

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-ARTF-2024, Especificaciones de las suelas bajo durmientes de concreto.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- COMUNICACIONES.- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario.

EVARISTO IVÁN ÁNGELES ZERMEÑO, Titular de la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Ferroviario (CCNN-TF), con fundamento en los artículos, 17, 36 fracciones VII, VIII, XII y XXVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 3, fracciones VII, VIII y IX, 4, fracción XVI, 10, fracciones VII, XII y XV, 24, 25, 30, 34, 35 y 38 de la Ley de Infraestructura de la Calidad; 6 Bis, fracciones I y XIX de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; 201 del Reglamento del Servicio Ferroviario; 35 del Reglamento Interior de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes y Segundo del Decreto por el que se crea la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y

CONSIDERANDO

Que el artículo 1o párrafo tercero, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos señala que todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad. En consecuencia, el Estado deberá prevenir, investigar, sancionar y reparar las violaciones a los derechos humanos, en los términos que establezca la ley.

Que conforme a lo dispuesto por el artículo 28, párrafos cuarto y quinto, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los ferrocarriles son un área prioritaria para el desarrollo nacional en términos del artículo 25 del ordenamiento en mención y que el Estado, al ejercer en ella su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la Nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia.

Que la Ley de Infraestructura de la Calidad en el artículo 10, fracciones VII, XII y XV se establecen como objetivos legítimos de interés público, la seguridad nacional, las obras y servicios públicos, la seguridad vial y cualquier otra necesidad pública, en términos de las disposiciones legales aplicables.

Que es necesario contar con una regulación que defina los procedimientos de ensayo y criterios de evaluación a las pruebas de diseño y rutinarias en la manufactura o fabricación, para que las Suelas Bajo Durmientes cumplan con la calidad requisitada por los parámetros técnicos y garanticen la misma para su instalación en las vías de los concesionarios y asignatarios, manteniendo los estándares de seguridad esperados por la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario.

Que las normas internacionales, en lo referente a las Suelas Bajo Durmientes han efectuado algunos cambios en los parámetros y criterios de aceptación, por lo que es pertinente la emisión de la regulación con la finalidad de tener una Norma Oficial Mexicana actualizada y alineada a esos estándares y prácticas internacionales, aplicable a los proyectos prioritarios de desarrollo en materia ferroviaria que se llevan a cabo en nuestro país.

Que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Ferroviario (CCNN-FT), en su Tercera Sesión Extraordinaria del 2023, celebrada el día 26 de marzo de 2024, aprobó el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-ARTF-2024, Especificaciones de las suelas bajo durmientes de concreto, a efecto de que en un plazo de 60 días naturales contados a partir de su fecha de publicación, los interesados presenten sus comentarios ante el CCNN-TF, ubicado en Avenida Universidad 1738 Edificio B Planta baja, Colonia Barrio Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, CDMX, teléfono 55-5723-9300, Ext. 73463, o bien a los correos electrónicos: artf.ccnntf@sct.gob.mx, ascencion.gutierrez@sict.gob.mx, miguel.ramirez@sict.gob.mx y martin.montelongo@sict.gob.mx, para que en los términos de lo previsto en el artículo 38 de la Ley de Infraestructura de la Calidad, se consideren en el seno del CCNN-FT.

En virtud de lo anterior, en cumplimiento a lo dispuesto en los artículos 35 y 38 de la Ley de Infraestructura de la Calidad, he tenido a bien ordenar la publicación en el Diario Oficial de la Federación del **Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-ARTF-2024, Especificaciones de las suelas bajo durmientes de concreto**.

Ciudad de México, a 11 de junio de 2024.- El Titular de la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Ferroviario, **Evaristo Iván Angeles Zermeño**.- Rúbrica.

PREFACIO

La elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana es competencia del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Ferroviario (CCNN-TF) integrado por:

- Administradora de la Vía Corta Tijuana-Tecate
- Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente
- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario
- Asociación Mexicana de Agentes de Carga, A.C.
- Asociación Mexicana de Distribuidores de Gas Licuado y Empresas Conexas, A.C.
- Asociación Mexicana de Ferrocarriles, A.C.
- Asociación Nacional de la Industria Química, A.C.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción
- Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero
- Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo
- Cámara Nacional del Maíz Industrializado
- Centro Nacional para la Prevención de Desastres
- Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.
- Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C.
- Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica
- Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME)
- Comisión Nacional de Hidrocarburos
- Comisión Reguladora de Energía
- Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos
- Consejo Nacional Agropecuario
- Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales
- Dirección General de Autotransporte Federal
- Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal
- Dirección General de Servicios Técnicos
- Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. de C.V. (Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec)
- Ferrocarril Mexicano, S.A. de C.V.
- Ferrocarril Suburbano, S.A.P.I de C.V.
- Ferrosur, S.A. de C.V.
- FONATUR Tren Maya S.A. de C.V.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C
- Instituto Mexicano del Transporte
- Instituto Politécnico Nacional
- Kansas City Southern de México, S.A. de C.V.
- Línea Coahuila Durango, S.A. de C.V.
- Mexicana de Acreditación, MAAC, A.C.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
- Procuraduría Federal del Consumidor
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
- Secretaría de Economía

- Secretaría de Gobernación
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Secretaría de Salud
- Secretaría de Turismo
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social
- SGS de México, S.A. de C.V.
- Servicio de Administración Tributaria
- Sociedad Internacional de Acreditación A.C.
- Universidad Autónoma de Nuevo León
- Universidad Autónoma del Estado de México
- Universidad Nacional Autónoma de México
- Universidad Tecnológica de San Juan del Río

Con el objetivo de elaborar la presente Norma Oficial Mexicana, se constituyó un Grupo de Trabajo con la participación voluntaria de los siguientes actores:

- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario.
- Asociación Mexicana de Ferrocarriles, A.C.
- Asociación Nacional de la Industria Química
- Calidad Mexicana en Desarrollo Ferroviario
- Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo
- CIBA Group
- Colegio de Ingenieros Civiles de México
- Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica
- Comisión Ambiental de la Megalópolis
- Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos
- Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales
- Dirección General de Servicios Técnicos
- Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec
- Ferrocarriles Suburbanos, S.A.P.I. de C.V.
- Ferrocarril Mexicano, S.A. de C.V.
- Ferrocarril y Terminal del Valle de México, S.A. de C.V.
- Ferrosur, S.A. de C.V.
- Impulsora Tlaxcalteca de Industrias, S.A. de C.V.
- IECA Instituto Estatal de Capacitación
- Instituto Mexicano del Transporte
- Kansas City Southern de México, S.A. de C.V.
- Línea Coahuila Durango S.A. de C.V.
- Lumietri de México, S.A. de C.V.
- Railtech Calomex S. de R.L de C.V
- Secretaría de Economía
- SGS de México, S.A. de C.V.
- Universidad Autónoma del Estado de México
- Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Campus Palenque

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONSIDERANDO

PREFACIO

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. OBJETIVO, CAMPO DE APLICACIÓN Y OBJETIVOS LEGÍTIMOS DE INTERÉS PÚBLICO
2. TÉRMINOS Y DEFINICIONES
3. PRUEBAS DE APROBACIÓN DE DISEÑO Y PRUEBAS RUTINARIAS
4. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD
5. VERIFICACIÓN Y VIGILANCIA
6. SANCIÓN
7. REFERENCIAS A ESTÁNDARES PARA SU IMPLEMENTACIÓN
8. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES
9. BIBLIOGRAFÍA
10. CLASIFICACIÓN
11. VIGENCIA
12. APÉNDICE

INTRODUCCIÓN

En cumplimiento de las disposiciones contenidas en la Ley de Infraestructura de la Calidad, en la presente Norma Oficial Mexicana se establecen de forma integral las disposiciones generales y pruebas para el diseño, producción y criterios de inspección de las Suelas Bajo Durmientes para las vías férreas en las que se presta el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros, en el Sistema Ferroviario Mexicano; aplica al sistema conformado por los durmientes o soportes de concreto que se desplantan en la sub estructura para soporte de ellos.

Las Suelas Bajo Durmientes son capas elásticas fijadas a la superficie inferior de los durmientes o soportes de la vía férrea. En la superestructura de la vía férrea, las suelas bajo durmientes se utilizan principalmente para proteger el balasto y mejorar la calidad de la vía. Aumentan la superficie de contacto entre el durmiente de concreto y la capa superior de balasto, reducen la formación de huecos bajo los durmientes y disminuyen los asentamientos de la superestructura. Son, en un segundo plano, una solución elástica que ayuda a reducir la transmisión de vibraciones y ruido estructural.

En ese sentido, se vio la necesidad de complementar la regulación en materia de durmientes de concreto y de establecer los mecanismos, modos, instrumentos y procedimientos mediante los cuales, la autoridad, que cuenta con las atribuciones para verificar la seguridad de la infraestructura ferroviaria, se cerciorará que las Suelas Bajo Durmientes cumplan con la calidad de diseño requerida para su adecuado desempeño, apoyándose en las buenas prácticas establecidas en las recomendaciones y/o regulaciones internacionales reconocidas para la finalidad de este producto.

1. Objetivo, campo de aplicación y objetivos legítimos de interés público

1.1. Objetivo

La presente Norma Oficial Mexicana tiene por objetivo establecer las especificaciones mínimas y criterios generales de evaluación a considerar en las pruebas que determinan la calidad de las Suelas Bajo Durmientes a emplearse en las vías férreas para la prestación del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros.

1.2. Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos y los sujetos obligados a su cumplimiento son todas las personas físicas y morales que participan directa o indirectamente dentro del Sistema Ferroviario Mexicano, incluyendo sin limitación a los concesionarios, asignatarios y permissionarios, que para el desarrollo de nuevos proyectos contemplen dentro del proyecto ejecutivo la utilización de Suelas Bajo Durmientes.

1.3. Objetivos legítimos de interés público

Los objetivos legítimos de interés público que procura la presente Norma Oficial Mexicana son:

- La seguridad nacional.
- Las obras y servicios públicos.
- La seguridad vial.

2. Términos y definiciones

Las definiciones de los términos que se utilizan para la interpretación de los aspectos técnicos de la presente Norma Oficial Mexicana serán las establecidas en la Ley de Infraestructura de la Calidad, Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, Reglamento del Servicio Ferroviario, en el conocimiento de que, a falta de definición en los ordenamientos citados, se deben utilizar las definiciones que a continuación se indican:

2.1. Área de Contacto

El área de contacto es el área del durmiente (o de las Suelas Bajo Durmientes) que está en contacto con el balasto. Un área de contacto alta significa: buena incrustación o embebido de las partículas y buena protección del balasto. Un área de contacto baja significa: mala incrustación y menor protección del balasto.

2.2. ARTF o Agencia

Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario.

2.3. Av

Valor medio.

2.4. Balasto

Material pétreo seleccionado, producto de la trituración de piedra, que se coloca sobre el sub-balasto, debajo de los durmientes y entre ellos, cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas, en la forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en estas.

2.5. Categoría de vía (TC)

Las TC o Categorías de Vía sirven para identificar las vías férreas sobre las cuales se pretende aplicar soluciones elásticas, como en este caso las SBD. Las mismas están categorizadas por las cargas que transportan y las velocidades por las que se mueven.

- TC1: Vías férreas urbanas y tranvía; cargas por eje típicas: 10 a 13 toneladas; velocidades máximas de 100 km/h.
- TC2: Vías férreas urbanas y tranvía; cargas por eje típicas: 16 toneladas; velocidades máximas de 140 km/h.
- TC3:
 - I. Vía férrea de ancho estándar; cargas por eje típicas: 23 toneladas; velocidades máximas de 200 km/h.
 - II. Vía férrea con grandes radios de curvatura; cargas por eje típicas: 20 toneladas; velocidades máximas de 320 km/h.
- TC4: Cargas pesadas; cargas por eje típicas: 30 toneladas; velocidades máximas de 200 km/h.

Nota:

Los valores de diseño no indicados, deberán ajustarse al intervalo superior.

2.6. Durmiente

Componente transversal de la vía cuya función es mantener el escantillón y transmitir las cargas del riel al balasto.

2.7. Hz

Hercios. Símbolo de las unidades de frecuencia.

2.8. NOM

Norma Oficial Mexicana.

2.9. Mitigación de vibraciones

Reducción de la emisión de vibraciones mecánicas y/o ruido al entorno.

2.10. Módulo de asiento o de soporte / C

Presión (fuerza por superficie) por unidad de deflexión y medida bajo una carga uniaxial.

2.11. Placa geométrica de balasto (*Geometric Ballast Plate*) / PGB

Placa rígida de acero con una superficie estructurada geoméricamente que simula el contacto con el balasto.

2.12. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad

Conjunto de acciones especificadas que tienen por objeto comprobar que el bien, producto, proceso o servicio cumple con una Norma Oficial Mexicana o Estándar, a través de los medios que para ello se definen en la Ley de Infraestructura de la Calidad y en el Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

2.13. Prueba de aprobación de diseño

Procedimiento de homologación con descripción de las propiedades del producto y resultados de las pruebas.

2.14. Prueba rutinaria

Prueba de control de calidad en el proceso de manufactura.

2.15. Rigidez

Fuerza por unidad de deflexión medida bajo una fuerza uniaxial.

2.15.1. Rigidez estática

Fuerza o presión por unidad de deflexión medida bajo una carga estática uniaxial.

2.15.2. Rigidez dinámica

Fuerza o presión por unidad de deflexión medida bajo una carga uniaxial cíclica.

2.16. SICT

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

2.17. Soporte

Componente transversal de cambios de vía y cruces a nivel que controlan la geometría relativa de dos o más tramos de riel y diferentes piezas especiales de vía, y transmiten cargas de los rieles al balasto u otro soporte del durmiente.

2.18. Suelas bajo durmientes / SBD

Capa elástica fijada a la superficie inferior del durmiente o soporte empleando tecnologías de adherencia entre el durmiente o soporte y las suelas bajo durmientes.

2.18.1. SBD en bloque de concreto

Suelas Bajo Durmientes adheridas a un bloque de concreto.

2.19. Δ

Variación.

3. Pruebas de aprobación de diseño y pruebas rutinarias**3.1. Generalidades**

3.1.1. La presente NOM es de aplicación general en vías férreas en las que el proyecto ejecutivo establezca el empleo de SBD; en el presente documento se definen las pruebas para el control de calidad y las consideraciones mínimas según la etapa que corresponda, por lo que las disposiciones no contenidas en ella, se deben complementar de acuerdo con las buenas prácticas establecidas en las recomendaciones y/o regulaciones nacionales e internacionales vigentes y concordantes con la presente NOM. En ese sentido, también deberán ajustarse a las especificaciones particulares solicitadas por el proyecto ejecutivo¹, empleando los ensayos de laboratorio referidos en el presente documento.

¹ Se recomienda en zonas de transición de rigidez, principalmente en puentes, transiciones de vías con durmientes de madera, túneles, entre otros.

3.1.2. Se deben facilitar todos los datos del durmiente y/o del soporte de concreto, respetando las especificaciones establecidas en la NOM-001-ARTF-2023, Sistema Ferroviario-Infraestructura-Durmientes Monolíticos-Especificaciones y Métodos de Prueba, que de manera indicativa mas no limitativa son: clase de vía, planos y especificaciones necesarias para definir dimensiones de la SBD, incluida la tolerancia (largo, ancho, etc.), la geometría y la posición de la SBD en el durmiente, recomendaciones para condiciones ambientales adversas, procedimiento para manipular y apilar durmientes de concreto con SBD para una correcta producción, disposición y eficiencia durante el servicio de la SBD.

3.1.3. Se debe marcar cada durmiente o soporte con SBD cuidando los espacios adecuados para tener marcas legibles y cuidando que no haya ningún efecto adverso en su desempeño.

3.1.4. Durante el embarque en contenedores, éstos deben estar etiquetados con la trazabilidad adecuada.

3.1.5. En la Tabla 1 y Tabla 2 se presentan las pruebas para la etapa de diseño, así como las rutinarias durante la fabricación. Se deben cumplir en su totalidad las pruebas obligatorias, en el entendido que, para aquellas mencionadas como recomendadas, se debe valorar su ejecución considerando las especificaciones particulares solicitadas por el proyecto ejecutivo.

3.1.6. Para las pruebas rutinarias, se determinará la frecuencia de acuerdo a un control de calidad que debe tener el fabricante basado en un sistema de gestión de calidad de acuerdo a las recomendaciones y/o regulaciones nacionales e internacionales.

3.1.7. La documentación que contenga la información técnica de la SBD deberá contener, como mínimo, la información indicada en el Apéndice según apliquen de acuerdo a lo establecido en la presente NOM.

3.2. Características generales

3.2.1. Características del material

3.2.1.1. Para garantizar la elasticidad permanente de la SBD, el material debe estar hecho de un elastómero. Para optimizar el comportamiento de la capa superior de balasto, el material de la SBD debe tener propiedades elastoplásticas que permitan la incrustación de las partículas de balasto en el material. Estas propiedades garantizan la fijación de la capa superior de balasto, un aumento de la superficie de contacto entre el balasto y el durmiente y, por lo tanto, mejoran el desempeño de la capa superior de balasto durante la operación.

3.2.1.2. Los materiales elásticos que utilizan agentes suavizantes para obtener los valores de rigidez requeridos no están permitidos, ya que los agentes suavizantes migrarían con el tiempo y los productos perderían sus prestaciones elásticas.

3.2.2. Geometría

3.2.2.1. Los diseños geométricos, por ejemplo, hoyuelos, ranuras o cavidades internas, así como los productos/materiales elásticos que utilicen agentes suavizantes para obtener los valores de rigidez requeridos, no están permitidos por las siguientes razones:

- a) Para evitar que cualquier partícula procedente del desgaste del balasto u otros residuos obstruya estas cavidades y limite el rendimiento de la SBD durante las operaciones.
- b) Por la pérdida de las prestaciones elásticas de los productos, debido a que los agentes suavizantes migrarían con el tiempo.

3.2.3. Finalidad de la SBD

3.2.3.1. Cabe destacar que existen dos finalidades que las SBD pueden perseguir y se debe mencionar la diferencia entre estas:

- a) Protección de Balasto y calidad de vía.
- b) Mitigación de Vibraciones.

3.2.3.2. Esta norma busca especificar las características de la SBD y según la finalidad de esta, se deberá elegir el material correspondiente y a su vez hacer las pruebas competentes que demuestren la eficacia de la SBD elegida para dicho propósito, las pruebas siempre serán reguladas por las buenas prácticas establecidas en las recomendaciones y/o regulaciones nacionales e internacionales vigentes.

3.2.4. En lo referente al aspecto externo, la SBD debe tener una superficie homogénea, con los bordes rectos y superficies limpias, presentar un buen aspecto en inspección a simple vista. Deben estar exentas de defectos como rebabas, grietas, falta de material, sobreespesor local o cualquier otra singularidad que pudiera perjudicar su empleo.

3.3. Secuencia de pruebas de aprobación del diseño y pruebas rutinarias

3.3.1. Las pruebas de aprobación de diseño y las pruebas rutinarias constan de las etapas establecidas en la Tabla 1 y en la Tabla 2.

3.3.2. Las pruebas de aprobación del diseño se ejecutan una sola vez en el momento de aprobar los productos para su uso. Se aceptan los informes de pruebas de los laboratorios internos de los proveedores de SBD.

Tabla 1 - Pruebas de SBD sola, y de SBD en bloque de concreto.

Pruebas	Inciso	Pruebas de aprobación de diseño	Pruebas rutinarias
Resistencia a la tensión y alargamiento a la rotura del material de SBD	3.4.1	Recomendada	
Módulo de asiento estático y dinámico de baja frecuencia de SBD en bloque de concreto con PGB	3.4.2	Obligatoria para estática a 5 y 10 Hz Recomendada a 20 y 30Hz	1 de las 2 es Obligatoria
Módulo de asiento estático y dinámico de baja frecuencia. de SBD sola con PGB	3.4.3	Recomendada	
Módulo de asiento dinámico de alta frecuencia de SBD en bloque de concreto	3.4.4	Recomendada si la SBD es empleada para mitigación de vibraciones	-
Prueba de fatiga de SBD en bloque concreto	3.4.5	Obligatoria	-
Prueba de fatiga de SBD en bloque de concreto con PGB	3.4.6	Recomendada si la SBD es empleada para mitigación de vibraciones	-
Capacidad para almacenamiento y apilado de durmientes con SBD en bloque de concreto	3.4.7	Recomendada	-
Efecto de condiciones ambientales adversas en la SBD en bloque de concreto	3.4.8		-
Resistencia al agua (Hidrólisis)	3.4.9		-
Resistencia a agentes químicos relacionados con la fabricación de durmientes o soportes			-
Resistencia al fuego	3.4.9		-
Resistencia a los hidrocarburos	3.4.9		-
Resistencia al ozono	3.4.9		-

Tabla 2 - Pruebas de SBD en durmientes y soportes de concreto.

Pruebas	Inciso	Pruebas de aprobación de diseño	Pruebas rutinarias
Dimensiones y masa de los durmientes y soportes con SBD	3.5.1	Obligatoria	
Fuerza de adherencia por arrancamiento de SBD en el durmiente y soporte	3.5.2		
Prueba de fatiga de SBD en el durmiente	3.5.3	Recomendada	-
Medio ambiente y fin de vida útil	3.5.4		

3.4. Pruebas de SBD sola y de SBD en bloque de concreto

3.4.1. Resistencia a la tensión y alargamiento a la rotura del material de SBD.

3.4.1.1. Organización de la prueba: El ensayo se realiza sobre la SBD de acuerdo con la norma EN ISO 527 y la EN 16730. El ensayo se realizará sobre la SBD sin capa de unión ni de protección.

3.4.1.2. Ensayos de aprobación del diseño:

I. El método de ensayo se aplicará sobre 3 muestras.

La resistencia a la tensión y el alargamiento a la rotura del material se medirán de acuerdo con la norma ISO 527-3 las prácticas recomendadas referentes a *Plásticos. Determinación de las propiedades en tensión, condiciones de ensayo para películas y hojas* o similar.

II. Condiciones de ensayo.

Muestras de ensayo: Forma y dimensiones basadas en la norma ISO 527-3. Muestra tipo 5, espesor 5 mm, longitud ≥ 115 mm. Las muestras de ensayo se perforarán de forma que los bordes sean lisos y no presenten muescas.

III. Preparación de las muestras:

Acondicionamiento: clima estándar (24h, 23°C, 50% humedad relativa), ensayo a temperatura ambiente.

IV. Resultados:

Cálculo de los valores medios de ambas propiedades mecánicas.

3.4.1.3. Criterios de evaluación de la prueba. La resistencia nominal a la tensión requerida de los materiales de SBD será ≥ 2.5 N/mm² según EN ISO 527-3. El alargamiento de rotura nominal requerido de los materiales de SBD será $\geq 100\%$ según EN ISO 527-3.

3.4.2. Módulo de asiento estático y dinámico de baja frecuencia de SBD en bloque de concreto con PGB.

3.4.2.1. A través de la evaluación de este módulo se deberá permitir la cuantificación del módulo de asiento de SBD sin la influencia del proceso de fabricación de los durmientes.

3.4.2.2. El módulo de asiento dinámico de baja frecuencia se debe medir a 5 ± 1 Hz y 10 ± 1 Hz (se pueden ejecutar pruebas complementarias con frecuencia a 20 ± 2 Hz y 30 ± 3 Hz).

3.4.2.3. Para las pruebas de aprobación de diseño, el método de prueba se aplica en 3 bloques de concreto con SBD.

3.4.2.4. Se debe calcular el módulo de asiento estático con la siguiente fórmula:

$$C_{stat} = \frac{F_{test1} - F_{min}}{(d_{test1} - d_{min}) \cdot A}$$

Donde

$F_{test1} = p_{test1} * A$; Fuerza ejercida en función de la categoría de vía.

$F_{min} = p_{min} * A$; Fuerza ejercida en función de la categoría de vía.

d_{min} = desplazamiento promedio de todos los sensores cuando la fuerza aplicada aumenta en F_{min}

d_{test1} = desplazamiento promedio de todos los sensores cuando la fuerza aplicada aumenta en F_{test1}

A= área de SBD en bloque de concreto o SBD sola (62 500 mm²).

Tabla 3 - Valores de C_{stat} mínimos.

Categoría de vía	C_{stat}
1 y 2	$\geq 0.06 \text{ N/mm}^3$
3	$\geq 0.200 \text{ N/mm}^3$
4	$\geq 0.240 \text{ N/mm}^3$

3.4.3. Módulo de asiento estático y dinámico de baja frecuencia de SBD sola con PGB.

3.4.3.1. A través de la evaluación de este módulo se deberá permitir la cuantificación del módulo de asiento vertical de SBD sin la influencia de un sistema de unión en el concreto. Este método requiere una SBD sin sistema de adherencia o con un sistema de unión que no influya en el módulo de asiento.

3.4.3.2. El módulo de asiento estático y dinámico de baja frecuencia medido durante las pruebas de aprobación de diseño deberá determinar el valor de referencia para garantizar la calidad de la producción de SBD durante las pruebas rutinarias.

3.4.3.3. El módulo de asiento dinámico de baja frecuencia se debe medir a $5 \pm 1 \text{ Hz}$ y $10 \pm 1 \text{ Hz}$ (Se pueden ejecutar pruebas complementarias con frecuencia a $20 \pm 2 \text{ Hz}$ y $30 \pm 3 \text{ Hz}$).

3.4.3.4. Para las pruebas de aprobación de diseño, se debe aplicar en 3 SDB solas.

3.4.3.5. Se debe calcular el módulo de asiento estático de acuerdo con lo indicado en el inciso 3.4.2.

3.4.4. Módulo de asiento dinámico de alta frecuencia de SBD en bloque de concreto.

3.4.4.1. A través de este módulo se debe evaluar la capacidad de la SBD para mitigar vibraciones. El procedimiento de prueba y el equipo son diferentes a la determinación de módulo de asiento dinámico de baja frecuencia.

3.4.4.2. A diferencia de la prueba del módulo de asiento dinámico de baja frecuencia (C_{dyn}), el procedimiento del módulo de asiento dinámico de alta frecuencia (C_H) se realiza con precarga estática y con menor amplitud de vibración. Por esta razón, los valores de los dos módulos no son los mismos cuando se miden a la misma frecuencia (por ejemplo, a 20 Hz, C_H es diferente de C_{dyn} , ver Ilustración 1).

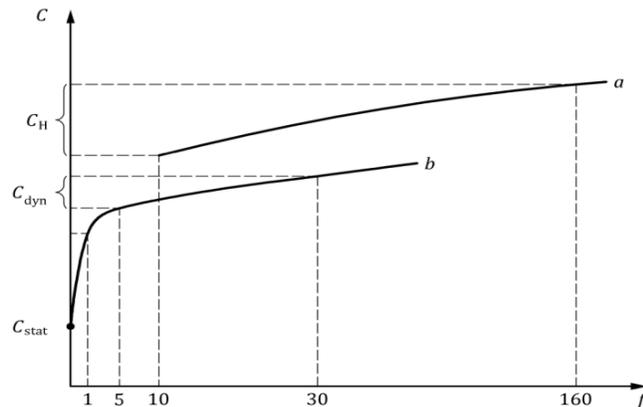


Ilustración 1 - Ejemplo de curva de módulo de asiento dependiente de la frecuencia (con y sin fuerza de precarga).

Donde:

- a Curva para módulo de asiento dinámico de alta frecuencia
- b Curva para módulo de asiento estático y dinámico de baja frecuencia
- c Módulo de asiento, en N/mm³
- f Frecuencia, en Hz

3.4.4.3. Para las pruebas de aprobación de diseño, se debe aplicar a una SBD en bloque de concreto.

Tabla 4 - Valores de C_H límites.

Categoría de vía	C _H
1	≤ 0.225 N/mm ³
2	≤ 0.225 N/mm ³
3	≤ 0.3 N/mm ³
4	≤ 0.54 N/mm ³

3.4.5. Prueba de fatiga de SBD en bloque concreto.

3.4.5.1. Por medio de esta prueba se debe evaluar la durabilidad de SBD en contacto con el balasto, permite evaluar la interacción de ambos.

3.4.5.2. Para las pruebas de aprobación de diseño, se debe aplicar a una SBD en bloque de concreto.

3.4.5.3. Se debe calcular la variación del módulo de asiento estático y dinámico, de baja frecuencia antes y después de la prueba de fatiga:

$$\Delta C_{stat} = \frac{\Delta C_{staf,af} - \Delta C_{staf,be}}{\Delta C_{staf,be}} \times 100[\%]$$

$$\Delta C_{tend} = \frac{\Delta C_{tend,af} - \Delta C_{tend,be}}{\Delta C_{tend,be}} \times 100[\%]$$

$$\Delta C_{dyn,5 Hz} = \frac{\Delta C_{dyn,5 Hz,af} - \Delta C_{dyn,5 Hz,be}}{\Delta C_{dyn,5 Hz,be}} \times 100[\%]$$

Donde:

ΔC_{stat} = Variación del módulo de asiento estático

$\Delta C_{stat af}$ = Variación del módulo de asiento estático después de la medición

$\Delta C_{stat be}$ = Variación del módulo de asiento estático antes de la medición

ΔC_{tend} = Variación del módulo de asiento estático de tendencia

$\Delta C_{tend af}$ = Variación del módulo de asiento estático de tendencia después de la medición

$\Delta C_{tend be}$ = Variación del módulo de asiento estático de tendencia antes de la medición

$\Delta C_{dyn,5 Hz}$ = Variación del módulo de asiento dinámico a 5 Hz

$\Delta C_{dyn,5 Hz af}$ = Variación del módulo de asiento dinámico a 5 Hz después de la medición

$\Delta C_{dyn,5 Hz be}$ = Variación del módulo de asiento dinámico a 5 Hz antes de la medición

3.4.6. Prueba de fatiga de SBD en bloque de concreto con PGB.

3.4.6.1. A través de esta prueba se debe evaluar la durabilidad, la estabilidad del módulo de asiento y las características de vibración (en caso de uso para mitigación de vibraciones) de SBD en contacto con PGB. Esta prueba permite la evaluación de la variación a largo plazo del módulo de asiento de SBD.

3.4.6.2. Para las pruebas de aprobación de diseño, se debe aplicar a una SBD en bloque de concreto.

3.4.6.3. Se debe calcular con las consideraciones de la metodología indicada en el inciso 3.4.5.

3.4.7. Capacidad para almacenamiento y apilado de durmientes con SBD en bloque de concreto.

3.4.7.1. Se debe cuantificar el impacto en la SBD cuando se apilan en el almacenamiento.

3.4.7.2. Se debe definir la presión de prueba P_{test} , de acuerdo con lo siguiente:

Ejemplo de cálculo de P_{test} .

$$P_{test}: P_{test} = (\text{factor de seguridad}) \times 0.8 \frac{N}{mm^2}$$

15 durmientes de 3000 N cada uno sobre dos separadores de madera con una sección de contacto con SBD de 280 mm x 100 mm $\geq 0,8$ N/mm².

3.4.7.3. El factor de seguridad debe estar entre 1.0 y 1.2 dependiendo de la inclinación del asiento del riel y tamaño del separador.

3.4.7.4. Para las pruebas de aprobación de diseño, se debe aplicar a una SBD en bloque de concreto. La cual se debe complementar con una inspección visual para detectar daños (perforación, grietas u otros daños).

3.4.7.5. Una prueba de fatiga es superada sólo cuando las muestras no muestran perforaciones o grietas ni otros daños. El balasto debe estar libre de restos de SBD lo que indica también un daño y a su vez un indicio de contaminación en la vía.

3.4.8. Efecto de condiciones ambientales adversas en la SBD en bloque de concreto.

3.4.8.1. Se debe evaluar la durabilidad de los durmientes con SBD respecto a los ciclos de las estaciones del año.

3.4.8.2. Las variaciones del módulo de asiento estático y dinámico de baja frecuencia de SBD en bloques de concreto con PGB se deben medir con la finalidad de cuantificar la variación del módulo de asiento.

3.4.8.3. Para las pruebas de aprobación del diseño, se deben aplicar en una SBD en bloque de concreto.

3.4.9. Resistencia a otros parámetros ambientales.

3.4.9.1. Los agentes químicos utilizados para la fabricación de SBD no deben modificar las propiedades de los durmientes o de los soportes. El agua, los hidrocarburos y el ozono (en la vía férrea) no deben modificar significativamente las características del material de SBD.

3.4.9.2. En caso de incendio, la SBD no debe propagar el fuego ni crear humos tóxicos. Se deben definir los criterios de evaluación y el número de muestras para:

- 1) La resistencia a los agentes químicos relacionados con la fabricación de durmientes o soportes.
- 2) Resistencia al agua (hidrólisis).
- 3) Resistencia a los hidrocarburos.
- 4) Resistencia al ozono.
- 5) Resistencia al fuego.

3.5. Pruebas de SBD en durmientes y soportes de concreto

3.5.1. Dimensiones y masa de los durmientes y soportes con SBD.

3.5.1.1. Las dimensiones de SBD se deben ajustar a las dimensiones de la superficie inferior del durmiente o soporte de concreto. La SBD puede cubrir la totalidad o parte de la superficie inferior del durmiente o soporte.

3.5.1.2. La geometría y la posición de la SBD en la superficie inferior del durmiente deben considerar los escenarios de vida útil: almacenamiento antes de su uso, trabajos de tendido de vía, trabajos de mantenimiento en vía.

3.5.1.3. Las dimensiones de la SBD deben considerar el daño potencial del durmiente o soporte con la SBD en caso de mal uso durante el apisonamiento de balasto.

3.5.1.4. El embebido de la SBD no tendrá efectos sobre la capacidad de carga del durmiente o soporte, lo que significa que el embebido no debe conducir a ninguna reducción del concreto parte del durmiente.

3.5.1.5. El embebido en el durmiente o soporte de concreto debe cumplir los requisitos de la NOM-001-ARTF-2023, Sistema Ferroviario-Infraestructura-Durmientes Monolíticos-Especificaciones y Métodos de Prueba.

3.5.1.6. Las dimensiones, las masas de los durmientes y soportes con SBD no deben alterar las operaciones de mantenimiento (por ejemplo, apisonamiento) y la instalación de los durmientes en vía. Se deben medir con equipo e instrumentos debidamente calibrados.

3.5.2. Fuerza de adherencia por arrancamiento de SBD en el durmiente y soporte.

3.5.2.1. Se debe cuantificar la eficacia de adherencia de la SBD.

3.5.2.2. La resistencia al arrancamiento medida durante las pruebas de aprobación del diseño determinará el valor de referencia que se debe utilizar para verificar la calidad de la producción de la SBD durante las pruebas rutinarias.

3.5.2.3. Para las pruebas de aprobación del diseño, el método de prueba se debe aplicar en 3 durmientes o soportes de concreto con SBD con 4 pruebas de extracción por durmiente. Se debe calcular la media de 12 mediciones de extracción σ_{av} .

3.5.2.4. La SBD deberá ser inspeccionada visualmente para detectar daños (perforación, grietas u otros daños) como resultado de la instalación de la SBD en el bloque de concreto, durante el traslado o manipulación. El área de prueba debe estar libre de daños.

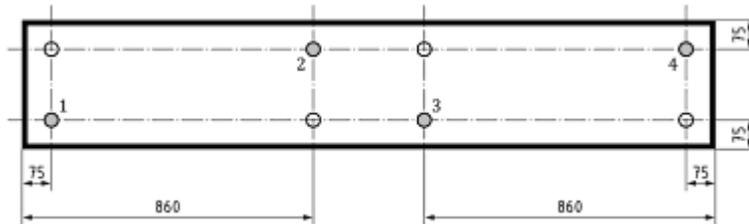


Ilustración 2 - Ubicación de la prueba de arrancamiento en SBD que cubre parcialmente el durmiente o soporte de concreto.

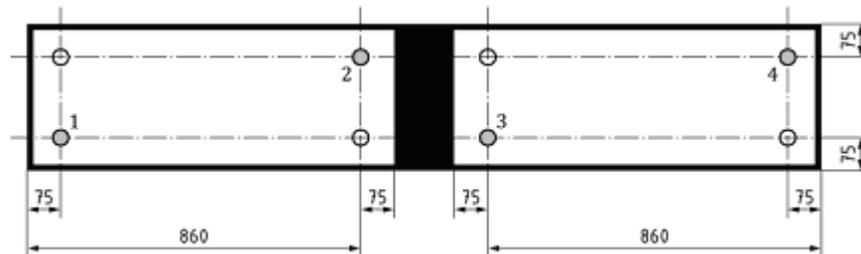


Ilustración 3 - Ubicación de la prueba de arrancamiento en SBD que cubre totalmente la parte inferior del durmiente o soporte de concreto.

Donde:

Ubicación N° 1 de prueba de extracción en SBD.

Ubicación N° 2 de prueba de extracción en SBD.

Ubicación N° 3 de prueba de extracción en SBD.

Ubicación N° 4 de prueba de extracción en SBD.

Dimensiones en milímetros.

3.5.2.5. El valor mínimo deberá ser de 0.40 N/mm²; el valor medio corresponderá a 0.50 N/mm².

3.5.3. Prueba de fatiga de SBD en el durmiente.

3.5.3.1. Se debe emplear para verificar la durabilidad de los durmientes con SBD en contacto con balasto. La prueba de resistencia al desgaste del balasto debe cuantificar el impacto este sobre la SBD en el durmiente, en función de la variación de las características de la SBD sobre el durmiente.

3.5.3.2. Las variaciones del módulo de asiento estático y dinámico a baja frecuencia de los materiales utilizados en los durmientes con SBD se deben medir a fin de determinar la variación del módulo de asiento después de la prueba de fatiga de la SBD en el durmiente.

3.5.3.3. El módulo de asiento medido con esta prueba no debe compararse e igualarse con el módulo de asiento en bloque de concreto.

3.5.3.4. Para las pruebas de aprobación del diseño: El método de prueba se aplicará sobre un durmiente con SBD, acompañada de una inspección visual para detectar daños (perforación, grietas u otros daños).

3.5.3.5. La metodología, será empleando lo descrito en el inciso 3.4.5, adicionando lo siguiente:

$$\Delta m = \frac{m_{af} - m_{be}}{m_{be}} \times 100[\%]$$

Donde

m_{af} es la masa del durmiente después de la medición

m_{be} es la masa del durmiente antes de la medición

3.5.4. Medio ambiente y fin de vida útil.

3.5.4.1. La SBD no debe ser un elemento de la vía que contamine el medio ambiente, no debe imposibilitar la reciclabilidad del durmiente de concreto o del soporte.

3.5.4.2. Si existen prácticas nacionales e internacionales o recomendadas, o regulaciones referentes al medio ambiente y al final de la vida útil, el durmiente con SBD debe cumplirlas.

4. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad

4.1. Directrices

4.1.1. La Evaluación de la Conformidad de la presente NOM se llevará a cabo en términos de lo establecido en ésta y en la Ley de Infraestructura de la Calidad.

4.1.2. Para efectos del presente Procedimiento de Evaluación de la Conformidad, se entenderá como “Conformidad” al cumplimiento de las disposiciones establecidas en la presente NOM, mientras que “No Conformidad” al incumplimiento de las disposiciones establecidas en ésta. La “Conformidad” tendrá una vigencia de 2 años.

4.1.3. El concesionario y asignatario deberán asegurar el cumplimiento de las Conformidades establecidas en el inciso 4.1.4 para los durmientes que pretenda instalar en vía, de lo contrario, se emitirá una “No Conformidad”.

4.1.4. Para emitir una “Conformidad” para esta NOM se deberá entregar, para cada proyecto ya sea de construcción, de conservación o mantenimiento, lo siguiente:

- a) Las SBD deben cumplir con las especificaciones y las pruebas de laboratorio respectivas, por lo cual se entregará la documentación que ampare el cumplimiento de la presente NOM y particularmente los requerimientos indicados en el capítulo 3.

4.1.4.1. El Organismo de Evaluación de la Conformidad realizará una evaluación bianual de acuerdo con lo siguiente:

- a) Deberá solicitar la información documental establecida en el inciso 4.1.4., de al menos 1% de la cantidad de SBD del tramo a evaluar.

4.1.5. En caso de que se emita una “No Conformidad” no se podrán distribuir las SBD para ser instaladas en las vías. Además, como resultado de la mala calidad de las instaladas en vía, se ordenará el retiro de las que se consideren necesarias.

4.1.6. Si se detecta que entre los responsables y sujetos obligados participantes del Procedimiento de Evaluación de la Conformidad se ejercen malas prácticas de Evaluación de la Conformidad, y existe un

conflicto de interés o una afectación a los objetivos legítimos de interés público que persigue esta NOM, se procederá con las sanciones conforme a lo establecido en las leyes aplicables.

4.1.7. La Entidad de Acreditación y los Organismos de Evaluación de la Conformidad deben cumplir con las disposiciones en términos de la Ley de Infraestructura de la Calidad, para poder participar en la Evaluación de la Conformidad de esta NOM.

4.1.7.1. Las Unidades de Inspección que realicen la Evaluación de la Conformidad referida en el inciso 4.1.4 deben ser del Tipo A, B o C de acuerdo con la NMX-EC-17020-IMNC-2014 "Evaluación de la conformidad - Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de unidades (organismos) que realizan la verificación (inspección)", o la que la sustituya.

4.1.7.2. El laboratorio que participe en cualquiera de los procesos de esta NOM debe contar como mínimo con los equipos e instrumentos calibrados con trazabilidad a los patrones, en términos de la Ley de Infraestructura de la Calidad.

5. Verificación y vigilancia

5.1. Aplicación de la verificación y la vigilancia

5.1.1. La verificación y vigilancia del cumplimiento de lo dispuesto en la presente Norma Oficial Mexicana está a cargo de la Agencia y la SICT, conforme a sus respectivas atribuciones.

5.1.2. La verificación de la presente Norma Oficial Mexicana se llevará a cabo por la Agencia o por la SICT en el momento en que éstas lo consideren pertinente conforme a lo establecido en el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad de esta Norma Oficial Mexicana.

5.1.3. La Agencia podrá suspender o cancelar la aprobación y sancionar a la Unidad de Inspección y a la Entidad de Acreditación que emitió las acreditaciones a dicha Unidad, cuando se detecten irregularidades bajo lo dispuesto en los artículos 58 y 59 de la Ley de Infraestructura de la Calidad y otras disposiciones aplicables.

6. Sanción

El incumplimiento a las disposiciones contenidas en la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado por la Agencia conforme a lo establecido en la Ley de Infraestructura de la Calidad y demás ordenamientos que resulten aplicables, sin perjuicio de las que impongan otras autoridades en el ejercicio de sus atribuciones o de la responsabilidad civil o penal que resulte.

7. Referencias a estándares para su implementación

- Norma Mexicana NMX-EC-17020-IMNC-2014.
- UNE-EN 16730:2017 *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Traviesas de plena vía y aparatos de hormigón con suela bajo traviesa.*

8. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente (NEQ) con alguna Norma Internacional, por no existir ésta última al momento de su elaboración.

9. Bibliografía

- American Railway Engineering and Maintenance of-Way Association. (2021). Manual for Railway Engineering. AREMA.
- UNE-EN 16730:2017 *Aplicaciones ferroviarias. Vía. Traviesas de plena vía y aparatos de hormigón con suela bajo traviesa.*

10. Clasificación

Norma Oficial Mexicana NOM-011-ARTF-2024, Especificaciones de las suelas bajo durmientes de concreto.

11. Vigencia

11.1. La presente Norma Oficial Mexicana, una vez que sea publicada en el Diario Oficial de la Federación como norma definitiva, entrará en vigor a los 180 días naturales contados a partir del día natural inmediato siguiente al día de su publicación.

12. Apéndice

Registro de datos técnicos (Normativo)

Tabla 5 - Para materiales de SBD

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	Procedimiento de prueba	Observaciones
Material					
Espesor					
Diseño					
Masa específica (masa por área)					
Resistencia a la tensión de la SBD					
Módulo de asiento estático y dinámico de baja frecuencia de la SBD en bloque de concreto con PGB					
Curva carga-deflexión					
Módulo de asiento estático y dinámico de baja frecuencia de SBD sola con PGB					
Módulo de asiento dinámico de alta frecuencia de SBD en bloque de concreto					
Prueba de fatiga de la SBD en bloque de concreto					
Prueba de fatiga de SBD en bloque de concreto con PGB					
Capacidad para almacenamiento y apilado de durmientes con SBD en bloque de concreto					
Efecto de condiciones ambientales adversas en la SBD en bloque de concreto					
Resistencia al agua					
Resistencia a agentes químicos relacionados con la fabricación de durmientes o soportes					
Resistencia al fuego					
Resistencia a hidrocarburos					
Resistencia al Ozono					

Tabla 6 - Para durmientes y soportes con SBD.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	Procedimiento de prueba	Observaciones
Tipo de durmiente					
Dimensiones					
Masa					
Método de fijación					
Fuerza de adherencia por arrancamiento de SBD en el durmiente y soporte					
Prueba de fatiga de SBD en durmiente					
Medio ambiente y fin de vida útil					