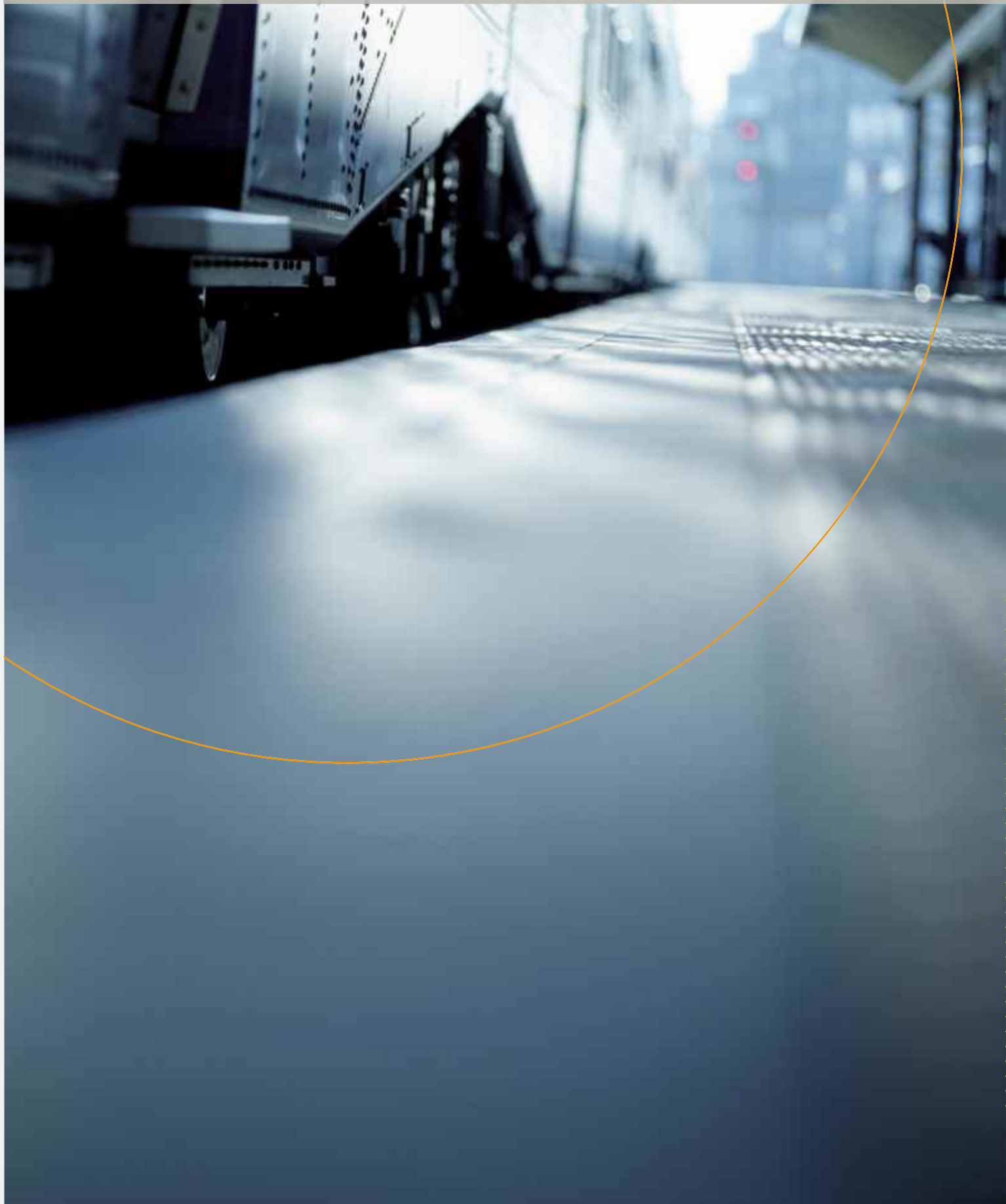


Sistema de losa flotante



1 | El ruido estructural y sus consecuencias



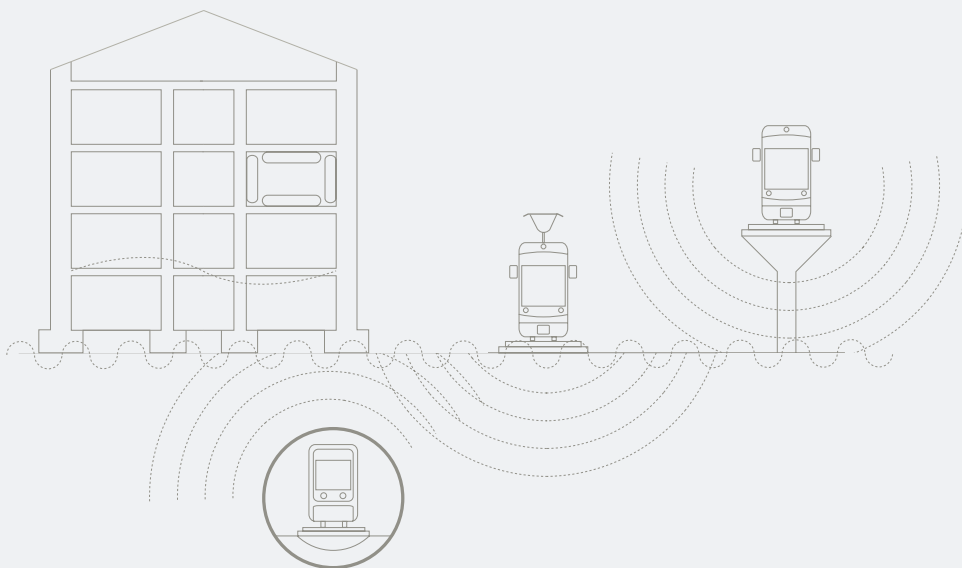


Vuelve el silencio

Debido a su velocidad y su peso propio, el tráfico por carretera así como el tráfico ferroviario generan ruido estructural. Éste se propaga por el terreno y provoca vibraciones en edificios y maquinaria o equipos de medición sensibles situados en los alrededores.

Los edificios, equipos y máquinas son a su vez sistemas capaces de vibrar. Los impulsos emitidos por el tráfico por carretera y el transporte ferroviario se intensifican debido a la estructura de los objetos afectados. Las vibraciones mecánicas y el sonido aéreo secundario provocado a consecuencia, es decir, el ruido, constituyen a largo plazo un riesgo para la salud de las personas. Además, las vibraciones

afectan al funcionamiento de máquinas y equipos. Por consiguiente se pueden producir consecuencias negativas relativas a la calidad y productividad y una reducción importante de éstas. En caso de que la estructura del edificio se vea sometida a un esfuerzo dinámico excesivo, existe además el peligro de daños en el acervo arquitectónico como grietas y asentamientos.



2 | Protección máxima contra el ruido estructural

Eficacia durante
décadas

Dependiendo de las necesidades, se pueden tomar diferentes medidas para reducir las emisiones de ruido estructural en el lugar donde se producen. Los sistemas de losa flotante se emplean allí donde existen requisitos muy exigentes con respecto a la protección contra ruido estructural. Los materiales Sylomer® y

Sylodyn® se utilizan en todo el mundo como capas de soporte elásticas e individualizadas. Garantizan la eficacia requerida durante décadas. Junto con el Know-How técnico de Getzner, sus materiales se han convertido en la solución estándar de alta tecnología para sistemas de losa flotante.





Ventajas de los apoyos Sylomer® y Sylodyn®

- elasticidad a toda prueba, homogénea y duradera
- posibilidad de una sobrecarga extrema de corta duración
- posibilidad de circulación directa con vehículos pesados
- bajos costes de construcción gracias a una instalación sencilla y rápida
- diferentes técnicas constructivas gracias a las variedades de densidad, espesor y superficie del material
- alta rentabilidad debido a la estabilidad a largo plazo
- minimización de los gastos de mantenimiento

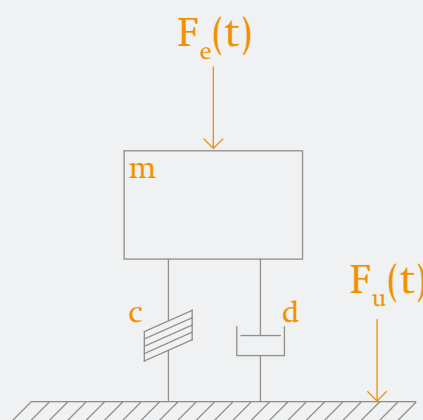
Sylomer® y Sylodyn® son los materiales ideales para su empleo como apoyos altamente elásticos en un sistema de losa flotante - independientemente de la técnica constructiva.

3 | Funcionamiento de un sistema de losa flotante

Aislamiento eficaz de las vibraciones

El objetivo del aislamiento de vibraciones consiste en el desacoplamiento dinámico de la superestructura de su entorno para así reducir la transmisión de vibraciones y ruido estructural.

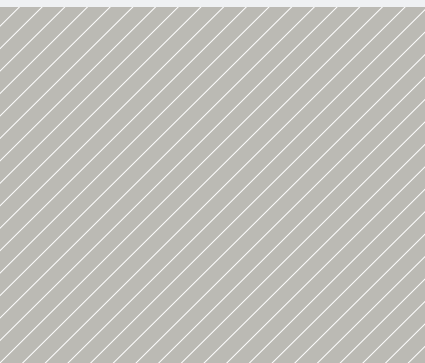
Este desacoplamiento se efectúa mediante la creación de un sistema incapaz de vibrar. Gracias a la instalación de una capa de soporte con elasticidad duradera como Sylomer® o Sylodyn®, el aislamiento tiene lugar en la fuente misma de las emisiones. De esta manera se garantiza que la fuerza en el pie de la curva $F_u(t)$ sea menor que la fuerza de excitación $F_e(t)$. Como consecuencia se reducen las vibraciones ocasionadas por las fuerzas en el pie de la curva.



El modo de funcionamiento de una superestructura con apoyo elástico puede describirse fácilmente por medio de un sistema auxiliar, el así llamado sistema de masa oscilante única. Muchos problemas de vibración pueden analizarse de manera aproximada con este simple modelo físico. Cuando la masa de la superestructura se desequilibra debido a una fuerza externa de corta duración $F_e(t)$, esta masa vibrará con la frecuencia propia f_0 .

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$$

c = Rigidez elástica
 m = masa de la superestructura + masa del eje no amortiguada



La rapidez con la que se extingue la amplitud de esta vibración depende de la atenuación ejercida por el elemento elástico. En el caso de los materiales Sylomer® y Sylodyn® la atenuación se describe por medio del coeficiente de pérdidas mecánicas.

Para la evaluación de un sistema de losa flotante es preciso determinar la respuesta en frecuencia de las amplitudes (valor de la función de transferencia). Ésta describe el coeficiente de amplitud dependiendo de la frecuencia f o dependiendo de la relación de frecuencias entre la fuerza en el pie de

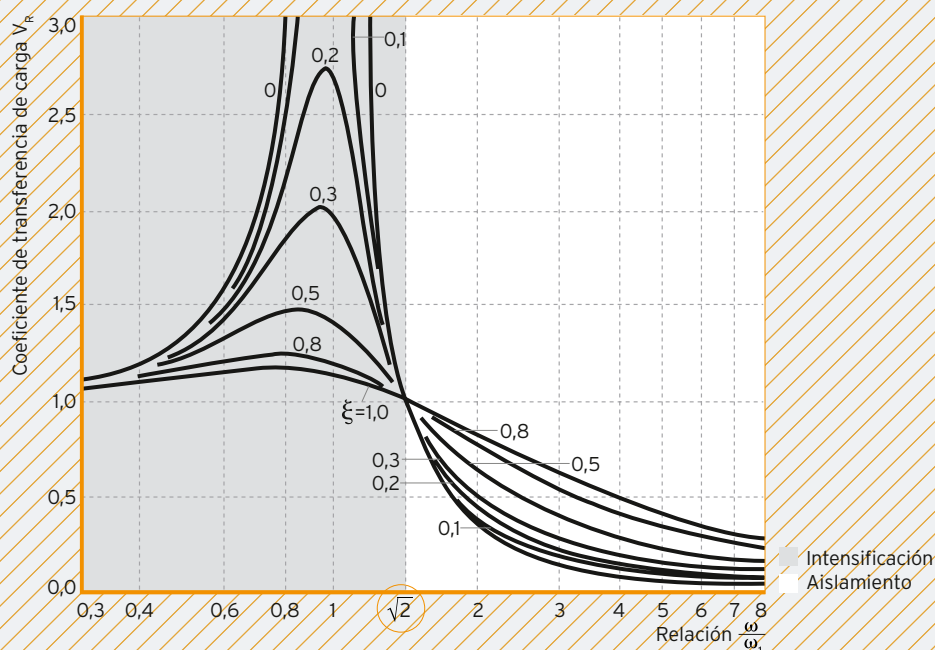
la curva $F_u(t)$ y la fuerza de excitación $F_e(t)$ en el aislamiento de la fuente de vibraciones. En el aislamiento de vibraciones existen dos ámbitos, el **ámbito de intensificación** y el **ámbito de aislamiento**.

La intensificación se produce sólo cuando existe una frecuencia de excitación que coincide con la frecuencia propia del apoyo elástico o cuando se produce una excitación de banda ancha.

El aislamiento empieza con una frecuencia de $\sqrt{2} \cdot f_0$. De la respuesta

amplitud/frecuencia se desprende que la intensificación de la frecuencia propia de aislamiento f_0 se reduce a la vez que aumenta el grado de atenuación, mientras que el grado de aislamiento disminuye a la vez que ésta aumenta.

Con respecto a las propiedades elásticas del sistema de losa flotante esto significa que debería ofrecer una relación lo más baja posible entre rigidez dinámica y estática. La variación de la rigidez dinámica de la capa elástica debida a frecuencia y carga debería ser muy reducida.



El dimensionamiento de un sistema de losa flotante constituye un problema de optimización para los ingenieros. Esta tarea requiere un Know-How sólido y especializado como Getzner, junto con sus socios, lo ofrece desde hace años. No obstante, la presencia de agua estancada por debajo de la artesa y en el sistema puede influir de forma masiva en el modo de funcionamiento de un sistema de losa flotante. Por lo tanto, resulta imprescindible que durante la construcción de un sistema de losa flotante se garantice la instalación de un drenaje con capacidad suficiente a largo plazo.

4 | Variantes de ejecución



A lo largo de las últimas décadas las empresas ferroviarias europeas han desarrollado un gran número de diferentes modos constructivos para sistemas de losa flotante. Por consiguiente existen modos constructivos con hormigón in situ o elementos prefabricados, combinaciones de ambos, con o sin lecho de balasto.

En el diseño de apoyos elásticos para sistemas de losa flotante el modo constructivo resulta decisivo en lo que respecta a la funcionalidad y rentabilidad del sistema completo.

Independientemente de si se trata de un sistema con apoyo en superficie completa, sobre bandas o discreto - con su Know-How Getzner ofrece soluciones eficaces, rentables e impecables desde el punto de vista técnico.



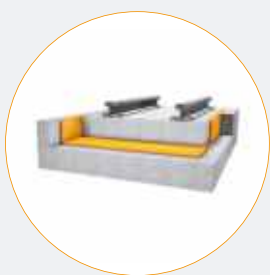
Apoyo en superficie completa



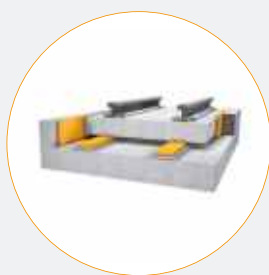
Apoyo sobre bandas



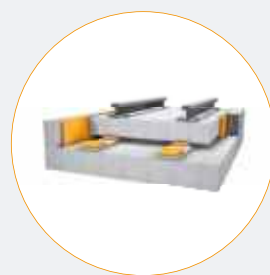
Apoyo discreto



Apoyo
en superficie completa



Apoyo
sobre bandas



Apoyo
discreto

Dependiendo del caso concreto, un apoyo elástico en superficie completa permite alcanzar frecuencias propias de entre 14 y 25 Hz. Esto equivale a una atenuación del ruido estructural de hasta 30 dB en la banda de frecuencias supercrítica.

Las ventajas constructivas de un apoyo elástico en superficie completa de Getzner consisten en:

- un modo constructivo sencillo, rápido y económico
- el escaso peligro de errores constructivos
- la gran superficie para la transferencia de cargas al terreno
- la lucha contra vibraciones estructurales en la vía
- el reducido número de juntas
- la elevada estabilidad horizontal del sistema completo
- la rentabilidad del sistema

El apoyo sobre bandas se emplea preferentemente en sistemas de losa flotante que se construyen con elementos prefabricados o una combinación de elementos prefabricados y hormigón in situ. Las fuerzas horizontales que se producen tras la puesta en servicio del tramo - tanto en el sentido de la circulación (fuerzas de frenado y de aceleración) como en sentido transversal al eje de vía (por ejemplo fuerzas centrífugas, fuerzas laterales debidas a irregularidades en el asiento de vía) - son fáciles de controlar gracias a la superficie relativamente grande del apoyo.

El apoyo sobre bandas permite obtener frecuencias centrales más bajas para la superestructura (8 - 15 Hz) que un apoyo en superficie completa, manteniéndose a la vez razonable el coste económico. En conjunto, el apoyo sobre bandas tiene como consecuencia una mayor atenuación del ruido estructural.

El modo constructivo de las losas de vía o artesas determina la forma del apoyo discreto. En la mayoría de los casos se trata de losas de vía ejecutadas con hormigón in situ que se elevan tras el fraguado. Los apoyos se introducen a través de orificios de instalación.

Puesto que la circulación sobre la vía genera fuerzas horizontales, es preciso tomar en cuenta la transmisión de dichas fuerzas en el proceso de dimensionamiento de estos apoyos que a menudo son de tamaño reducido. Con el fin de limitar las desviaciones horizontales de acuerdo con lo requerido, en la práctica se emplea el óptimo de los valores "módulo de elasticidad transversal, espesor y superficie de los apoyos".

El apoyo discreto permite obtener las frecuencias centrales más bajas (5 - 12 Hz). Esta forma de apoyo cumple con los requisitos más exigentes con respecto a la protección contra ruido estructural. Con este sistema es posible obtener una atenuación del ruido estructural de 30 dB y más.

5 | Diseño de áreas de transición con apoyo elástico

Para una transición sin obstáculos

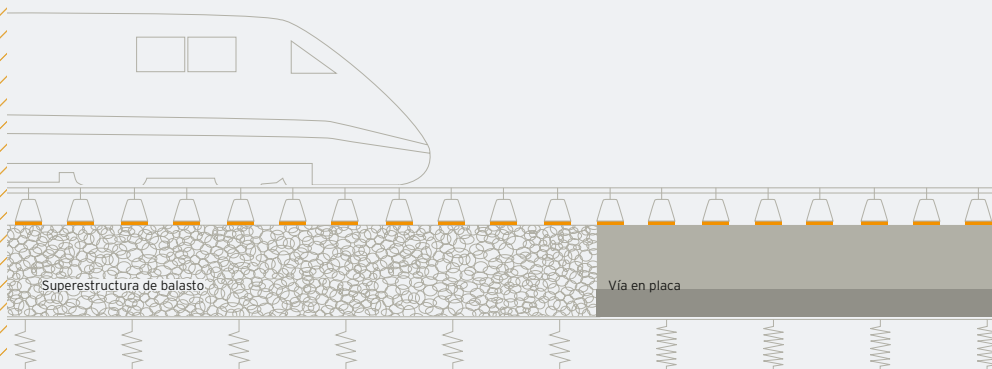
Las áreas de transición a otros tipos de superestructura (superestructura de balasto, vía en placa) precisan una planificación muy precisa para evitar factores perturbadores permanentes en la vía. Los sistemas de losa flotante siempre hacen necesaria la creación de áreas de transición ya que, a diferencia de otros tipos de superestructura, conllevan una deflexión más acentuada del carril. Debido a variaciones de la temperatura y el deterioro del hormigón, las áreas de transición están sometidas a esfuerzos especiales

adicionales. También para estos casos Getzner ofrece soluciones competentes.

La rigidez necesaria del sistema en las áreas de transición puede obtenerse de las maneras siguientes:

- la reducción de la distancia entre los apoyos
- la variación de la rigidez del material
- el montaje de sujeciones de carril especiales
- el montaje de suelas bajo traviesa

A la hora de aplicar una de estas soluciones ha de considerarse que un exceso de fuerzas en el punto de sujeción puede sobrecargar el sistema de sujeción. Con el método de elementos finitos (MEF) Getzner calcula y simula todos los factores para el diseño óptimo de las áreas de transición.



Área de transición entre un sistema de losa flotante y una vía en placa con suelas elásticas bajo traviesa.



6 Errores de ejecución en la obra

Nuestra experiencia aporta seguridad

Errores constructivos o de montaje así como descuidos u omisiones en la ejecución de detalles pueden influir en las características reales de los sistemas de losa flotante.

He aquí algunos ejemplos:

- los sistemas de drenaje insuficientes o inexistentes tienen como consecuencia un “efecto tampón” en el sistema
- en el caso de un apoyo en superficie completa: mantas laterales inexistentes, inadecuadas o demasiado rígidas
- el aislamiento incorrecto de arquetas de cables, tomas de desagüe y otras conexiones
- material inadecuado para los apoyos o espesores inferiores a los valores límite
- gran cantidad de juntas de colocación
- instalación incorrecta de los apoyos
- el diseño constructivo como por ejemplo la longitud de la losa de vía o la ejecución de la armadura, distribución de carga insuficiente sobre el elastómero



En la mayoría de los casos la necesidad de eliminación a posteriori de errores en la ejecución de un sistema de losa flotante acarrea gastos importantes. Dependiendo de la gravedad de los errores, en algunos casos incluso se hace necesaria la nueva construcción del sistema.

7 | Requisitos para un apoyo de elastómero



Versátil y eficaz

Desde hace más de cuatro décadas los materiales Sylomer® y Sylodyn® llevan dando buenos resultados en la superestructura ferroviaria como protección eficaz contra vibraciones y ruido estructural.

Los materiales de Getzner contribuyen a la protección de estructuras, mejoran la estabilidad de las vías, reducen el esfuerzo dinámico al que se somete el balasto y por consiguiente los gastos de mantenimiento. Incluso después de 30 años y más, las aplicaciones ferroviarias de Sylomer® y Sylodyn® siguen en funcionamiento de manera eficaz: En la inspección de muestras desmontadas los elastómeros no mostraron signo alguno de fatiga después de tantos años de uso.

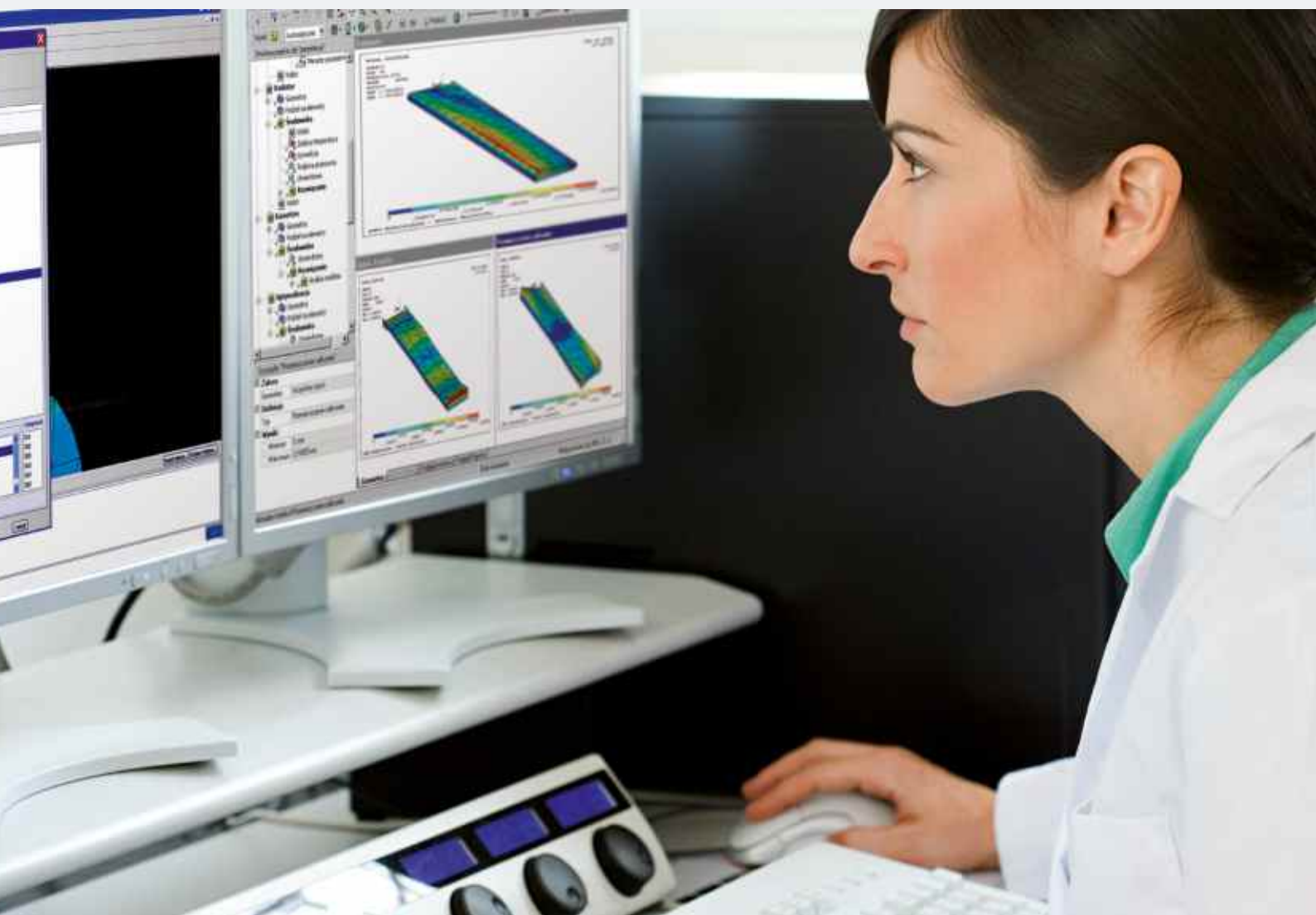
En el caso de apoyos parciales resulta de especial importancia la definición específica de los requisitos para el material y el control de calidad.

La Norma DIN 45673-7, Vibraciones mecánicas - Elementos elásticos de la superestructura ferroviaria - Parte 7: procedimientos de ensayo de laboratorio para la comprobación de elementos elásticos de sistemas de losa flotante" recoge al respecto indicaciones complementarias sobre la aptitud para el uso y la comprobación de rigideces estáticas y dinámicas.

Requisitos para sistemas de losa flotante eficaces y duraderos:

- Para determinar las propiedades necesarias y específicas de los apoyos deben verificarse la rigidez estática y dinámica.
- Mediante un ensayo dinámico con un mínimo de tres millones de ciclos de carga se comprueba la evolución de las propiedades específicas de los apoyos.
- Asimismo es necesario verificar el cambio en las propiedades de los apoyos por influencias medioambientales (por ejemplo ozono, agua, aceites, productos químicos).
- También se comprueba hasta qué punto cambia la geometría de los apoyos como consecuencia de deformaciones por fluencia, cargas e influencias medioambientales.
- La calidad de los apoyos se controla minuciosamente antes de su instalación.

8 | Cálculo de elementos finitos





El cálculo de elementos finitos ofrece los siguientes resultados:

- carga máxima admisible para la losa de vía
- deformación estática debida al peso propio
- patrones individuales de oscilación
- frecuencias propias
- datos relativos a la resistencia
- esfuerzo dinámico y vibraciones
- respuesta del sistema a un estímulo determinado (simulación)
- previsión del comportamiento dinámico de un sistema ante diferentes parámetros
- modificaciones necesarias para obtener un comportamiento dinámico determinado

Conocimientos que benefician al cliente

El análisis de un sistema siempre requiere el desarrollo de un sistema físico auxiliar, consistente en relaciones de masa, rigidez y coeficiente de amortiguación. El análisis de sistemas más conocido es el cálculo de elementos finitos (cálculo EF).

En el aislamiento de vibraciones habitualmente se parte de la base de que el objeto aislado (losa de vía) y el terreno constituyen dos cuerpos rígidos. El objetivo de este supuesto consiste en demostrar la eficacia del aislamiento de vibraciones a través del cálculo. No obstante, si se quieren determinar los límites y entender el comportamiento del sistema, se permiten ulteriores grados de libertad relevantes para el sistema real y se analizan con ayuda del cálculo de elementos finitos.

Los requisitos para estructuras se vuelven cada vez más exigentes. Getzner ofrece una gran variedad de servicios para colaborar como socio competente con proyectistas e ingenierías en esta materia compleja.

9 | Instrucciones de montaje





Aislamiento de un sistema de losa flotante frente a una canalización

Preparativos

Es de gran importancia que durante el tendido de las mantas se preste atención a que los apoyos de Sylomer® o Sylodyn® desacoplen por completo la futura losa de vía de su entorno. Los posibles puentes acústicos impiden un aislamiento eficaz de las vibraciones; a la vez debe garantizarse el drenaje del sistema.

Por eso es preciso mantener el terreno liso y libre de objetos puntiagudos o afilados. En caso de que esto sea posible sólo de forma limitada existe la posibilidad de colocar un vellón entre el terreno y la manta para proteger los apoyos elásticos. También una capa de protección de hormigón ha dado buenos resultados al respecto. En particular los apoyos discretos deben posicionarse de manera estable y exacta. El empleo de bases con marco metálico ha demostrado ser una buena posibilidad.

En el caso de un apoyo en superficie completa puede eventualmente resultar conveniente el empleo de una armadura. En tal caso es preciso asegurar una distribución suficiente del peso de la armadura sobre las mantas de Sylomer® o Sylodyn®. Unos apoyos adecuados (placas de madera o plástico) impiden una compresión o deflexión excesiva.

Suministro

Getzner suministra los materiales directamente a la obra: mantas laterales, apoyos en forma de bandas o apoyos discretos sobre paletas, mantas de fondo en forma de rollos con un ancho estándar de 1,50 m. Getzner confecciona las mantas en su fábrica en función de la geometría y las condiciones de montaje y de este modo facilita una colocación rápida y económica.

Las mantas de fondo pueden colocarse tanto de forma longitudinal como transversal al eje de vía. Sin embargo, es importante reducir en lo posible el número de juntas de colocación. Las juntas de colocación restantes se tapan con una cinta adhesiva para así evitar la entrada de hormigón y la formación de puentes acústicos.

Colocación

A la hora de confeccionar los rollos Getzner siempre presta atención a su peso total. Como consecuencia, un equipo de dos personas suele ser suficiente para realizar el tendido de las mantas. Así se consigue un rendimiento de más de 500 m² por persona y día. Cuando se trata de apoyos discretos o en forma de bandas incluso existe la posibilidad de que la colocación se efectúe por una única persona. El encargado del montaje puede corregir la longitud de las mantas o bordes sobresalientes sin problema alguno con un cuchillo desechable.

Previo solicitud Getzner elabora programas profesionales de montaje o facilita la supervisión de los trabajos constructivos con el fin de garantizar un montaje óptimo.

10 | Referencias internacionales

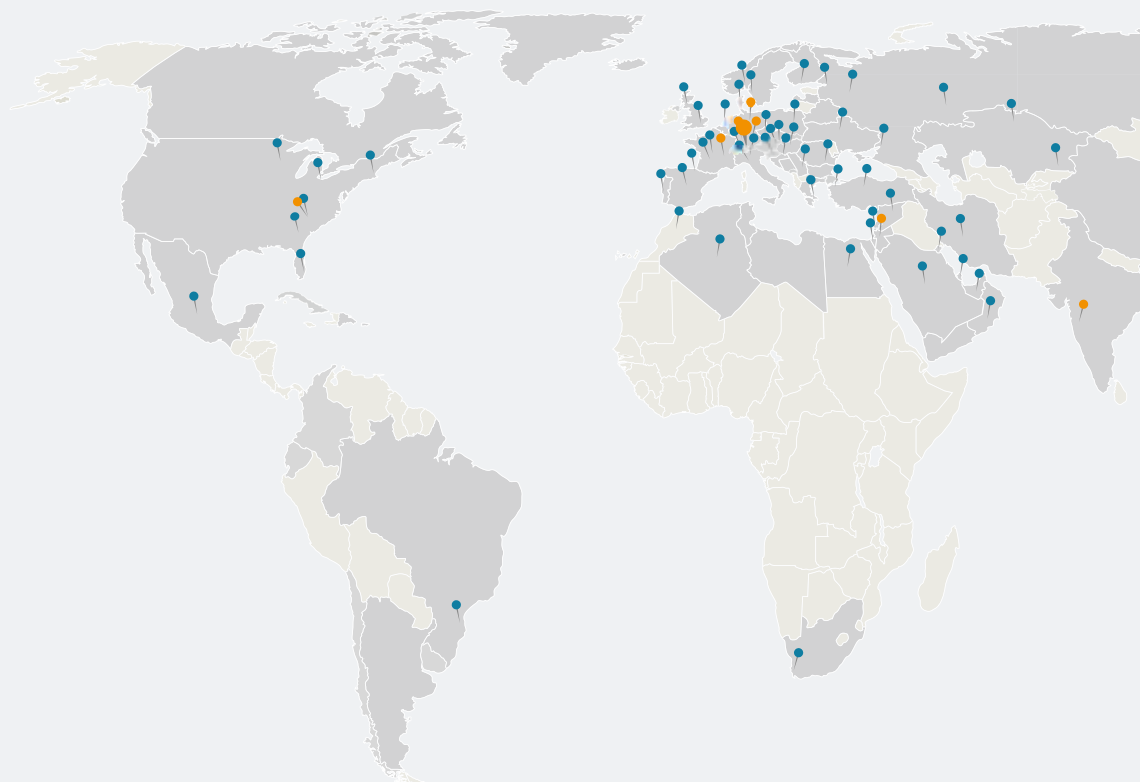


Las soluciones de Getzner se encuentran en todo el mundo - como también el equipo de Getzner. Con sus 10 sucursales Getzner Werkstoffe está presente en los continentes de mayor importancia. A través de numerosos distribuidores nuestra empresa ofrece sus productos en prácticamente todos los mercados significativos del mundo.

Oficinas en:

- Bürs, Austria
- Berlín, Alemania
- Munich, Alemania
- Stuttgart, Alemania
- Lyon, Francia
- Amman, Jordania
- Tokio, Japón
- Pune, India
- Pekín, China
- Charlotte, Estados Unidos

- Delegaciones de Getzner
- Distribuidores de Getzner
- Países de referencia





Tranvía de Milán

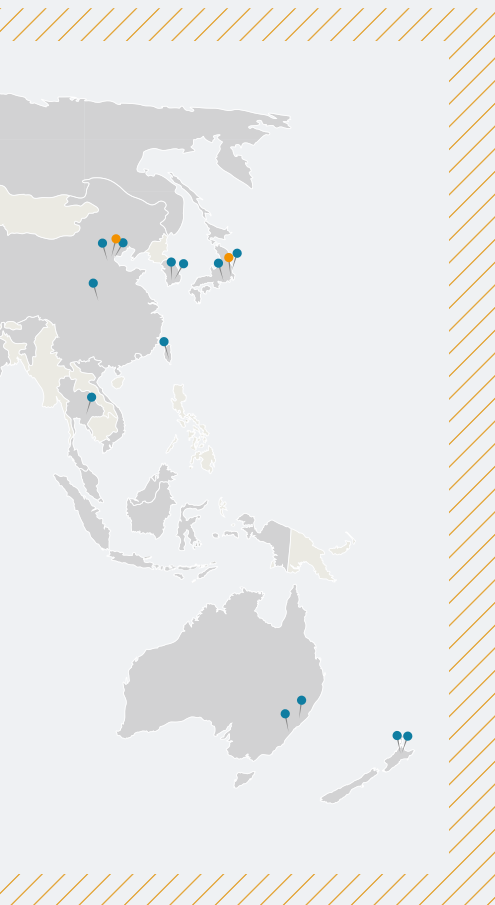


Tranvía de Nottingham



Metro de Munich

Las obras ejecutadas por Getzner hablan por si solas. A continuación encontrará un extracto de nuestra lista de referencias en el sector ferroviario:



Ferrocarril de vía normal

Selección de obras:

- Entrada del lado norte del Brennero
Túnel Römerberg,
Túnel Zamm,
Túnel Arlberg,
Túnel Neu Lainz,
Túnel Sittenberg (ÖBB)
- Túnel de la ciudad de Leipzig
Antiguo túnel de Mainz
Nuevo túnel de Mainz
Túnel Tiergarten,
Berlín Norte-Sur,
Estación de Lehrt,
Puente de Amper,
Ramal ferroviario al aeropuerto de Colonia/Bonn,
Túnel Siegauen,
Túnel Audi Ingolstadt (DB AG)
- NEAT: Túnel Zürichberg,
Túnel Zimmerberg (SBB)
- Roma-Fiumicino,
Udine-Tarvisio,
Milán-Saronno,
Catania (FS)
- Channel Tunnel Rail Link (Network Rail)
- Bruselas (SNCB)

Tranvías

- | | |
|---------------|---------------------|
| – Augsburg | – Mashad |
| – Barcelona | – Milán |
| – Berlín | – Montpellier |
| – Berna | – Munich |
| – Burdeos | – Nantes |
| – Brest | – Niza |
| – Constantine | – Nottingham |
| – Essen | – Orléans |
| – Estrasburgo | – París - St. Denis |
| – Florencia | – París T1 |
| – Ginebra | – Praga |
| – Göteborg | – Roma |
| – Graz | – Rouen |
| – Grenoble | – Santo Domingo |
| – Isfahan | – Sevilla |
| – Le Mans | – Shiraz |
| – Linz | – Stuttgart |
| – Lyon | – Tenerife |
| – Madrid | – Valencia |
| – Marsella | – Viena |

Metros/Trenes de cercanías

- | | |
|----------------|--------------|
| – Atenas | – Incheon |
| – Augsburg | – Milán |
| – Berlín | – Munich |
| – Bochum | – Nueva York |
| – Buenos Aires | – Nuremberg |
| – Cracovia | – Sao Paulo |
| – Dortmund | – Viena |
| – Düsseldorf | – Zúrich |
| – Hong Kong | |

Getzner Werkstoffe GmbH

Herrenau 5
6706 Bürs
Austria
T +43-5552-201-0
F +43-5552-201-1899
info.buers@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Am Borsigturm 11
13507 Berlin
Germany
T +49-30-405034-00
F +49-30-405034-35
info.berlin@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Nördliche Münchner Str. 27a
82031 Grünwald
Germany
T +49-89-693500-0
F +49-89-693500-11
info.munich@getzner.com

Getzner Spring Solutions GmbH

Gottlob-Grotz-Str. 1
74321 Bietigheim-Bissingen
Germany
T +49-7142-91753-0
F +49-7142-91753-50
info.stuttgart@getzner.com

Getzner France S.A.S.

Bâtiment Quadrille
19 Rue Jacqueline Auriol
69008 Lyon
France
T +33-4 72 62 00 16
info.lyon@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Middle East Regional Office
Abdul - Hameed Sharaf Str. 114
Rimawi Center - Shmeisani
P. O. Box 961 303
Amman 11196, Jordan
T +9626-560-7341
F +9626-569-7352
info.amman@getzner.com

Getzner India Pvt. Ltd.

1st Floor, Kaivalya
24 Tejas Society, Kothrud
Pune 411038, India
T +91-20-25385195
F +91-20-25385199
info.pune@getzner.com

Nihon Getzner K.K.

6-8 Nihonbashi Odenma-cho
Chuo-ku, Tokyo
103-0011, Japan
T +81-3-6842-7072
F +81-3-6842-7062
info.tokyo@getzner.com

Getzner Materials (Beijing) Co., Ltd.

No. 905, Tower D, the Vantone Center
No. Jia 6, Chaowai Street, Chaoyang District
10020, Beijing, the P.R.C.
T +86-10-5907-1618
F +86-10-5907-1628
info.beijing@getzner.com

Getzner USA, Inc.

8720 Red Oak Boulevard, Suite 528
Charlotte, NC 28217, USA
T +1-704-966-2132
info.charlotte@getzner.com

www.getzner.com