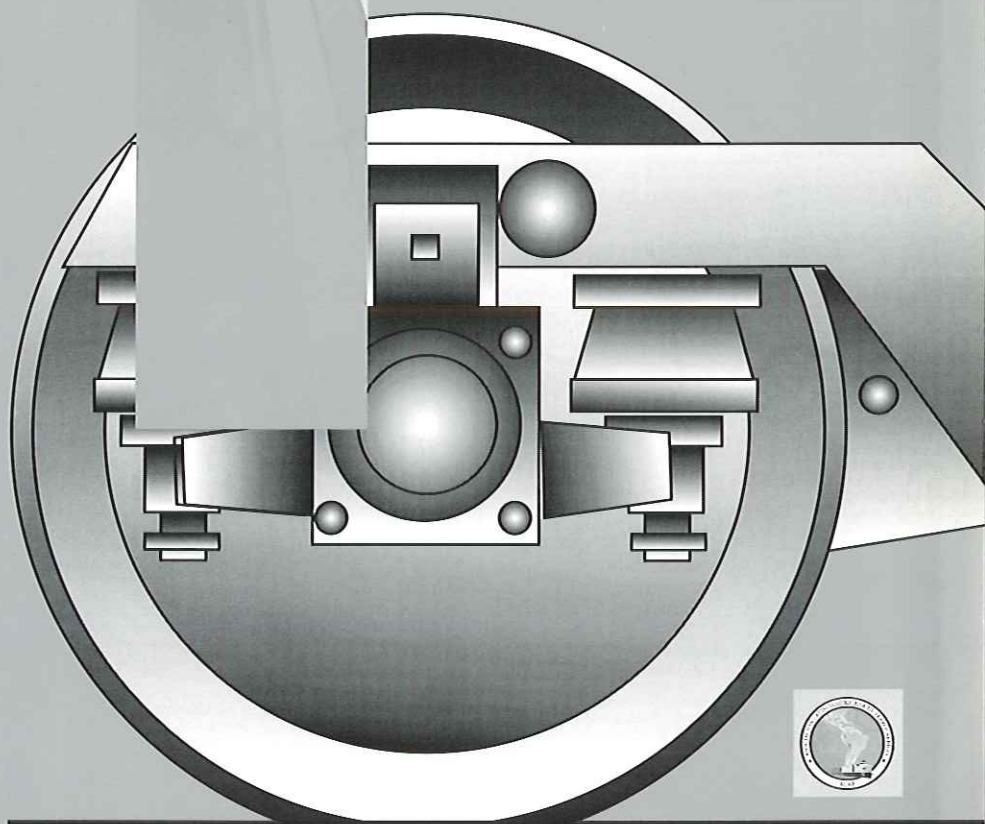


TEMAS

ALAF

DE DIVULGACION FERROVIARIA

9



ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FERROCARRILES
ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE ESTRADAS DE FERRO

PAG I
Norma ALAF 5-022
Durmientes de hormigón monobloque

PAG 45
Norma ALAF 5-023
Durmientes de hormigón bibloque



Renfe

Dirección de Relaciones Internacionales

Publicación realizada con el aporte del convenio ALAF-RENFE
Nº 9 / 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
www.alaf.int.ar

NORMA ALAF 5-022

DURMIENTES DE HORMIGÓN

MONOBLOQUE

ALAF / Comisión de Normalización

Indice	Pág
1 Alcance	2
2 Documentos complementarios	2
3 Definiciones	2
4 Condiciones generales	3
5 Condiciones específicas	18
6 Inspección	20
7 Aceptación y rechazo	24
8 Descripción de los ensayos del durmiente de hormigón (Anexos I y II)	26

1. Alcance

Esta Norma fija las condiciones exigibles al durmiente de hormigón monobloque pretensado 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 hormigón pretensado: 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 pretensado tipo monobloque: es el durmiente constituido por un elemento de hormigón sometido a tensiones previas de compresión. El esfuerzo de precompresión del durmiente se obtiene mediante alambres, cordones o barras de acero traccionadas con la carga correspondiente y que transmiten el esfuerzo ya sea por adherencia, anclaje o una combinación de ambos procedimientos.

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 conside-

rar; el comprador suministrará, los datos indicados abajo, que a su criterio 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 siguiendo 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.

4.2.4.5 La memoria de cálculo informará la pérdida en el pretensado resultante de la deformación del acero y la retracción del hormigón.

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) Anclaje: cuando la transferencia del pretensado no sea por adherencia, el conjunto del anclaje, en los extremos del DH tiene que poseer resistencia para absorber y transmitir sin deformaciones todos los esfuerzos inherentes al proceso.
- e) Soporte para el tercer riel en su caso.
- f) Acabado, elementos de anclaje y componentes de la fijación.
- g) 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 pasiva no pretensionada: cláusula 2.
- b) La armadura de pretensado:
 - Hilo: cláusula 2.
 - Cordón: cláusula 2.

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.

4.3.1.6 El hilo o el cordón de pretensado estará en bobina de diámetro grande o suficiente para que permanezca recto después del desenrollado.

4.3.1.7 Está prohibido el rectificado del hilo o del cordón plegado, que pueda modificar las características de resistencia del hilo o del cordón

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 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-slice 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 El hormigón pretensado cumplirá la norma indicada en la cláusula 2:

- a) La cantidad de sulfuro y sulfato contenida en el aditivo estará rigurosamente limitada.
- b) El empleo de nitrato y cloruro está prohibido en el mortero de inyección y en el durmiente con adherencia previa.

4.3.4.4 Cuando se haya previsto el empleo simultáneo de más de un aditivo, deberá tenerse la seguridad de la

compatibilidad entre ellos.

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

4.3.4.6 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 utilizaciones 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 SO₄)

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 Se aceptará en la armadura pretensada hasta un empalme por durmiente.

La armadura será de acuerdo con:

- a) Armadura pasiva: cláusula 2.
- b) Armadura pretensada: cláusula 2.

4.4.2.2 La armadura no pretensada será confeccionada en frío, sobre bancos, de forma de permitir obtener las formas y dimensiones fijadas en el proyecto; no se admi-

tirán empalmes.

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

4.4.2.4 Está prohibido posicionar o repositionar la armadura durante el hormigonado.

4.4.2.5 Para armadura longitudinal de pretensado se dotará un mínimo de cuatro hilos o cordones, con distribución simétrica con relación al plano vertical de simetría longitudinal del DH.

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

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

4.4.2.7 Las extremidades de los hilos de pretensión con sistemas de anclaje mecánico, serán protegidas e impermeabilizadas con mortero de cemento y arena de resistencia a la compresión a los 28 días de un mínimo de 30 Mpa, y terminación con pintura de protección anticorrosiva.

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 4.4.2.6).

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 éste.

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

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

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

4.4.3.11 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 camadas 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:

Tabla – Límite de las dimensiones nominales del DHM en mm

Tabla – Límite de las dimensiones nominales del DHM en mm					
Trocha	Longitud	Ancho		Altura	
		Base	Apoyo riel	Parte Central	Apoyo riel
		Máximo	Mínimo (A)	Mínima	Máximo
1	2	3	4	5	6
1 Angosta	1900 (mín.)	320	150	153	250
2 Normal	2400 a 2600	320	150	(B)	250
3 Ancha	2600 a 2800	320	150	(B)	250

(A) En el apoyo de los rieles.

(B) 85 % de la altura en el apoyo

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:

- a) Superficie regular y limpia.
- b) Apoyo de los rieles plano y liso.
- c) Superficie inferior plana y áspera.
- d) Zona de apoyo y anclaje de la sujeción limpia, desobstruída 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 apa-

riencia 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.

4.12.3.1 Para verificación del pretensado, un dinamómetro tendrá que estar disponible.

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, l por semana de producción.
- b) Agregado fino, l por semana de producción.
 - granulometría.
 - contenido de arcilla en terrones.
 - contenido de material pulverulento.
- c) Agregado grueso, l por semana de producción.
 - granulometría.
 - material pulverulento.
- d) Agua.
 - análisis químico, l por semestre.
- e) Acero de pretensado: control dimensional y resistencia a la tracción, l por hasta 25 toneladas recibidas.
- 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 éstos tengan las correspondientes certificaciones de calidad según normas ISO.

5 Condiciones específicas

Si en la vía existen condiciones específicas a considerar en el calculo del durmiente, estas condiciones serán suministradas por el comprador.

Ver anexo

5.1. Carga P para los ensayos estructurales del DH.

En los ensayos, la carga P será tal que el momento máximo aplicado en el ensayo sea igual al momento de dimen-

sionamiento del DH según el método de cálculo aprobado por el cliente.(mirar anexo).

5.2 Resistencia

5.2.1 Armadura no pretensada

Se adoptará para la resistencia a la tracción (f_{yk}) 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 (f_{ck}) a los 28 días
45 MPa
- b) Compresión admisible del hormigón debido únicamente a la fuerza de pretensado
12 MPa
- c) Compresión en ocasión de la transferencia del pretensado
A MPa
- d) Tracción (en la flexión) (f_{ctk7}) a los 7 días
5 MPa

A = valor a ser fijado en el proyecto.

5.2.3 Momento flector

En el proyecto, será fijado el momento flector máximo del DH monobloque, según el método de cálculo aprobado por el cliente, sin que se presente fisura visible al nivel inferior de los hilos de pretensado con lupa iluminada y ampliación de cinco veces:

- a) Positivo y negativo en el medio del DH monobloque.
- b) Positivo y negativo en el apoyo del riel.

5.3 Tolerancia

5.3.1 Dimensional

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

- a) Longitud $\pm 6 \text{ mm}$

b) Ancho en cualquier punto	± 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 o 1: 35 a 1: 45 según corresponda
f) Dimensión del apoyo de los rieles	± 1 mm
g) Nivel entre los apoyos de los rieles	3 mm
h) Torcida transversal (torsión)	± 1 % entre los apoyos de los rieles.
i) Entre ejes de los apoyos de los rieles	± 1 mm
j) Centro del DH respecto al eje de vía	12 mm
k) Inclinación de los insertos	± 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. 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 abarcán-dolas 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 obligatoria-

mente 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 al momento positivo en el centro del DHM

e) Resistencia al momento negativo en el centro del DHM

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

g) Resistencia de los elementos de pretensado (Ensayo de adherencia y carga final de los elementos de pretensado).

h) 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, éste solamente si se usa desmoldeo instantáneo. 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

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

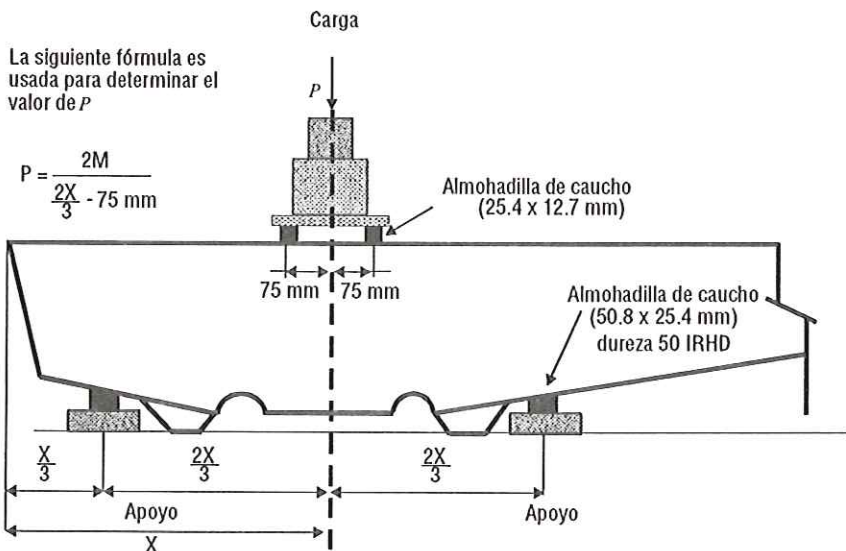
Los ensayos se especifican en los Anexos I y II (según normas AREMA y CEN respectivamente).

Anexo I

8 Descripción de los ensayos del durmiente de hormigón monobloque (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 5 kips (22 kN) por minuto debe ser aplicada hasta la carga (P) requerida para producir un 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.

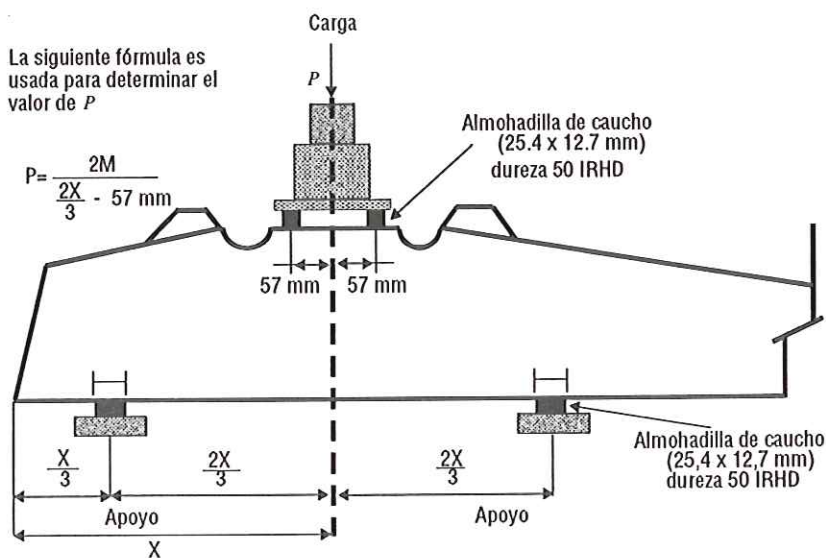


M = Momento negativo en el apoyo del riel como es requerido (según el art. 4.9 de la norma AREMA)

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

Fig 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. Una lente iluminada de cómo mínimo 5 aumentos debe ser usada para localizar las fisuras. 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)

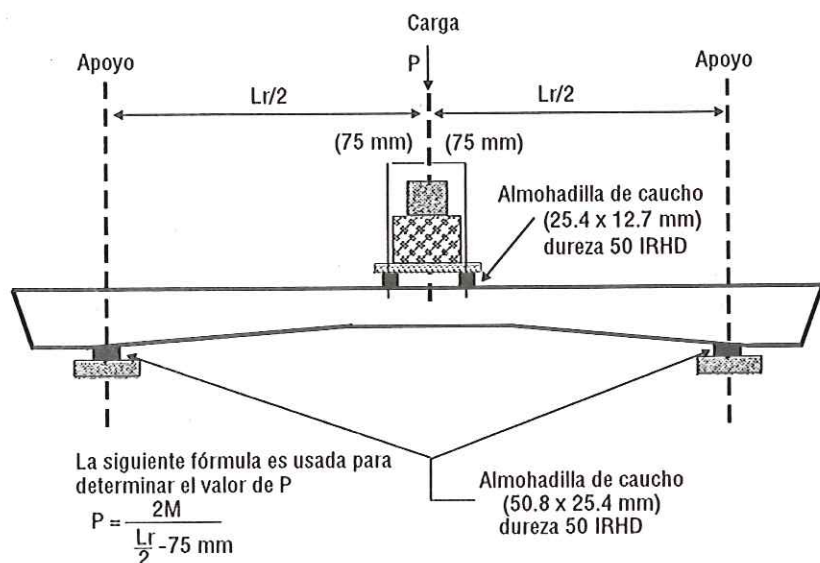
Fig 2. Ensayo del momento positivo en el apoyo del riel

8.2 - Ensayo de cargas repetidas en el asiento del riel. (Ensayo dinámico)

- a. Siguiendo el ensayo de carga vertical para momento positivo en el asiento del riel, la carga debe ser incrementada a una tasa de por lo menos 5 kips (22kN) por minuto hasta que el durmiente se fisura desde su superficie inferior hasta el nivel de los primeros hilos de pretensado.
- b. 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 4 kips (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 la figura 3 una carga aumentando a una tasa no mayor de 5 kips (22 kN) por minuto debe ser aplicada hasta que se alcance el momento negativo en el centro de diseño 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 los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados.

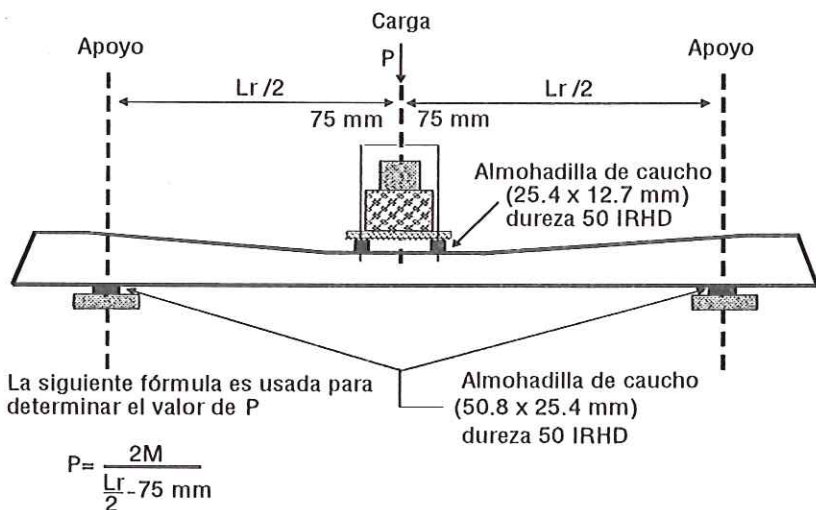


M=Momento negativo en el centro del durmiente (según el art.4.9 de la norma AREMA)
 Lr = distancia entre apoyos (mm)
 IRHD = International Rubber Hardness Degrees (Grado internacional de dureza del caucho)

Fig 3. Ensayo de 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 la figura 4 una carga aumentando a una tasa no mayor de 5 kips (22 kN) por minuto debe ser aplicada hasta que se alcance el momento positivo en el centro de diseño 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 los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados.



M = Momento positivo en el centro del durmiente (según el art.4.9 de la norma AREMA)

Lr = distancia entre apoyos (mm)

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

Fig 4. Ensayo de momento positivo en el centro del durmiente

8.5 - Ensayos de adherencia y carga final de los elementos de pretensado.

a. El durmiente de hormigón pretensado debe ser ensayado como especificado abajo:

Con el durmiente apoyado y cargado en el asiento del riel como es mostrado en la figura 2 una carga aumentando a una tasa no mayor de 5 kips (22 kN) por minuto debe ser aplicada hasta obtener una carga total de 1.5 P (la carga P debe ser determinada en ensayo de carga vertical en el asiento del riel para momento positivo).

Si no hay un deslizamiento mayor que 0,001 pulgadas (0,025 mm), determinado con un extensómetro de lec-

tura 1/10000 pulgadas (1/400 mm), los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados.

Las medidas deben ser realizadas en los hilos inferiores más externos. La carga deberá entonces ser incrementada hasta la falla última y la máxima carga obtenida deberá ser registrada.

b. El durmiente de hormigón postensado debe ser ensayado, para el anclaje del tensor y para la carga última como especificado abajo:

Con el durmiente apoyado y cargado en el asiento del riel como es mostrado en la figura 2 una carga aumentando a una tasa no mayor de 5 kips (22 kN) por minuto debe ser aplicada hasta obtener una carga total de 1.5 P. Si el durmiente puede soportar esta carga por un período de 5 minutos los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados. La carga deberá entonces ser incrementada hasta la última falla y la máxima carga obtenida deberá ser registrada.

8.6 Ensayo de arranque de los insertos

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 12 kips (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 12 kips (53.4 kN) de carga sin deformación permanente constituirá también un motivo de falla de la prueba.

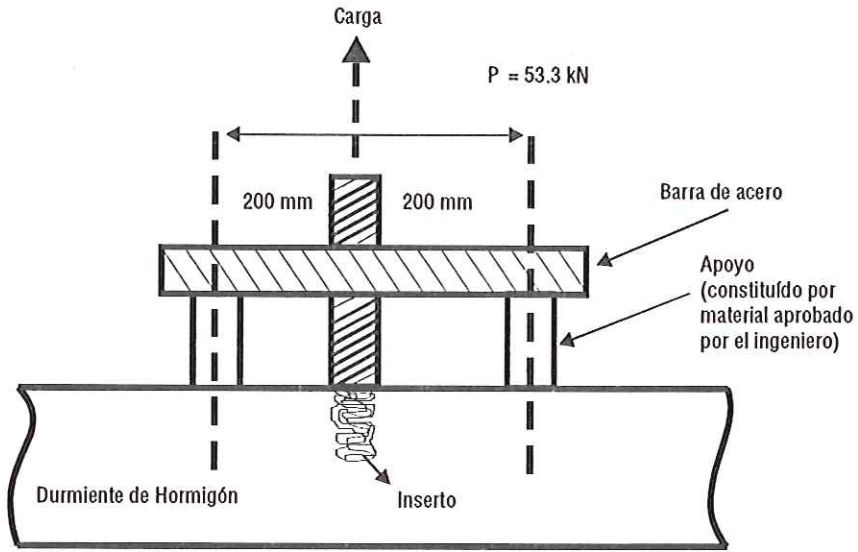


Fig 5. Ensayo de arranque del inserto

b. A continuación del ensayo de arranque del inserto pasado satisfactoriamente, el ensayo de torque deberá ser realizado en cada inserto. Un torque de 250 ft-lbarema (339 NT*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.

Anexo II

8. Descripción de los ensayos para durmiente de hormigón monobloque 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 la cual aplica pulsaciones e incrementos de carga en el durmiente para simular la situación en la vía de carga de impacto excepcional sólo 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 debajo del asiento del riel.

Frr – Carga de ensayo que produce la fisura inicial en la

parte inferior del durmiente en el asiento del riel.

Fr. 0,05 – 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. 0,5 - 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.

FrB - Carga de ensayo debajo del asiento del riel, la que no puede ser incrementada.

Fru - Carga menor para el ensayo dinámico debajo del asiento del riel ($F_{ru}=50$ kN)

Fco – Carga de ensayo de referencia inicial positiva en el centro del durmiente.

Fcon – Carga de ensayo de referencia inicial negativa en el centro del durmiente.

Fcr – Carga de ensayo positiva que produce la fisura inicial en la sección central del durmiente.

Fcrm – Carga de ensayo negativa que produce la fisura inicial en la sección central del durmiente.

FcB – Carga de ensayo positiva en la sección central del durmiente, que no puede ser incrementada.

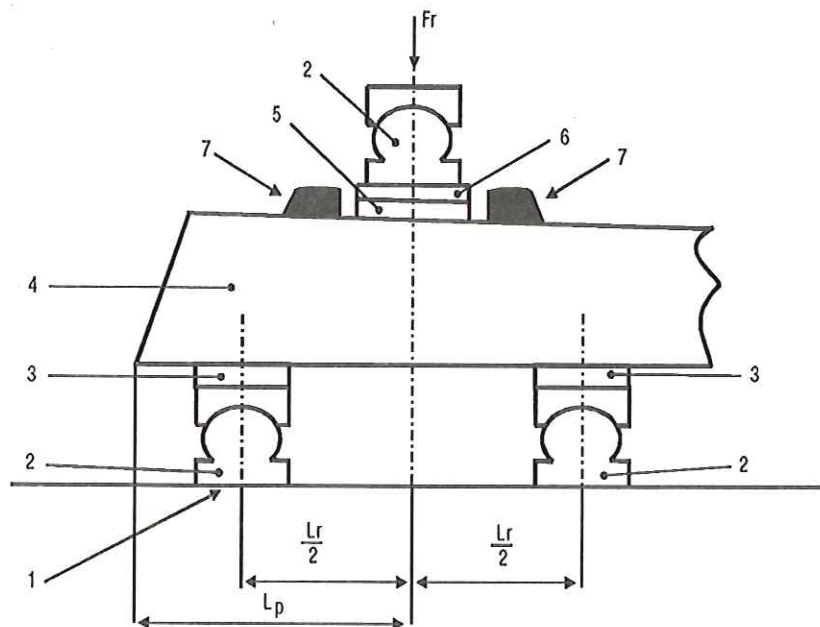
FcBn – Carga de ensayo negativa en la sección central del durmiente, que no puede ser incrementada.

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, utilizados para el ensayo debajo del asiento del riel.

Lc – Distancia nominal entre los ejes de los apoyos articulados debajo del durmiente, utilizados para el ensayo de la sección central del durmiente.

8.2 Ensayo debajo del asiento del riel



Apoyo indeformable

Apoyo articulado

Almohadilla de caucho de 10 mm y dureza 70 IRHD (*) ± 5

Durmiente de hormigón monobloque

Almohadilla de riel estándar (longitud = 140 mm), definido por el comprador

Planchuela de acero (dureza Brinell >240, longitud = 140 mm, espesor = 20 mm)

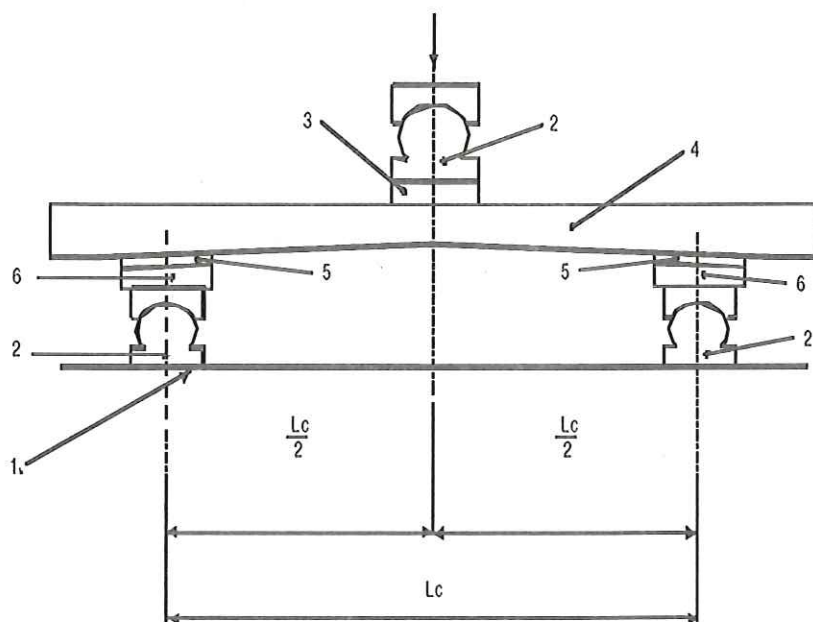
Tranca lateral

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

Figura 1 Ensayo de momento positivo debajo del asiento del riel

Lp (m)	Lr (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 Lr con relación al Lp



Apoyo indeformable

Apoyo articulado

Almohadilla de caucho de 10 mm y dureza 70 IRHD (*) ± 5

Durmiente de hormigón bloque

Planchuela de acero (dureza Brinell >240, longitud =140 mm, espesor = 20 mm)

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 en la sección central del durmiente

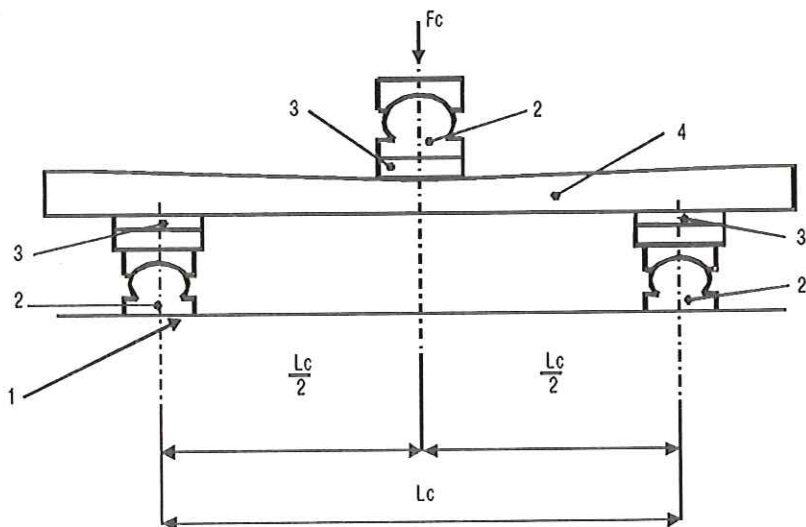


Figura 3 Ensayo de momento positivo en la sección central del durmiente

8.3 Procedimiento de ensayo

8.3.1 Ensayo de carga

El valor de \$F_{ro}\$ es determinado por la geometría indicada en la figura 1 y los valores de la Tabla 2 utilizados en la fórmula empírica siguiente

$$F_{ro} = \frac{4 M_{dr}}{L_r - 0,1}$$

\$L_r\$ en m

\$F_{ro}\$ en kN.

\$M_{dr}\$ 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.

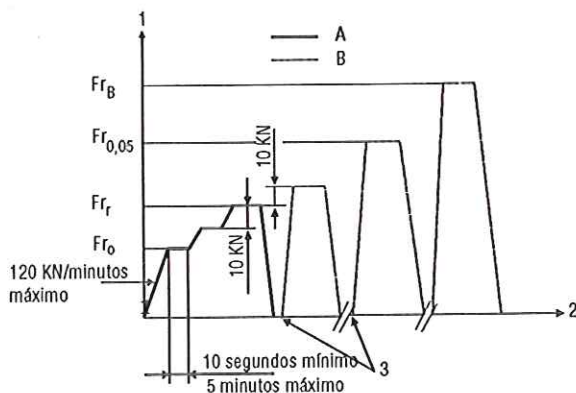
Los valores de Fco y Fcon son determinados por la geometría indicada en las figuras 2 y 3 y utilizando las fórmulas empíricas siguientes:

$$F_{co} = \frac{4 \text{ Mdc}}{L_c - 0,1}$$

$$F_{con} = \frac{4 \text{ Mdc}}{L_c - 0,1}$$

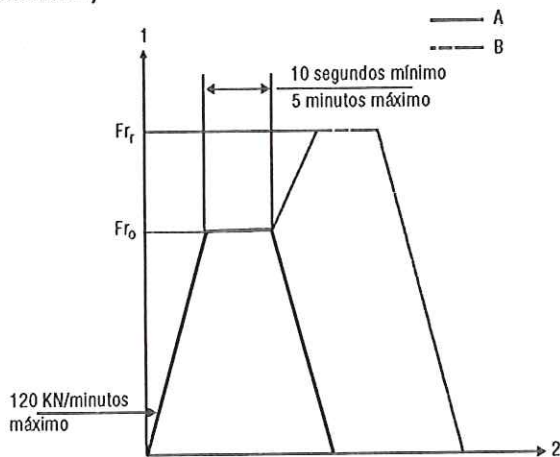
8.3.2 Ensayo estático

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



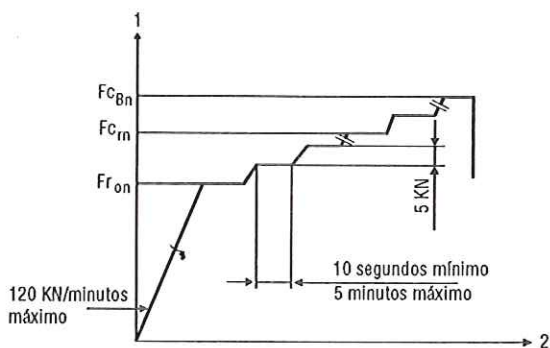
- 1 – Carga
- 2 – Tiempo
- 3 – Verificación de la fisura
- A – Parte obligatoria del ensayo
- B – Parte optativa del ensayo

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



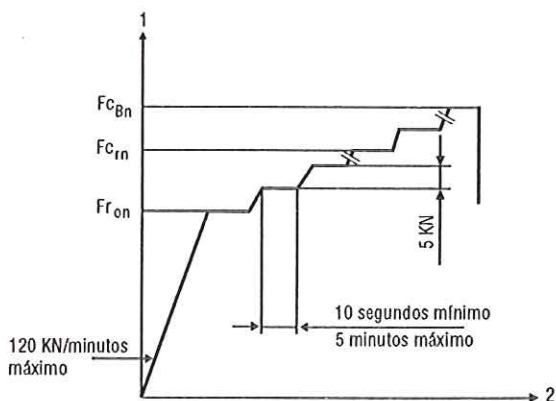
- 1 – Carga
- 2 – Tiempo
- A – Parte obligatoria del ensayo
- B – Parte optativa del ensayo

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



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

Figura 4.1 - Ensayo estático de momento negativo en la sección central del durmiente, (para el ensayo de calificación)

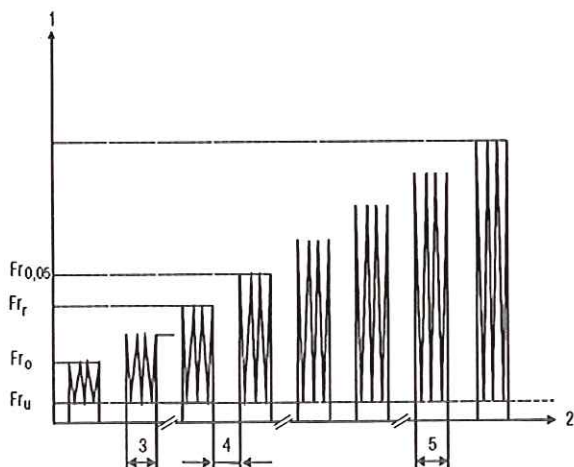


- 1 - Carga
- 2 - Tiempo
- 3 - Verificación de la fisura
- A - Parte obligatoria del ensayo
- B - Parte optativa del ensayo

Figura 4.2 - Ensayo estático de momento positivo en la sección central del durmiente, (para el ensayo de calificación)

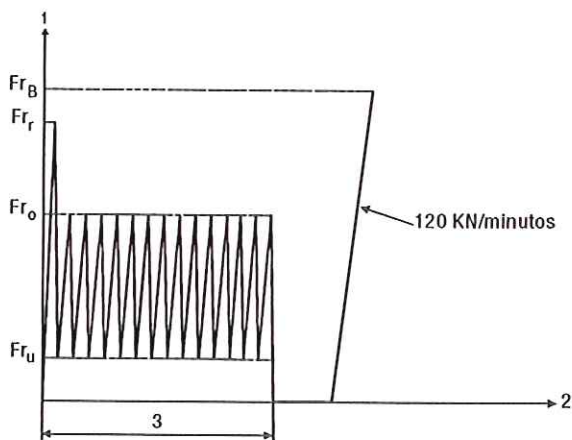
8.3.3 Ensayo dinámico

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:

$$F_{rr} > F_{ro}$$

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

$$F_{r0,05} > k1S \cdot F_{ro}$$

$$F_{rB} > k2S \cdot F_{ro}$$

El criterio de aceptación para el ensayo estático en la sección central del durmiente es el siguiente:

$$F_{cm} > F_{co}$$

Ensayo dinámico

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

$$Fr_{0,05} > k1d \cdot Fro$$

$$FrB > k2d \cdot Fro$$

$Fr_{0,5} \geq k2d \cdot Fro$ (de acuerdo a los requerimientos del comprador)

Ensayo de fatiga

Los criterios de aceptación para el ensayo de fatiga son los siguientes:

El ancho de la fisura debe ser inferior a 0,1 mm

Valores de los coeficientes

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

K1 – Coeficiente de impacto aleatorio

K2 – Coeficiente de impacto accidental

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 sólo ensayo.

8.3.5.1 Determinación de los momentos de flexión

Los ensayos se realizarán utilizando los montajes de ensayos representados en los gráficos de las figuras

4.1 y 4.2

Ensayos estáticos

Las dos secciones debajo del riel sobre 6 durmientes (para los momentos de flexión positivos).

Sección central: 3 durmientes tanto para el momento de flexión positivo como para el negativo.

Ensayos dinámicos

Las dos secciones debajo del riel sobre 6 durmientes (para los momentos de flexión positivos).

NORMA ALAF 5-023

DURMIENTES DE HORMIGÓN

BIBLOQUE

ALAF / Comisión de Normalización

Indice	Pág
1 Alcance	46
2 Documentos complementarios	46
3 Definiciones	46
4 Condiciones generales	47
5 Condiciones específicas	61
6 Inspección	63
7 Aceptación y rechazo	66
8 Descripción de los ensayos del durmiente de hormigón (Anexos I y II)	68

1 Alcance

1.1 Esta Norma fija las condiciones exigibles al durmiente de bloque 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 bibloque: 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 siguiendo 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 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 contraindicación (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 utilizaciones 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 SO₄)
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 reubicar 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 éste.

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 (durmierte de hormigón bibloque), 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 destruído, 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 Mercado

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 camadas 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 tabla de la página siguiente.

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:

- a) Superficie regular y limpia.
- b) Apoyo de los rieles plano y liso.
- c) Superficie inferior plana y áspera.
- d) Zona de apoyo y anclaje de la sujeción limpia, desobstruída y exenta de lechada de cemento.

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

* 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.

4.10.2 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 deta-

llados 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, l por semana de producción.
- b) Agregado fino, l por semana de producción.
 - granulometría.
 - contenido de arcilla en terrones.
 - contenido de material pulverulento.
- c) Agregado grueso, l 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 éstos 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 considerar en el cálculo del durmiente, 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.(ver anexo)

5.2 Resistencia

5.2.1 Armadura no pretensada

Se adoptará para la resistencia a la tracción (f_{yk}) 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 (f_{ck}) a los 28 días

45 MPa

d) Tracción (en la flexión) (f_{ctk7}) 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 o mayor de 0,1 mm medido 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 | ± 6 mm |
| b) Ancho en cualquier punto | ± 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 o
1: 35 a 1: 45 según corresponda |
| f) Dimensión del apoyo de los rieles | ± 1 mm |
| g) Nivel entre los apoyos de los rieles | 3 mm |
| h) Torcida transversal (torsión) | ± 1 % entre los
apoyos de los rieles. |
| i) Entre ejes de los apoyos de los rieles | ± 1 mm |
| j) Centro del DH respecto al eje de vía | 12 mm |
| k) Inclinación de los insertos | ± 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:

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

c) 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 abarcán-dolas 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 (dinámica 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

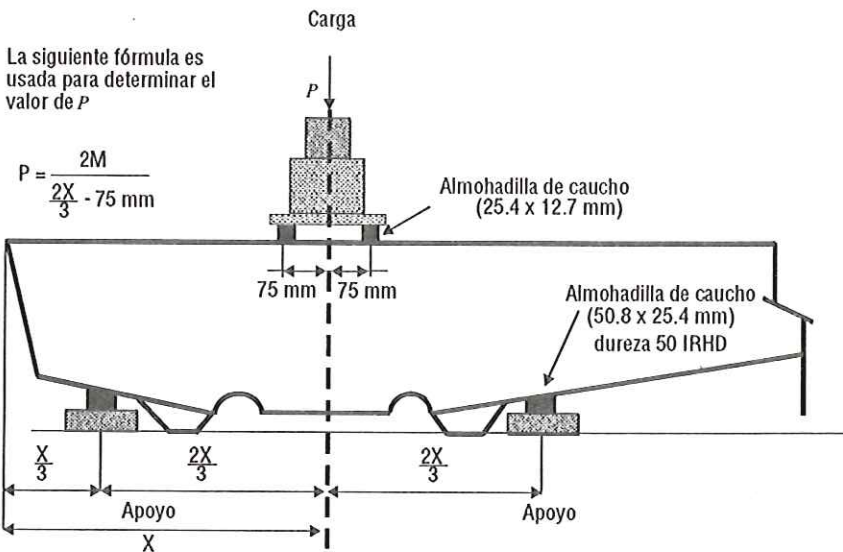
Los ensayos se especifican en los Anexos I y II (según normas AREMA y CEN respectivamente).

Anexo I

8 Descripción de los ensayos del durmiente de hormigón bloque (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 un 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



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)

Fig 1. Ensayo del momento negativo en el apoyo del riel

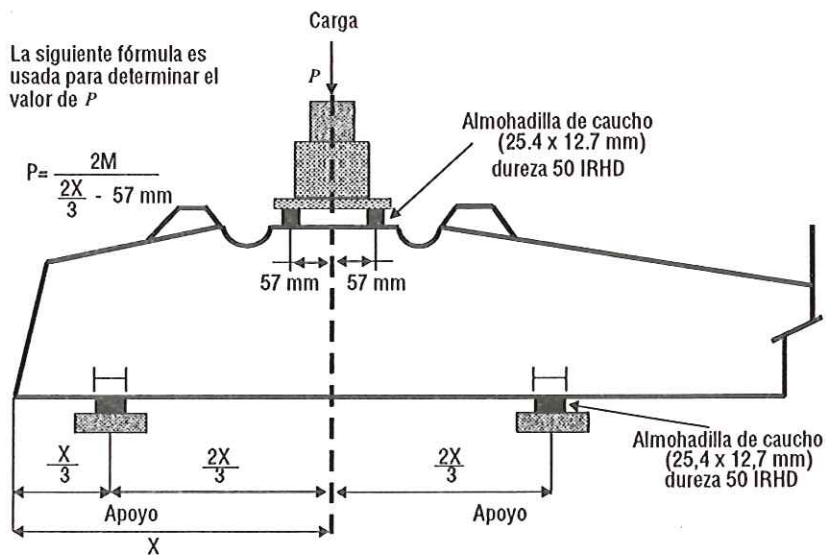
cómo mínimo 5 aumentos debe ser usada para localizar las fisuras.

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.

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



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)

Fig 2. Ensayo del momento positivo en el apoyo del riel

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 la 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 P1 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, ésta 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.

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

Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la 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

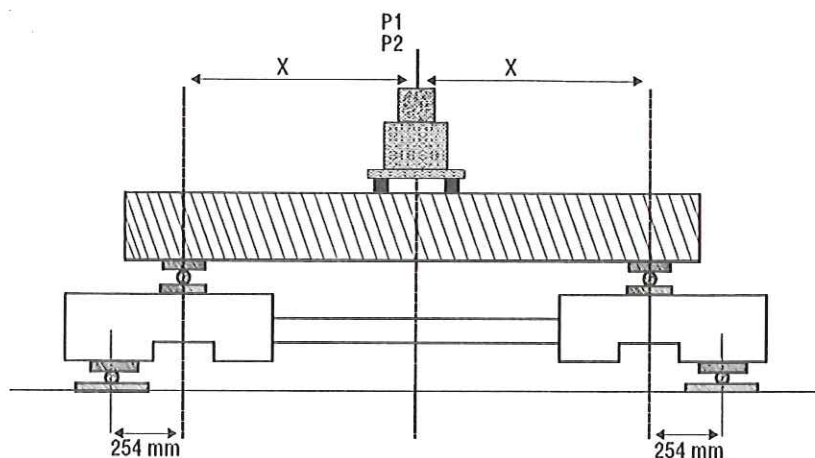


Fig 3. Ensayo del momento negativo en el centro del durmiente

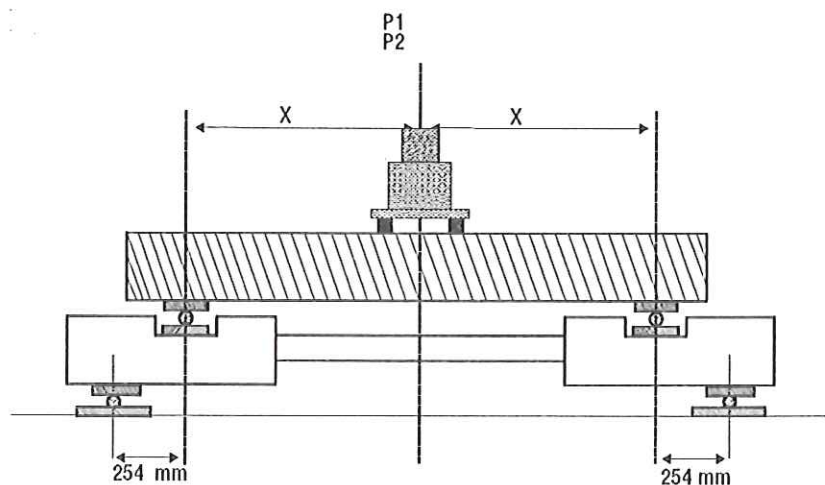


Fig 4. Ensayo del momento positivo en el centro del durmiente

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 (22 kN por minuto) hasta alcanzar la carga P2, causando el momento positivo especificado por el cliente, ésta 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.

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, tiem-

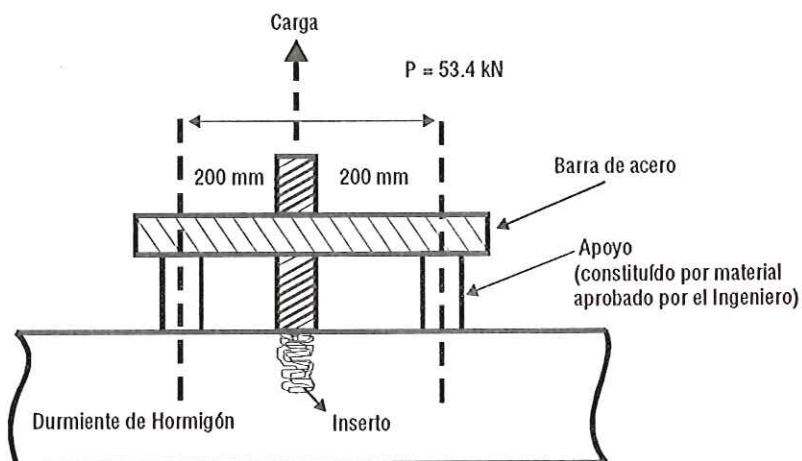


Fig 5. Ensayo de arranque del inserto

po 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.

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 sólo 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.

M_{dr} – 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)

M_{dc} – Momento en el centro del durmiente es usado para calcular la carga de ensayo.

F_{ro} – Carga de ensayo de referencia inicial positiva debajo del asiento del riel.

F_{ron} – Carga de ensayo referencia inicial negativa debajo del asiento del riel.

$$F_{ron} = _ Fro.$$

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

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

Fr_{0,05} – 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.

F_{rB} - Carga de ensayo positivo debajo del asiento del riel, la que no puede ser incrementada.

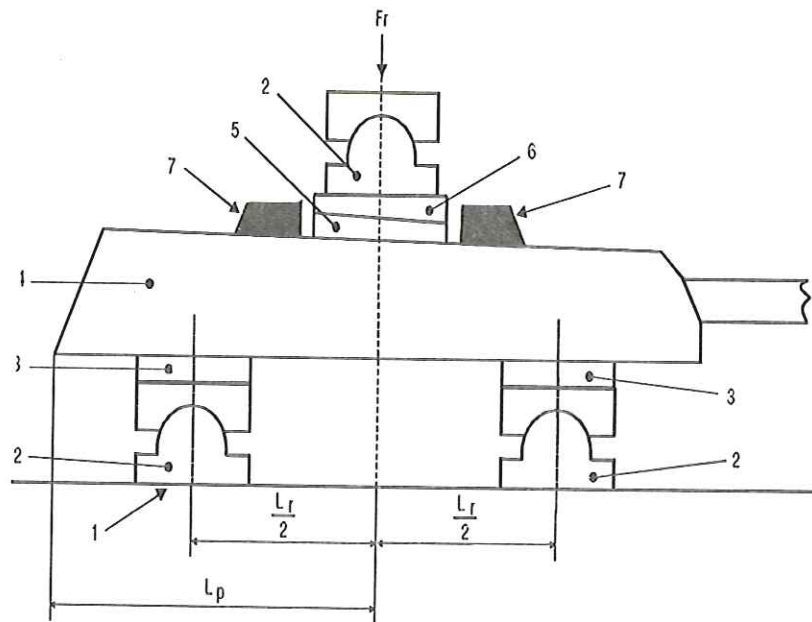
F_{rBn} - Carga de ensayo negativo debajo del asiento del riel, la que no puede ser incrementada.

F_{ru} - Carga menor para el ensayo dinámico debajo del asiento del riel (F_{ru}=50 kN)

L_p – Distancia nominal entre el eje del riel y el extremo del durmiente en la cara inferior del mismo.

L_r – Distancia nominal entre los ejes de los apoyos articulados debajo del durmiente.

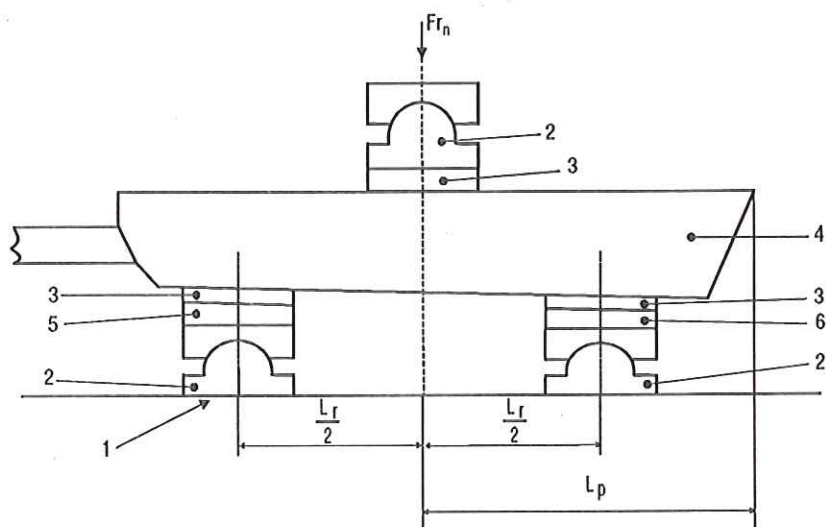
8.2 Ensayo debajo del asiento del riel



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

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

Fig 1. Ensayo del momento positivo debajo del asiento del riel



1. Apoyo indeformable
2. Apoyo articulado
3. Almohadilla de caucho de 10 mm y dureza 70 IRHD (*) ± 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)

Fig 2. Ensayo del 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 a L_p

8.3 Procedimiento de ensayo

8.3.1 Ensayo de carga

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

$$F_{ro} = \frac{4 \text{ Mdr}}{L_r - 0,1}$$

L_r en m

F_{ro} en kN.

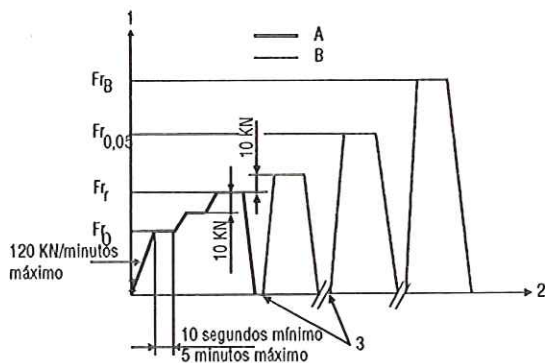
M_{dr} en kN. M

L_r	0,4	0,5	0,6
F_{ro}	13 Mdr	10 Mdr	8 Mdr

Tabla 2 – Valor de F_{ro} en relación a L_r .

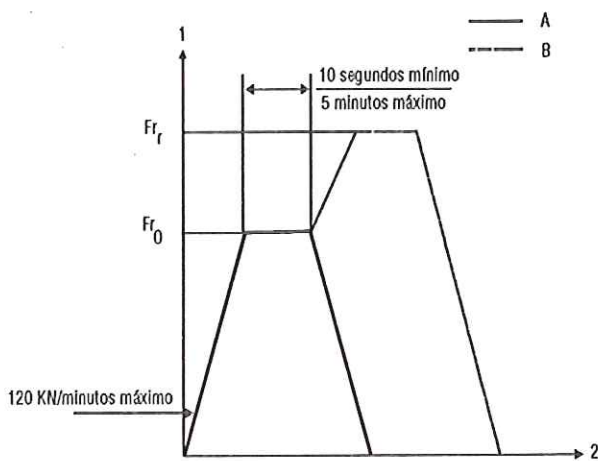
8.3.2 Ensayo estático

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



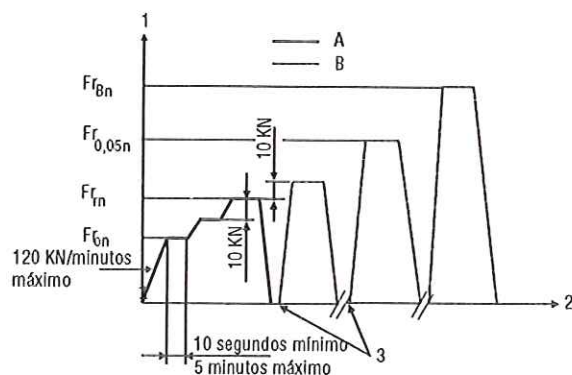
- 1 - Carga
- 2 - Tiempo
- 3 - Verificación del fisura
- A - Parte obligatoria del ensayo
- B - Parte optativa del ensayo

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)

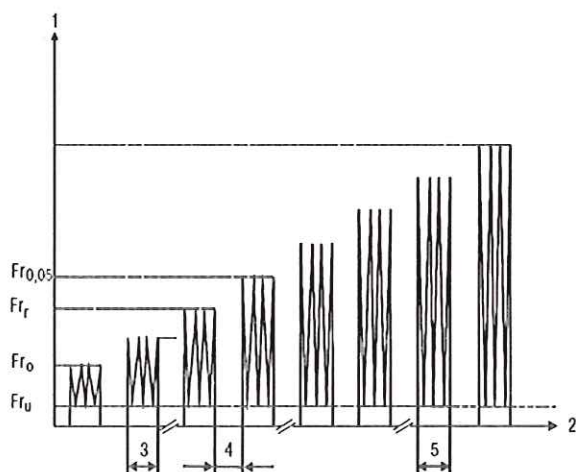


- 1 – Carga
 2 – Tiempo
 3 – Verificación de fisura
 A – Parte obligatoria del ensayo
 B – Parte optativa del ensayo

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

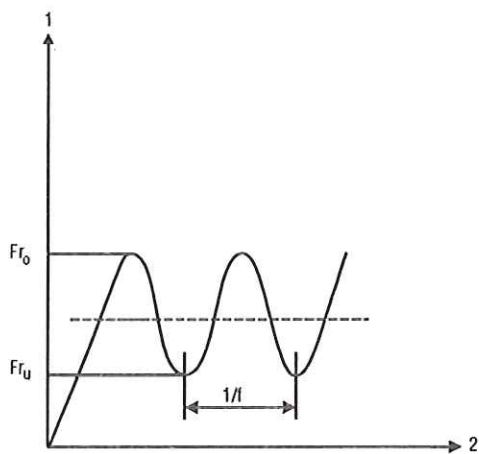
8.3.3 Ensayo dinámico

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 obligatoria, el criterio de aceptación es:

$$F_r 0,05 > k1S \cdot F_{ro}$$

$$F_{rB} > k2S \cdot F_{ro}$$

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

8.3.4.2 Ensayo dinámico

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

$$F_r 0,05 > k1d \cdot F_{ro}$$

$$F_{rB} > k2d \cdot F_{ro}$$

$F_r 0,5 \geq k2d \cdot F_{ro}$ (de acuerdo a los requerimientos 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.

K1 – Coeficiente de impacto aleatorio

K2 – Coeficiente de impacto accidental

8.3.5 Ensayo de calificación

Los ensayos de calificación a realizar sobre el durmiente de hormigón comprenden 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 momento de flexión

Los ensayos se realizarán utilizando los montajes de ensayos representados en la 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.



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**