida (ver 5.2)
- b) homogeneidad y compacidad satisfactorias, así como la correcta envoltura de la armadura y su protección (ver 4.4.2.8).

4.4.3.2 En particular, el DH que esté expuesto a un ambiente muy agresivo tendrá que ser objeto de un estudio profundo.

4.4.3.3 El proveedor someterá a la aceptación del comprador la ficha técnica del hormigón con:

- a) procedencia de los agregados
- b) factor agua - cemento
- c) resultados de los ensayos de compresión y de tracción del hormigón.



4.4.3.4 La modificación de las condiciones especificadas en la ficha técnica ya aceptada por el comprador, implica una nueva aceptación de la misma por parte de este.

4.4.3.5 El hormigón será producido de acuerdo con la cláusula 2, sin perjuicio de esta Norma, siendo mezclado en una central gravimétrica, que realice el control de medida de los constituyentes.

**4.4.3.6** Está prohibido el moldeado del DH en etapas, cuando en la anterior ya se había iniciado el fraguado.

4.4.3.7 El desmolde será efectuado con cuidado, sin choque y de modo que no se provoquen deformaciones, fisuras o fracturas al DH.

*4.4.3.8 En el caso de desmolde por tumbado del DHB (durmiente de hormigón bloque), los dos bloques serán desmoldados simultáneamente.*

*4.4.3.9 Está prohibido todo ajuste o retoque (cuchara de albañil, u otro medio) después del desmolde.*

4.4.3.10 El alojamiento de la fijación deberá estar limpio y bien conformado, y todo elemento introducido en el hormigón perfectamente posicionado y limpio.

4.4.3.11 Todo DH que presente defecto y que por ello sea rechazado por el comprador será inmediatamente marcado y posteriormente destruido, pudiendo los elementos introducidos en el hormigón, después de convenientemente limpios e inspeccionados con aprobación, ser aprovechados.

4.4.3.12 Por lo demás, se cumplirá con la cláusula 2.

#### 4.5 Certificado

Será suministrado por el fabricante un certificado que indique:

- a) Las características del DH
- b) Los resultados obtenidos en los ensayos

#### 4.6 Marcado

4.6.1 El DH será marcado, en bajo o sobre relieve , en la cara superior y de forma permanente, durante el desmolde, con por lo menos:

- a) Marca del fabricante y de la fábrica (caso que el fabricante tenga más de una).
- b) Marca del comprador.
- c) Fecha de fabricación mediante caracteres representativos del mes y los dos últimos dígitos representativos del año. Se admite la variante de indicar el mes con tinta indeleble.
- d) Modelo del durmiente.

e) N° del molde

#### 4.6.2 Apilado

En el almacenamiento, las capas o pilas de DH serán identificadas mediante letrero de (500 x 300) mm, en caracteres de color blanco sobre fondo de color negro, con:

- a) Modelo
- b) Fecha y turno de fabricación
- c) Cantidad de DH
- d) Marca del comprador.

#### 4.7 Movimiento y stock

4.7.1 Todo movimiento de DH será hecho mediante un proceso que asegure su indeformabilidad, independientemente de su edad y el movimiento estará exento de golpes, saltos, impactos u otra ocurrencia que pueda dañar al DH.

4.7.2 El área para stock del DH tendrá que estar limpia, drenada y capaz de resistir el peso de los DH, sin sufrir descensos diferenciales.

4.7.3.1 Cada pila contendrá sólo DH de un mismo modelo, con mismo tipo de fijación y destinado a un mismo comprador.

4.7.3.2 Los DH estarán dispuestos en un mismo sentido, con la cara superior hacia arriba.

4.7.3.3 Serán interpuestos trozos de madera de resistencia apropiada, entre cada camada de DH, para impedir el contacto directo entre ellas.

4.7.3.4. Las pilas estarán apartadas entre sí y de cualquier obstáculo fijo, por lo menos 500 mm.

**4.7.4.1** El DH será embarcado conforme a:

a) Con los conjuntos de las fijaciones montados, en la configuración para transporte. , si la sujeción lo permite.

b) Con los componentes de fijación sueltos y acondicionados conforme a las especificaciones que les son propias.

4.7.4.2 La autorización para embarque del DH sólo podrá ser dada después de realizados los ensayos de resistencia con un mínimo de 7 días de fabricado.

#### 4.8 Garantía

4.8.1 El DH y sus insertos estarán garantizados, como mínimo hasta el 31 de diciembre del año  $N + G$ , siendo  $N$  el año de fabricación, contra defecto de proyecto y/o fabricación, independientemente de los resultados de la inspección del comprador en la recepción, y  $G$  la cantidad de años de garantía establecida en el contrato,  $G$  no será inferior a 5 años.

4.8.1.1 El fabricante del DH garantizará el DH, sus insertos y fijaciones, por él suministrados, independientemente de ser o no el fabricante de tales elementos.

4.8.2 Durante la garantía, toda unidad que presente falla imputable al proveedor será puesta a su disposición, mediante notificación por escrito, a fin de comprobarla, sin perjuicio de su retiro de la vía, en caso que la empresa ferroviaria entienda que es indispensable.

4.8.2.1 Siempre que sea posible, el DH en cuestión deberá permanecer en la vía hasta que sea comprobada la falla por el proveedor.

4.8.2.2 En caso que sea retirado de la vía, la empresa ferroviaria lo guardará lo más próximo posible al lugar de donde fue retirado, hasta que sea comprobado el origen de la falla.

4.8.2.3 El plazo máximo para la comprobación de la falla por el proveedor será el establecido en el contrato.

4.8.3 La pieza defectuosa será reemplazada por el proveedor con otra nueva y sin defecto en el menor plazo comprobadamente posible, nunca superior al establecido en el contrato, contado a partir de la recepción de la notificación de la falla.

4.8.4 El reemplazo de la pieza incluye el suministro y la colocación en la vía.

4.8.5 En el caso de atraso en la reposición de la unidad con falla o de falla de naturaleza continua, persistente, de responsabilidad del proveedor, la cuenta del plazo de garantía podrá ser suspendida por el comprador.

#### 4.9 Geometría

4.9.1 El DH tendrá forma y dimensiones simétricas con relación al eje longitudinal (excepto el DH con apoyo para tercer riel y otros especiales) y sin esquina viva, de acuerdo con el proyecto aceptado por el comprador y cumplirá la siguiente tabla:

| <i>Tabla – Límite de las dimensiones nominales del DHB en mm.</i> |                |                    |                    |                              |                          |
|---|----------------|--------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------|
| <i>Trocha</i>   |                | <i>Longitud</i>    | <i>Ancho</i>       |                              | <i>Altura</i>            |
|   |                |                    | <i>Base máximo</i> | <i>Apoyo riel Mínimo (A)</i> | <i>Apoyo riel máximo</i> |
| <i>1</i>  |                | <i>2</i>           | <i>3</i>           | <i>4</i>                     | <i>6</i>                 |
| <i>1</i>  | <i>Angosta</i> | *                  | <i>320</i>         | <i>150</i>                   | <i>254</i>               |
| <i>2</i>  | <i>Normal</i>  | <i>2300 a 2400</i> | <i>320</i>         | <i>150</i>                   | <i>254</i>               |
| <i>3</i>  | <i>Ancha</i>   | <i>2400 a 2900</i> | <i>320</i>         | <i>150</i>                   | <i>254</i>               |

\* *Longitud mínima 1900 mm*

(A) *En el apoyo de los rieles.*

Notas: La trocha angosta incluye la métrica y similares; la trocha ancha incluye las superiores a 1600 mm.

Las dimensiones diferentes a las definidas deberán ser justificadas técnicamente.

En ningún caso se afectará negativamente el mantenimiento mecanizado de la vía.

4.9.2 La inclinación de los apoyos de los rieles estará de acuerdo con la cláusula 2.

#### 4.10 Acabado

4.10.1 Las caras brutas de los DH resultantes del desmolde, deberán presentar:

- Superficie regular y limpia.
- Apoyo de los rieles plano y liso.
- Superficie inferior plana y áspera.
- Zona de apoyo y anclaje de la sujeción limpia, desobstruida y exenta de lechada de cemento.

4.10.2 Ninguna operación para disimular defectos está permitida.

#### 4.11 Apariencia superficial del DH

La superficie lateral y superior del DH tendrá una apariencia uniforme; la superficie inferior será rugosa y uniforme para el durmiente apoyado sobre balasto.

Se prestará particular atención a la superficie de apoyo del riel, que estará exenta de cualquier cavidad importante.

En el caso de vía sin balasto se admitirán prescripciones particulares para la cara inferior.

Se permitirá una distribución aleatoria de las burbujas de aire.

El nivel mínimo exigido para el estado de las superficies será estipulado en el contrato correspondiente.

Después del desmoldeo se aceptan reparaciones que no afecten al comportamiento mecánico del durmiente, siempre y cuando los procedimientos correctivos estén detallados previamente.

#### 4.12 Instrumentación

4.12.1 Serán suministrados por el fabricante dos juegos completos de los calibres necesarios y adecuados para las verificaciones del comprador (durmiente y fijaciones).

4.12.1.1 El comprador, estando de acuerdo con ellos, les hará colocar su marca.

4.12.1.2 La recepción será decidida mediante un calibre marcado por el comprador.

4.12.2 El calibre será sustituido por el proveedor, siempre que el comprador lo juzgue indispensable.

4.12.3 Los demás instrumentos necesarios en las verificaciones del comprador en fábrica, debidamente comprobados, serán puestos a disposición del comprador por el fabricante.

#### 4.13 Registro

4.13.1 El fabricante mantendrá a disposición del comprador un registro diario conteniendo:

- a) Resultados de su control de calidad.
- b) Producción diaria y acumulada.
- c) Cronograma de la producción futura.

4.13.2 De acuerdo a la cláusula 2, para el control de la calidad de la materia prima el fabricante efectuará por lo menos la determinación de:

- a) Cemento.
  - finura, fraguado, expansibilidad y resistencia a la compresión, 1 por semana de producción.
- b) Agregado fino, 1 por semana de producción.
  - granulometría.
  - contenido de arcilla en terrones.
  - contenido de material pulverulento.

- c) Agregado grueso, 1 por semana de producción.
  - granulometría.
  - material pulverulento.
- d) Agua.
  - análisis químico, 1 por semestre.
- e) *Acero para la riostra: resistencia a la tracción, con una verificación para las primeras 1000 barras y otra para cada lote de hasta 5000 barras.*
- f) Acero para otro fin: resistencia a la tracción.

Para el cemento y el acero se admitirán certificados de ensayos aportados por los proveedores siempre que estos tengan las correspondientes certificaciones de calidad según normas ISO.

## **5 Condiciones específicas**

### 5.1.1 Acciones a considerar

Si en la vía existen condiciones específicas a se considerar en el cálculo del durmiente, estas dichas condiciones serán informadas por el comprador.

### 5.1.2. Carga Fr para los ensayos estructurales del DH.

En los ensayos, la carga Fr será tal que el momento máximo aplicado en el ensayo considerado sea igual al momento de dimensionamiento del DH. según el método de cálculo aprobado por el comprador.(mirar anexo)

## 5.2 Resistencia

### 5.2.1 Armadura no pretensada

Se adoptará para la resistencia a la tracción (fyk) del hilo de la barra de acero para armadura no pretensada, la resistencia mínima de la categoría de acero empleado.

### 5.2.2 Compresión y tracción del hormigón

El hormigón tendrá como mínimas las siguientes resistencias:

- |  |        |
|--|--------|
| a) Compresión (fck) a los 28 días                | 45 MPa |
| d) Tracción (en la flexión) (fctk7) a los 7 días | 5 MPa  |

### **5.2.3 Momento flector**

*En el proyecto, será fijado el momento flector máximo del DH, sin que se presente fisura visible (ancho igual ó mayor de 0,1mm medida a 15 mm de la base del DH) con lupa iluminada y ampliación de por lo menos cinco veces:*

b) Positivo en el apoyo del riel.

### 5.3 Tolerancia

#### 5.3.1 Dimensional

Serán admitidas las siguientes tolerancias y/o apartamientos dimensionales máximos:

- |   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
| a) Longitud                               | $\pm 6$ mm                                      |                                 |
| b) Ancho en cualquier punto               | $\pm 3$ mm                                      |                                 |
| c) Altura en cualquier punto              | + 6 y - 3 mm                                    |                                 |
| d) Trocha                                 | + 2 y - 1 mm                                    |                                 |
| e) Inclinación de apoyo del riel          | 1: 15 a 1: 25 ó 1: 35 a 1: 45 según corresponda |                                 |
| f) Dimensión del apoyo de los rieles      | $\pm 1$ mm                                      |                                 |
| g) Nivel entre los apoyos de los rieles   | 3 mm  |                                 |
| h) Torcida transversal (torsión)          | $\pm 1$ %                                       | entre los apoyos de los rieles. |
| i) Entre ejes de los apoyos de los rieles | $\pm 1$ mm                                      |                                 |
| j) Centro del DH respecto al eje de vía   | 12 mm   |                                 |
| k) Inclinación de los insertos            | $\pm 1$ %                                       |                                 |
| l) Muesca para fijación:                  |   |                                 |
| - profundidad                             | + 0,5 y - 0,0 mm                                |                                 |
| - radio                                   | + 1 y - 0 mm                                    |                                 |
| - longitud                                | + 2 y - 1 mm                                    |                                 |
| - entre ejes                              | $\pm 0,5$ mm                                    |                                 |

#### 5.3.2 Defecto

Se admite:

- Irregularidades de superficie de hasta 1 mm excepto en los apoyos de riel y fijación.
- Lasca, conforme a lo especificado por el comprador, y desde que el recubrimiento de las piezas de metal sea superior a 10 mm.
- Burbuja achatada y rasa.

## 6 Inspección

### 6.1 Generalidades

6.1.1 Estará facultado el comprador o tendrá derecho a realizar la inspección que juzgue necesaria, tanto en la fase de fabricación en cuanto al control de la calidad, como en la manipulación, el stock y la expedición, sin perjuicio de la actividad normal del fabricante.

6.1.1.1 Con la debida programación de la inspección, el proveedor presentará al comprador el cronograma de producción.

6.1.2 La inspección de insumos y/o accesorios estará de acuerdo con la cláusula 2 y las especificaciones que les sean propias.

## 6.2 Plan

6.2.1 El plan de inspección del comprador constará de:

- a) Etapas.
- b) Número de muestras en cada verificación.
- c) Instalación e instrumentación necesarios.
- d) Local de los ensayos.
- e) Otra facilidad.

6.2.2 El muestreo será aleatorio, por turno y, por lo menos:

- a) Diario – hormigón retirado en la boca del alimentador y de una misma amasada, para moldeo inmediato de cuerpos de prueba (CP) para proceder según a y b de 6.4.2.1 y 6.4.4.
- b) Un DH cada 250 y/o fracción diaria.

6.2.2.1 La muestra será marcada por el comprador en forma indeleble.

6.2.3 El lote para homologación, acreditación, certificación o autorización de uso será de un mínimo de 20 DH terminados.

## 6.3 Aspecto, forma y dimensión

6.3.1 Antes de cualquier ensayo, todas las muestras de cada lote serán sometidas a las verificaciones de aspecto, forma y dimensión.

6.3.1.1 La verificación dimensional deberá ser hecha tal que, sean verificados los DH provenientes de todos los moldes utilizados.

6.3.1.2 El molde del DH que no satisfaga las condiciones de aspecto, forma y dimensión será retirado pudiendo ser utilizado después de reparado y verificado.

6.3.2 La trocha será verificada:

- a) Por medio de pre – montaje, con cinco DH, dos pedazos de rieles y las fijaciones que serán utilizadas midiendo con regla de trocha de apreciación 0,1 mm.
- b) En la vía pronta después del paso de varios trenes.

6.3.3 La inclinación de los apoyos de los rieles será verificada en el eje longitudinal del DH, con calibre y abarcándolas simultáneamente.



6.3.3.1 La verificación de la dimensión será con apreciación de 1 mm.

6.3.4 La torcida transversal (torsión) entre los apoyos de los rieles será verificada con calibre.

6.3.5 Solamente calibres u otros instrumentos aceptados por el comprador serán válidos en sus verificaciones.

6.3.6 Solamente la muestra y/o lote no rechazados de acuerdo con estas verificaciones será sometida a ensayos.

## 6.4 Ensayos

### 6.4.1 Generalidades

6.4.1.1 Además de los ensayos indispensables para el control de la calidad que el fabricante hará rutinariamente, cumplirá la cláusula 2, y el comprador podrá efectuar ensayos de recepción por su iniciativa y cuenta.

6.4.1.2 Cuando el proveedor y el comprador no llegaran a un acuerdo en el resultado del ensayo, prevalecerá el resultado del ensayo efectuado por la institución gubernamental o privada, definida en el contrato.

### 6.4.2 Obligatorio

6.4.2.1 Homologación, acreditación, certificación, o autorización de uso (prototipo)

De acuerdo con la cláusula 2 serán realizadas obligatoriamente las verificaciones de:

- a) Resistencia a la compresión del hormigón en un mínimo de:
  - dos cuerpos de prueba cilíndricos, con una edad correspondiente al momento de transferencia del pretensado.
  - dos cuerpos de prueba cilíndricos, con una edad de 28 días.
  
- b) Resistencia a la tracción en la flexión del hormigón en un mínimo de dos cuerpos de prueba constituidos por vigas de (150 x 150 x 700) mm, con una edad de siete días.

En las siguientes verificaciones, cada DH elegido se marcará con el número que se indica de acuerdo al tipo de ensayo a efectuar en el mismo.

- c) Resistencia al momento positivo en los apoyos de riel

d) Resistencia a la carga oscilante (dinámico y de fatiga), de acuerdo con la cláusula 2,

e) Resistencia del inserto de la fijación al arrancamiento (anclaje de la fijación).

Notas:

a) Los cuerpos de prueba cilíndricos y prismáticos serán producidos en moldes metálicos indeformables, suministrados por el fabricante, y vibrados en condiciones idénticas a las de fabricación del DH, siendo marcados con la fecha y horario del moldeo.

b) Los restantes durmientes serán reservas técnicas.

#### 6.4.2.2 Recepción (serie)

En la recepción serán realizadas obligatoriamente las verificaciones de: las dimensiones, el momento positivo en el asiento del riel y la resistencia del inserto de la fijación al arrancamiento (anclaje de la fijación). Para estas pruebas se toma un durmiente al azar del lote a recibir.

El lote a recibir estará integrado por a lo sumo 2000 DH iguales e igual fijación riel – durmiente producidos en el mismo día.

#### 6.4.3 Facultades

El comprador podrá realizar adicionalmente otros ensayos no establecidos en esta norma técnica que contribuyan a mejorar y/o asegurar la calidad del DH.

#### 6.4.4 Contraensayos

##### 6.4.4.1 Compresión

La verificación de la resistencia a la compresión del hormigón podrá ser rehecha en nuevos ensayos, realizados con más de dos probetas cilíndricas sometidas a un periodo adicional de cura .

##### 6.4.4.2 Momento en el apoyo

La verificación de resistencia al momento en el apoyo también podrá ser rehecha en nuevos ensayos, realizados en más de cinco durmientes del mismo lote.

## 7 Aceptación y rechazo

### 7.1 Aceptación

La aceptación en la recepción del lote que atienda plenamente a esta Norma será:

a) Provisoria – sin una aprobación de comportamiento en la vía.

b) Definitiva – un año después de colocado en servicio, satisfecho el comportamiento en la vía.

## 7.2 Rechazo

7.2.1 Será rechazado el lote que no atienda plenamente a esta Norma.

7.2.1.1 En caso de re – examen, o de contraensayo, si un cuerpo de prueba no atiende a esta Norma el lote será rechazado.

## 8 – Descripción de los ensayos para durmiente de hormigón bloque

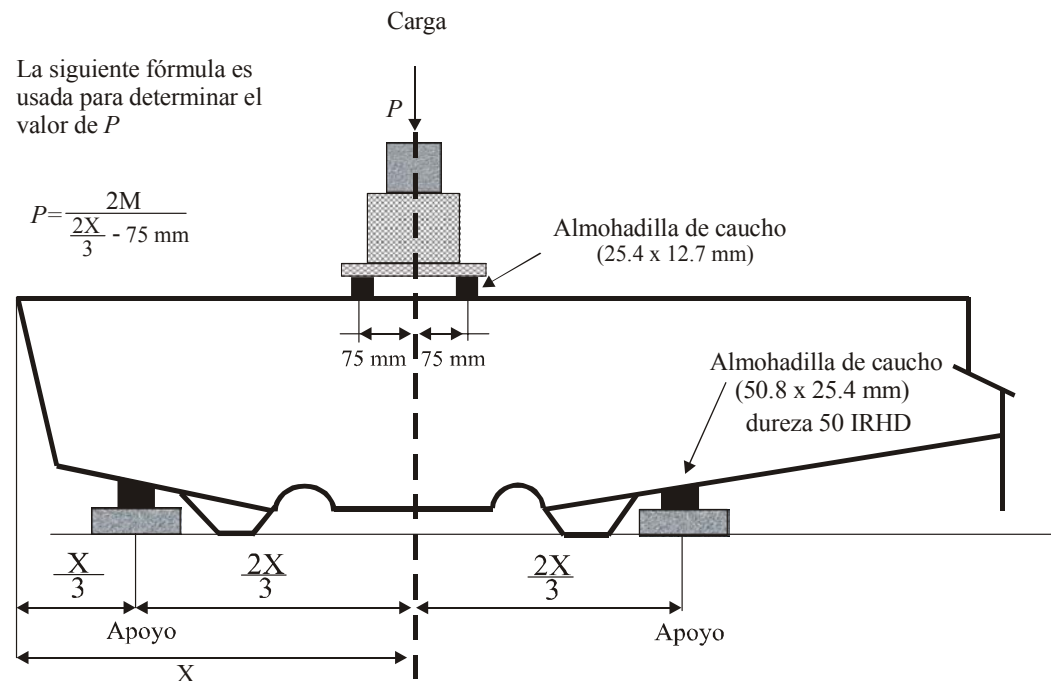
Los ensayos se especifican en los anexos I y II (según normas AREMA y CEN respectivamente)

## ANEXO I

## 8 Descripción de los ensayos del durmiente de hormigón bibloque según norma AREMA

## 8.1 - Ensayo del Asiento del Riel sometido a Carga Vertical.

Con el durmiente apoyado y cargado como se indica en la figura 1, una carga aumentando a una tasa no mayor que 22 kN por minuto debe ser aplicada hasta la carga (P) requerida para producir en momento negativo en el apoyo del riel especificado por el cliente. Esta carga debe ser mantenida por no menos de 3 minutos, tiempo durante el cual la pieza debe inspeccionarse para determinar si aparecen fisuras estructurales. Una lente iluminada de cómo mínimo 5 aumentos debe ser usada para localizar las fisuras.



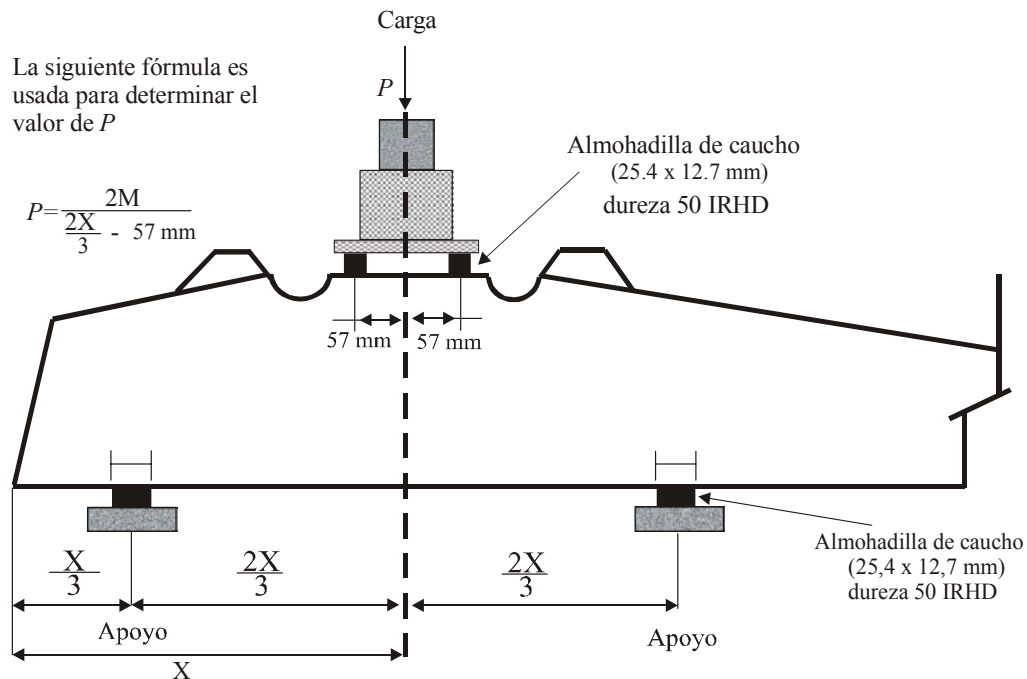
M = Momento negativo en el apoyo del riel como es requerido (según el art. 4.9 de la norma AREMA)

IRHD = International Rubber Hardness Degrees (Grado internacional de dureza del caucho)

Figura 1 - Ensayo del momento negativo en el apoyo del riel

De la misma forma el durmiente debe ser apoyado y cargado como se muestra en la figura 2 para producir el momento positivo en el asiento del riel especificado por el cliente.

Si la fisuración estructural no ocurre, los requerimientos de cada parte de este ensayo habrán sido alcanzados. Otro material puede ser usado previo acuerdo con el Ingeniero en sustitución de los apoyos de caucho.



$M$  = momento positivo en el apoyo del riel (según art.4.9 de la norma AREMA)

IRHD = International Rubber Hardness Degrees (Grado internacional de dureza del caucho)

Figura 2 - Ensayo de momento positivo en apoyo del riel

## 8.2 - Ensayo de Cargas Repetidas en el Asiento del Riel. (Ensayo Dinámico)

Luego de remover la carga estática en el asiento del riel necesaria para producir la fisuración, y de la sustitución de los soportes de la figura 2 por láminas de 6,35 mm de contrachapado, el durmiente debe ser sometido a 3 millones de ciclos de carga repetida con cada ciclo variando uniformemente entre 17,8 kN y 1,1 P. La carga repetida no debe exceder los 600 ciclos por minuto. Si, luego de la aplicación de 3 millones de ciclos, el durmiente puede soportar la carga de asiento de riel (1,1 P), los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados.

## 8.3 - Ensayo de Momento Negativo en el Centro del Durmiente.

Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en el figura 3 una carga aumentando a una tasa no mayor de 22 kN por minuto debe ser aplicada hasta que se alcance el valor de  $P_1$  causando el momento negativo especificado por el cliente. La carga debe ser mantenida por no menos de 3 minutos, tiempo durante el cual la pieza será inspeccionada para determinar si ocurre fisuración estructural. Una lente iluminada de no menos de 5 aumentos debe ser usada para localizar la fisura. Si no se produce la fisuración estructural y la deflexión en el centro del durmiente no excede los 12,8 mm los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados. Continuando con la carga a la misma tasa (22kN por

minuto) hasta alcanzar la carga P2, causando el momento negativo especificado por el cliente, esta deberá ser mantenida por 5 minutos. Si no se produce la fisuración estructural y la deformación permanente en el centro del durmiente, un minuto después de retirada la carga, no excede los 6,35 mm, los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados.

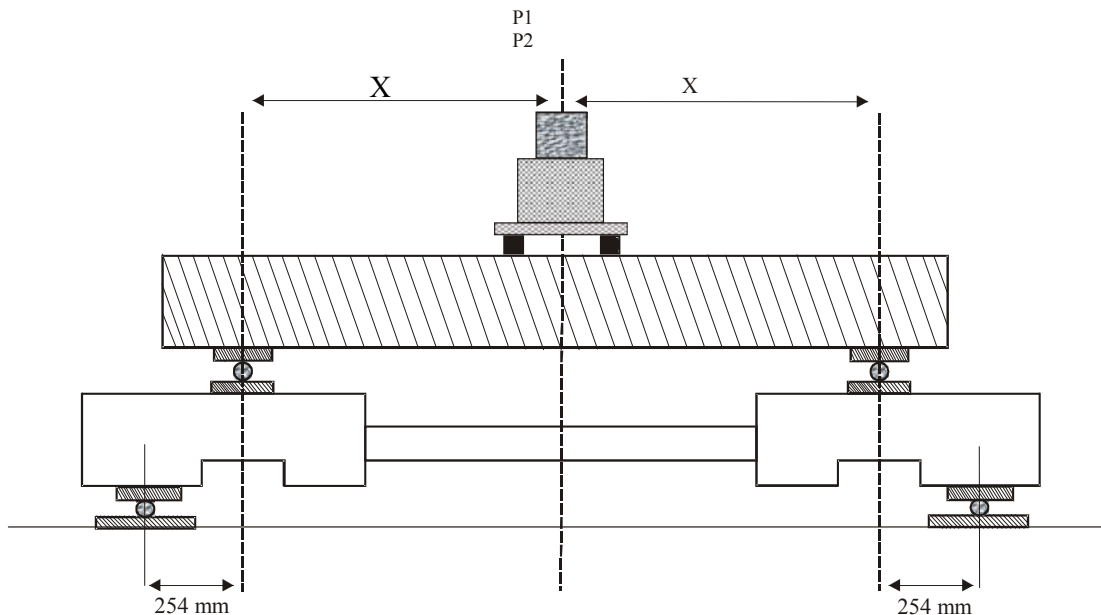


Figura 3 – Ensayo del momento negativo en el centro del durmiente

#### 8.4 - Ensayo de Momento Positivo en el Centro del Durmiente.

Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en el figura 4 una carga aumentando a una tasa no mayor de 22 kN por minuto debe ser aplicada hasta que se alcance el valor P1 causando el momento positivo especificado por el cliente. La carga debe ser mantenida por no menos de 3 minutos, tiempo durante el cual la pieza será inspeccionada para determinar si ocurre fisuración estructural. Una lente iluminada de no menos de 5 aumentos debe ser usada para localizar la fisura. Si no se produce la fisuración estructural y la deflexión en el centro del durmiente no excede los 12,8 mm los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados. Continuando con la carga a la misma tasa (22kN por minuto) hasta alcanzar la carga P2, causando el momento positivo especificado por el cliente, esta deberá ser mantenida por 5 minutos. Si no se produce la fisuración estructural y la deformación permanente en el centro del durmiente un minuto después de retirada la carga no excede los 6,35 mm los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados.

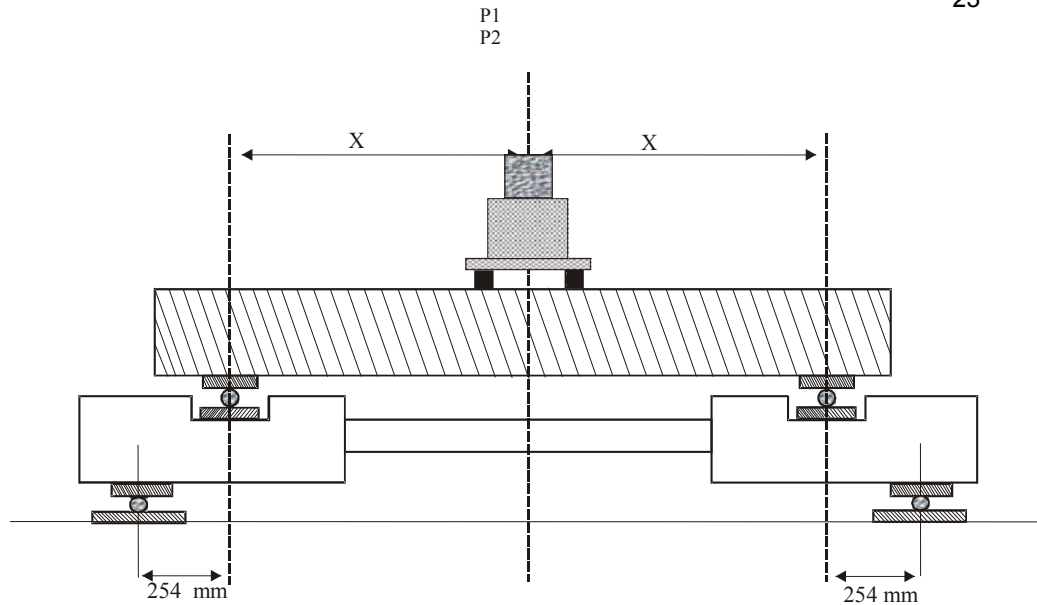


Figura 4 – Ensayo del momento positivo en el centro del durmiente

### 8.5 Ensayo de los Insertos de la Sujeción

Los insertos de la sujeción deben estar sujetos a ensayo de arranque y ensayo de torque como sigue:

- a. El ensayo de arranque deberá ser ejecutado en cada inserto como muestra la figura 5. Una fuerza axial de 53,4 kN debe ser aplicada en cada inserto separadamente y mantenida por no menos de 3 minutos, tiempo durante el cual una inspección debe ser hecha para determinar si allí hay algún deslizamiento en el inserto o alguna fisura en el hormigón.

NOTA: La fisuración del mortero en la vecindad del inserto no es causa de falla. Si las fallas ocurren, entonces los requerimientos de este ensayo no habrán sido alcanzados. La incapacidad del inserto de resistir por sí mismo 53,4 kN de carga sin deformación permanente constituirá también un motivo de falla de la prueba.

- b. A continuación del ensayo de arranque del inserto pasado satisfactoriamente, el ensayo de torque deberá ser realizado en cada inserto. Un torque de 339 N.m deberá ser aplicado sobre el eje vertical del inserto con una llave de torque calibrada a través de un dispositivo apropiado al inserto. El torque deberá ser mantenido por no menos de 3 minutos. La capacidad del inserto para resistir ese torque sin rotación, fisuración del hormigón o deformación permanente constituirá la aprobación de esta prueba.

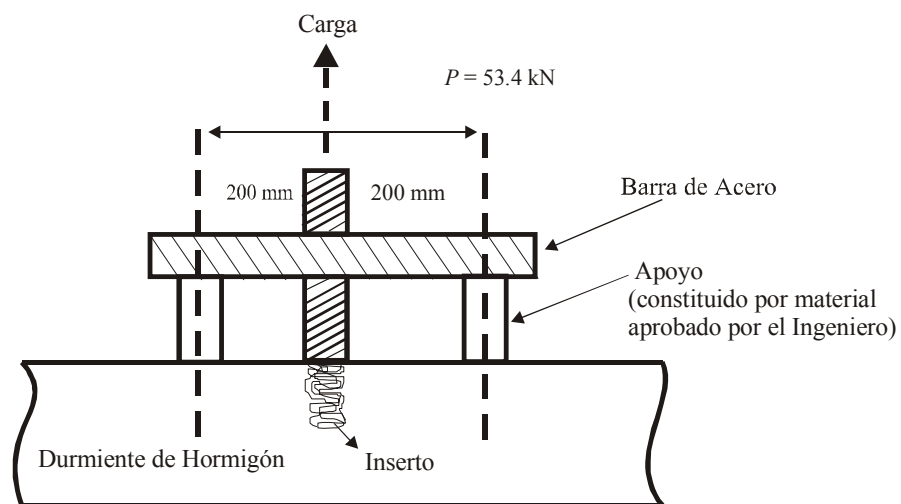


Figura 5 - Ensayo de arranque del Inserto



## ANEXO II

8 – Descripción de los ensayos para durmiente de hormigón bloque  
Según Norma CEN

Los ensayos de flexión son generalmente realizados en el centro del asiento del riel y en el centro del durmiente.

Ensayo Estático: Condición de carga para confirmar el comportamiento del durmiente requerido por diseño y ensayo de rutina.

Ensayo Dinámico: Condición de carga dinámica para lo cual aplica pulsaciones e incrementos de carga en el durmiente para simular la situación en la vía de carga de impacto excepcional solo requeridas en el ensayo de diseño.

Ensayo de Fatiga: Condición dinámica que simula la aplicación de una carga en el durmiente en la misma forma, como las cargas son aplicadas frecuentemente bajo tráfico. La condición simula peso, bastantes frecuencias de carga con aproximadamente 2 millones de ciclos durante la vida de servicio del durmiente solo requerido para el ensayo de diseño.

Este ensayo de diseño es opcional, si es pedido por el comprador.

## 8.1 Parámetros a utilizar en los ensayos

Aquí se definen los parámetros básicos usados en los ensayos.

Mdr – Momento en el asiento del riel (en kN,m) para el durmiente de hormigón y es usado para el cálculo de la carga de ensayo ( cuando sea necesario)

Mdc – Momento en el centro del durmiente es usado para calcular la carga de ensayo.

Fro – Carga de ensayo de referencia inicial positiva debajo del asiento del riel.

Fron – Carga de ensayo referencia inicial negativa debajo del asiento del riel.  
Fron =  $\frac{1}{2}$  Fro.

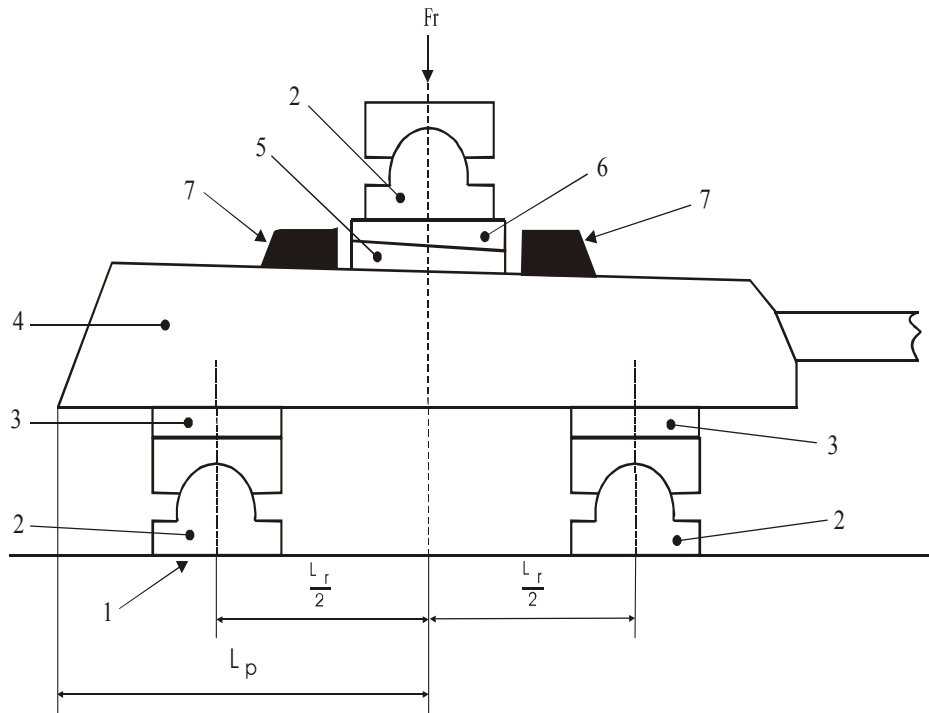
Frr – Carga de ensayo positivo que produce la fisura inicial en la parte inferior del durmiente en el asiento del riel (momento flector positivo).

Frrn – Carga de ensayo negativo que produce la fisura inicial en la parte superior del durmiente en el asiento del riel (momento flector negativo).

Fr<sub>0,05</sub> – Carga de ensayo para la cual el ancho de la fisura es de 0,05 mm en la parte inferior del durmiente debajo del asiento del riel y que persisten después de retirada la carga.

- Fr.  $0,05n$  – Carga de ensayo para la cual el ancho de la fisura es de 0,05 mm en la parte superior del durmiente debajo del asiento del riel y que persisten después de retirada la carga.
- Fr.  $0,5$  - Carga de ensayo para la cual el ancho de la fisura es de 0,5 mm en la parte inferior del durmiente debajo del asiento del riel y que persisten después de retirada la carga.
- Fr<sub>B</sub> - Carga de ensayo positivo debajo del asiento del riel, la que no puede ser incrementada.
- Fr<sub>Bn</sub> - Carga de ensayo negativo debajo del asiento del riel, la que no puede ser incrementada.
- Fru - Carga menor para el ensayo dinámico debajo del asiento del riel (Fru=50 kN)
- Lp – Distancia nominal entre el eje del riel y el extremo del durmiente en la cara inferior del mismo.
- Lr – Distancia nominal entre los ejes de los apoyos articulados debajo del durmiente.

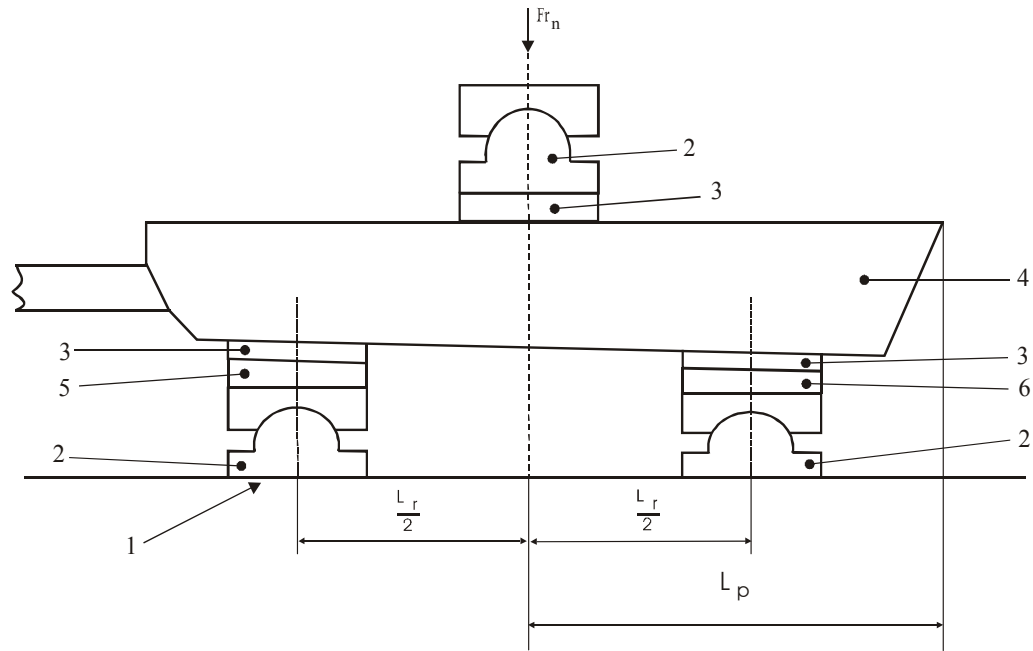
## 8.2 Ensayo debajo del asiento del riel



2. Apoyo indeformable
3. Apoyo articulado
4. Almohadilla de caucho de 10 mm y dureza 70 IRHD (\*)  $\pm 5$
5. Durmiente de hormigón bloque
6. Almohadilla de riel estándar (longitud = 140 mm), definido por el comprador
7. Planchuela de acero (dureza Brinell > 240, longitud = 140 mm, espesor = 20 mm)
8. Tranca lateral

IRHD: International Rubber Hardness Degrees (ISO 48) (Grado internacional de dureza del caucho)

Figura 1 Ensayo de momento positivo debajo del asiento del riel



1. Apoyo indeformable
2. Apoyo articulado
3. Almohadilla de caucho de 10 mm y dureza 70 IRHD (\*)  $\pm 5$
4. Durmiente de hormigón bibloque
5. Planchuela de acero (dureza Brinell >240, longitud = 140 mm, espesor = 20 mm)
6. Planchuela de acero (dureza Brinell >240, longitud = 140 mm, espesor = 20 mm)

IRHD: International Rubber Hardness Degrees (ISO 48) (Grado internacional de dureza del caucho)

Figura 2 Ensayo de momento negativo debajo del asiento del riel

| $L_p$ (m)                | $L_r$ (m) |
|--------------------------|-----------|
| $L_p < 0,349$            | 0,3       |
| $0,350 \leq L_p < 0,399$ | 0,4       |
| $0,400 \leq L_p < 0,449$ | 0,5       |
| $L_p \geq 0,450$         | 0,6       |

Tabla 1 - Valor de  $L_r$  con relación al  $L_p$

### 8.3 Procedimiento de ensayo

#### 8.3.1 Ensayo de carga

El valor de Fro es determinado por la geometría indicada en la figura 1 y los valores de la Tabla 2 utilizados en la fórmula empírica siguiente:

$$Fro = \frac{4 Mdr}{Lr - 0,1}$$

Lr en m

Fro en kN.

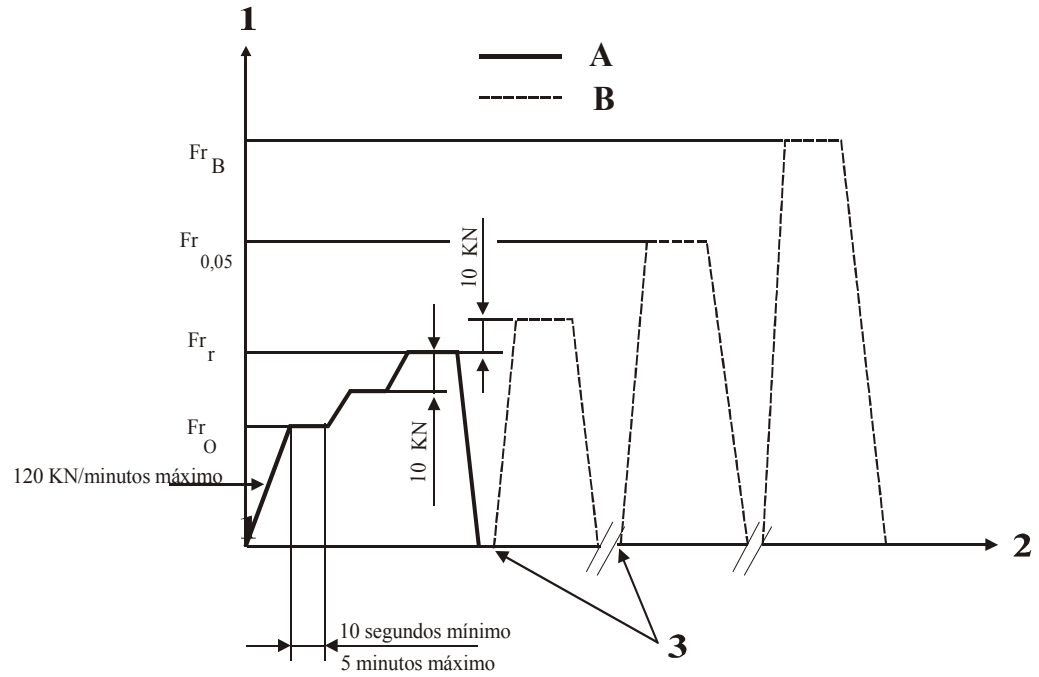
Mdr en kN. M

|     |        |        |       |
|-----|--------|--------|-------|
| Lr  | 0,4    | 0,5    | 0,6   |
| Fro | 13 Mdr | 10 Mdr | 8 Mdr |

Tabla 2 – Valor de Fro en relación a Lr.

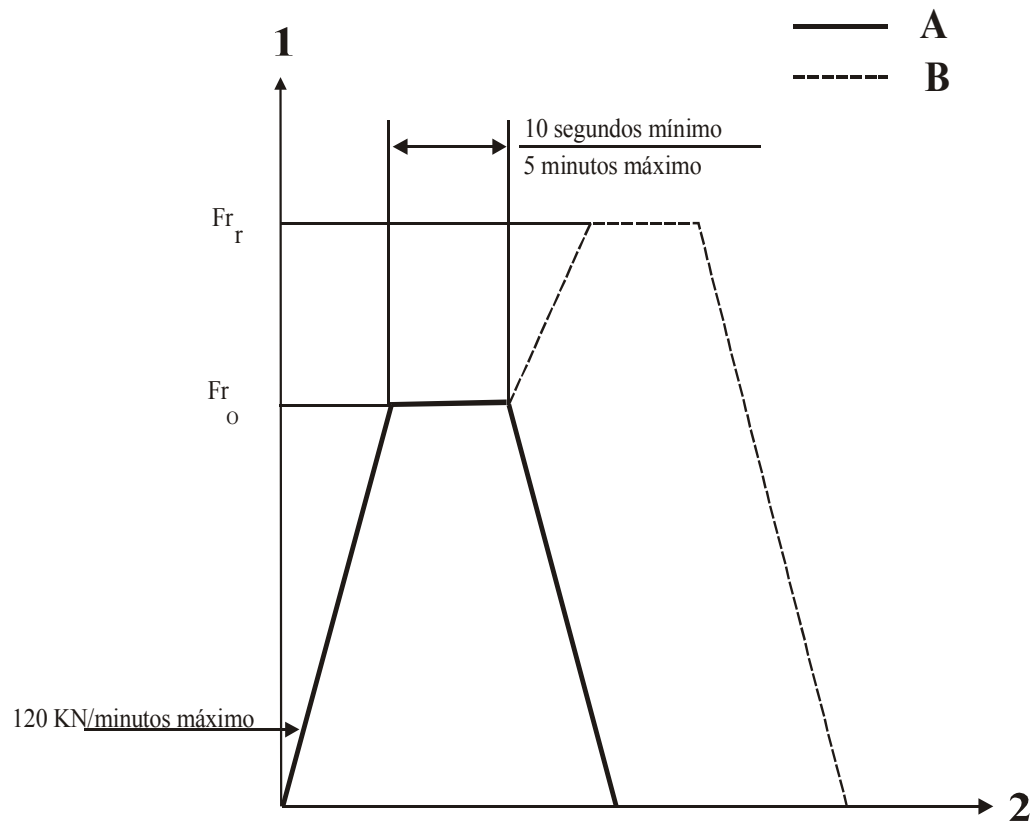
### 8.3.2 Ensayo estático:

El procedimiento del ensayo estático en la zona de asiento del riel es mostrado en las figuras 3.1, 3.2 y 4:



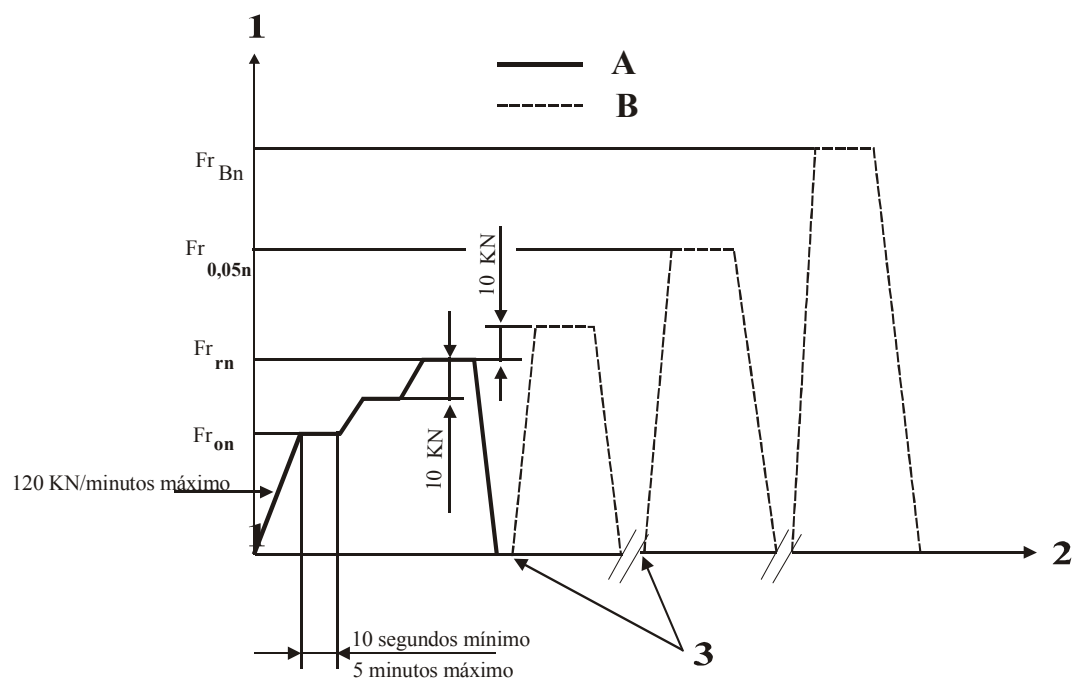
- 1 – Carga
- 2 – Tiempo
- 3 – Verificación del fisura
- A – Parte obligatoria del ensayo
- B – Parte optativa del ensayo

Figura 3.1- Ensayo estático de momento positivo en el asiento del riel.  
(para el ensayo de calificación)



- 1- Carga  
 2 – Tiempo  
 A – Parte obligatoria del ensayo  
 B – Parte optativa del ensayo

Figura 3.2- Ensayo estático de momento positivo en el asiento del riel.  
 (para el ensayo de serie)



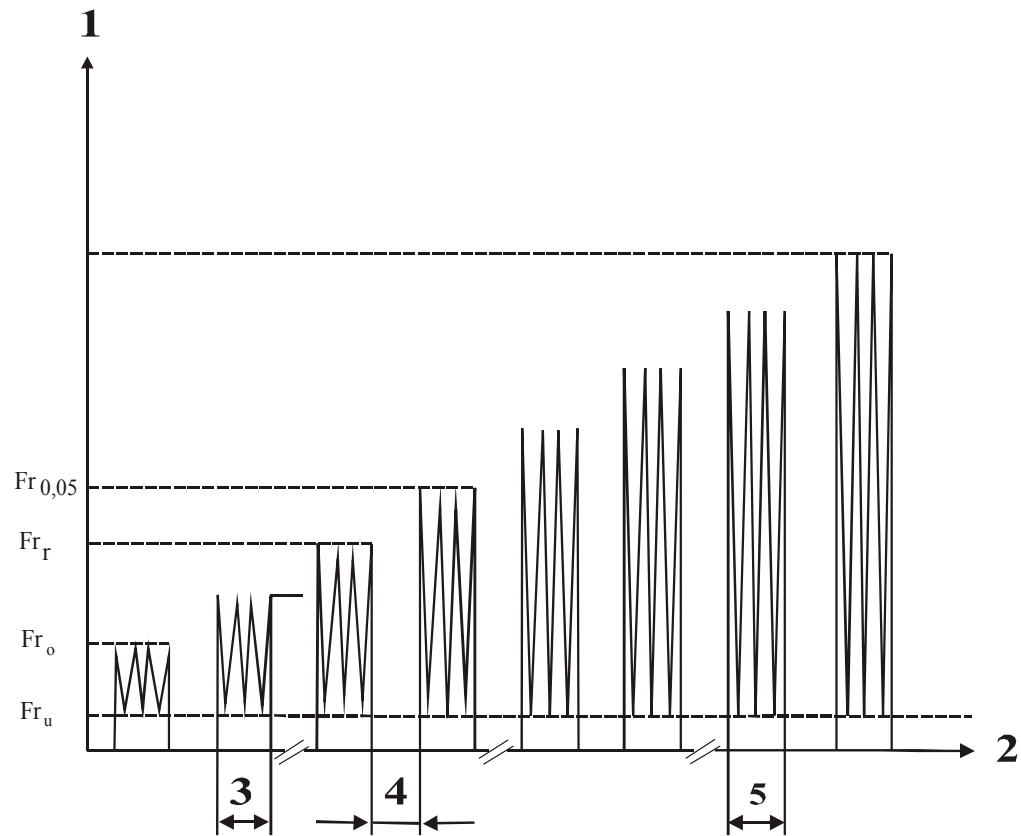
- 1 – Carga  
 2 – Tiempo  
 3 – Verificación del fisura  
 A – Parte obligatoria del ensayo  
 B – Parte optativa del ensayo

Figura 4 – Ensayo estático de momento negativo en el asiento del riel.  
 (para el ensayo de calificación)



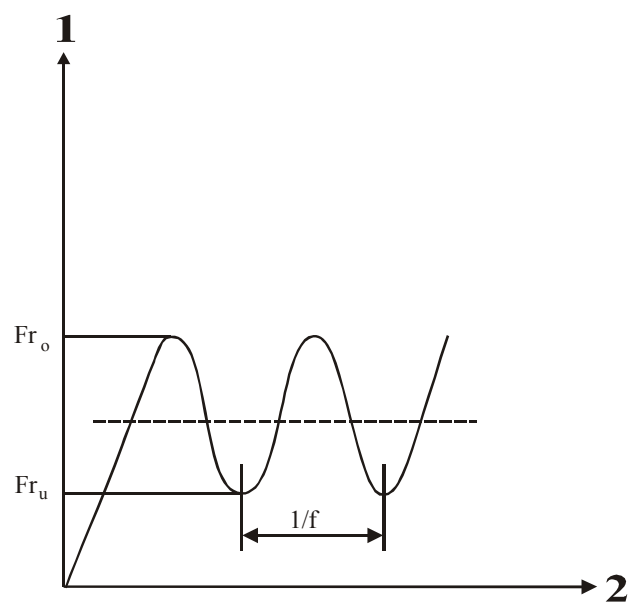
### 8.3.3 Ensayo dinámico

El procedimiento de ensayo dinámico en la zona de asiento del riel es mostrado en las figuras 5.1 y 5.2.



- 1 –Carga
- 2 – Tiempo
- 3 – 5000 ciclos de carga
- 4 – Tiempo máximo de 5 minutos por observación
- 5 – Frecuencia (f) entre 2 Hz y 5 Hz

Figura 5.1-Ensayo dinámico en el asiento del riel.



1 – Carga  
2 – Tiempo

Figura 5.2 – Curva de frecuencia de Carga

### 8.3.4 Criterios de aceptación

#### 8.3.4.1 Ensayo estático:

El criterio de aceptación para el ensayo estático en el asiento del riel es el siguiente:

$$F_{rr} > F_{ro} \text{ (para momento positivo)}$$

Si se realiza la parte del ensayo no obligatorio, el criterio de aceptación es:

$$F_{r0,05} > k_{1S} \cdot F_{ro}$$

$$F_{rB} > k_{2S} \cdot F_{ro}$$

$$F_{rn} > F_{ro}/2 \text{ (para momento negativo)}$$

#### 8.3.4.2 Ensayo dinámico:

El criterio de aceptación para el ensayo dinámico en el asiento del riel es el siguiente:

$$F_{r0,05} > k_{1d} \cdot F_{ro}$$

$$F_{rB} > k_{2d} \cdot F_{ro}$$

$$F_{r0,5} \geq k_{2d} \cdot F_{ro} \text{ (de acuerdo a los requerimiento del comprador)}$$

#### 8.3.4.3 Valores de los coeficientes

Los siguientes parámetros deberán ser suministrados por el comprador de acuerdo a las condiciones de diseño.

$K_1$  – Coeficiente de impacto aleatorio

$K_2$  – Coeficiente de impacto accidental

### 8.3.5 Ensayo de calificación

Los ensayos de calificación a realizar sobre el durmiente de hormigón comprende las siguientes condiciones:

Todos los resultados del ensayo deben satisfacer los criterios de aceptación. Cada bloque de durmiente deberá ser utilizado para un solo ensayo.

#### 8.3.5.1 Determinación de los momentos de flexión

Los ensayos se realizarán utilizando los montajes de ensayos representados en las figuras 1 y 2.

a) Ensayos estáticos:

Las dos secciones debajo del riel sobre 3 durmientes (para los momentos de flexión positivos).

Idem para los momentos de flexión negativos.

b) Ensayos dinámicos.

Las dos mesas de apoyo del riel sobre 3 durmientes.