



MONOGRÁFICO

PONENCIAS PRESENTADAS



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de
Construcción y Mantenimiento para la
Infraestructura Ferroviaria*

Granada, 17 de Octubre de 2024

ETS. Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Granada

II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

Granada, 17 Octubre 2024

ISBN
978-84-124720-1-1

Edición:
Miguel Del Sol Sánchez
Oswaldo Guerrero Bustamante
Amparo Guillen
M^a Carmen Rubio Gámez
Fernando Moreno Navarro

Ponentes:

Acosta Flaqué, Gaspar
Casado del Prado, José Antonio
Díaz Cuevas, Jesús
Guerrero Bustamante, Oswaldo
Guillen, Amparo
Hermosilla Carrasco, Carlos
Koller, Guenther
Manzano, Borja
Marín, Pilar

Ponentes:

Martínez Moriano, Rafael
Pallarés Bejarano, Álvaro
Parra Hermida, Raúl
Pérez Ortolá, Alberto
Ripoll, Rubén
Romero Morales, Carlos
Sainz-Aja, José Adolfo
Sampedro Rodríguez, Ángel
Villalba Sanchís, Ignacio

Organizadores y Participantes Institucionales

LABIC.UGR



Secretaría Técnica:

FUNDACIÓN DE LOS
FERROCARRILES
ESPAÑOLES



materplat



Metropolitano
de Granada



Junta de Andalucía



Junta de Andalucía

Consejería de Fomento, Infraestructuras
y Ordenación del Territorio

Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

Patrocinadores y Colaboradores Comerciales



sando

METRO CHURRIANA UTE



Parte 1. I+D+i en materiales y componentes de vía

Pág 8. Sistema de sujeciones DELKOR EGG X8: alta atenuación de vibraciones.

Autor: Gaspar Acosta Flaqué (*ACOSTA INGENIEROS*)

Pág. 57. Interactive Pads: placas de asiento inteligentes para la monitorización de la interacción tren-vía

Autor: Amparo Guillen (*LabIC.UGR – Laboratorio de Ingeniería de la Construcción, Universidad de Granada*)

Pág. 97. Impacto del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas y la durabilidad de mortero de cemento y hormigones.

Autor: Jesús Díaz Cuevas (*Graphenea – Lantania - UPM*)

Pág. 112. Caracterización en fatiga a alta temperatura de los sistemas de sujeción para AVE

Autor: José Antonio Casado del Prado (*LADICIM – Universidad de Cantabria*)

Pág. 135. Uso de pellets fabricados con NFU para mejorar las propiedades de la capa de sub-balasto

Autor: Ignacio Villalba Sanchís (*Universidad Politécnica de Valencia*)

Pág. 153. Detección inalámbrica de tensiones en estructuras mediante microhilos magnéticos

Autores: Pilar Marín Palacios (*Instituto de magnetismo aplicado UCM-ADIF*), Carlos Romero Morales (*Universidad Politécnica de Madrid*)

Parte 2. I+D+i para la construcción de vía

Pág. 180. Nuevo sistema de vía en placa modular 3MB: demostración en vía real

Autor: Carlos Hermosilla Carrasco (*ACCIONA Construcción*)

Pág. 201. Sub-balasto sostenible con capacidad de amortiguación para vías de ferrocarril de altas prestaciones

Autor: Oswaldo Guerrero Bustamante (*LabIC.UGR – Laboratorio de Ingeniería de la Construcción, Universidad de Granada*)

Pág. 224. Prolongación de la vida útil de la superestructura ferroviaria y atenuación de vibraciones mediante el uso de elastómeros innovadores

Autor: Alberto Pérez Ortolá (*Calenberg Ingenieure – Schwibag Ibérica*)

Pág. 238. Sistema Calmmoon Rail: Reducción de ruido aéreo ferroviario

Autor: Guenther Koller (*SEKISUI*)

Pág. 256. TramERS GB5

Autor: Rafael Martínez Moriano (*Eiffage*)

Pág. 274. Sistemas de fijación de carril adherizados de Pandrol con modularidad de rigidez óptima

Autor: Rubén Ripoll (*Pandrol Ibérica*)

Parte 3. Experiencias en I+D+i para el diseño y mantenimiento de vías

Pág. 303. Rail Báltica: Contribución a los ODS desde el diseño ferroviario

Autor: Borja Manzano (IDOM)

Pág. 324. Efecto de la exposición a hidrocarburos en las propiedades mecánicas de las placas de asiento

Autor: José Adolfo Sainz-Aja (LADICIM – Universidad de Cantabria)

Pág. 336. La economía circular en la plataforma ferroviaria

Autor: Ángel Sampedro Rodríguez (UAX)

Pág. 346. Análisis de corrientes vagabundas

Autor: Raúl Parra Hermida (MetroTenerife)

Pág. 356. Sistema embebido en vía para la inspección de ruedas de vagones en movimiento mediante tecnología EMAT Magnetoestrictiva

Autor: Álvaro Pallarés Bejarano (Innerspec Technologies Europe S.L.)

Parte 1

I+D+i en materiales y componentes de vía

Sistema de sujeciones DELKOR EGG X8: alta atenuación de vibraciones

Ponente: Gaspar Acosta Flaqué (ACOSTA INGENIEROS)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR

UNIVERSIDAD
DE GRANADA

PTFE   Secretaría Técnica
Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

DELKOR EGG X8: alta atenuación de vibraciones



Gaspar Acosta Flaqué

ACOSTA INGENIEROS, Director General

Tel. +34 646 58 58 05

gaspar@acosta-ing.com

AC
Ingenieros

Granada, 17 Octubre 2024

SISTEMAS DE SUJECIONES DIRECTAS VULCANIZADAS

Una sola pieza.

Muy Alta atenuación de ruido y vibraciones.

Amortiguación de caucho.

Diseño a prueba de fallos.

Resistencia a la fatiga probada.



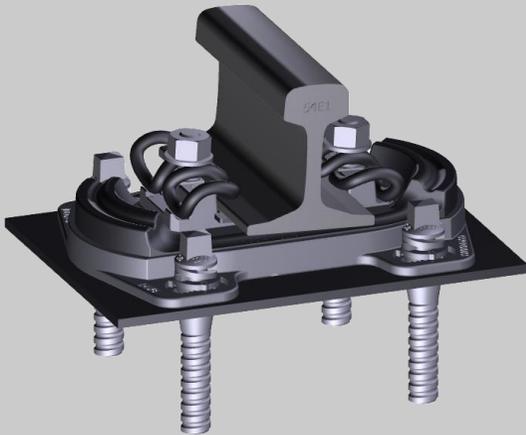
Rigideces estática y dinámica muy bajas.

Libre de mantenimiento.
Vida útil superior a los 30 años.

Alto aislamiento eléctrico.

ALTA ATENUACIÓN DE LAS VIBRACIONES

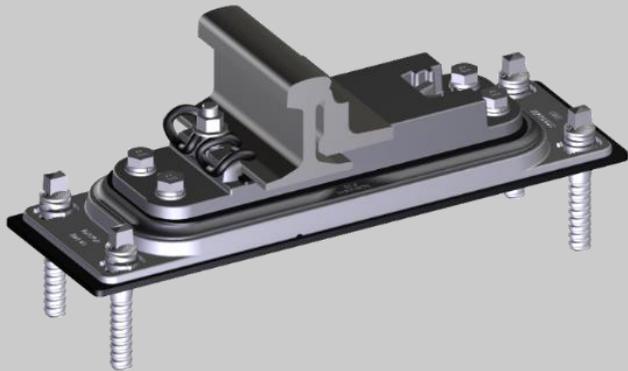
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



Rigidez estática :	6 – 15 kN/mm
Ajuste Lateral:	+/- 15 mm
Ajuste Vertical:	25 mm con calces
Tipo de fijación:	SKL / eClip u otros
Aislamiento Eléctrico:	> 50 kΩ
Ratio C_{dyn} / C_{stat} :	< 1.4 baja frecuen.
Ratio C_{Hdyn} / C_{stat} (Acoustic):	< 2.0 alta frecuen.

✓ FRECUENCIAS NATURALES DE HASTA 19 – 20 Hz.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



Rigidez estática : 10 – 20 kN/mm

Ajuste Lateral: +/- 18 mm

Ajuste Vertical: 30 mm con calces

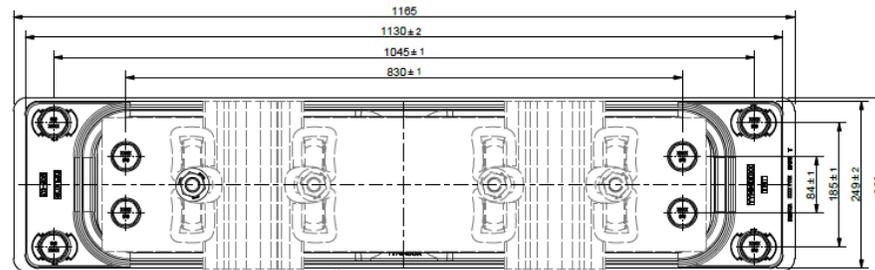
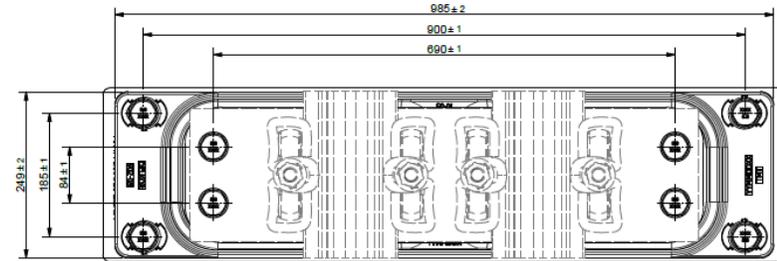
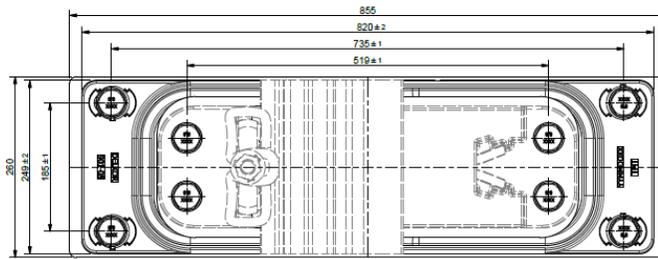
Dimensiones: 5 dimensiones

Aislamiento Eléctrico: > 50 k Ω

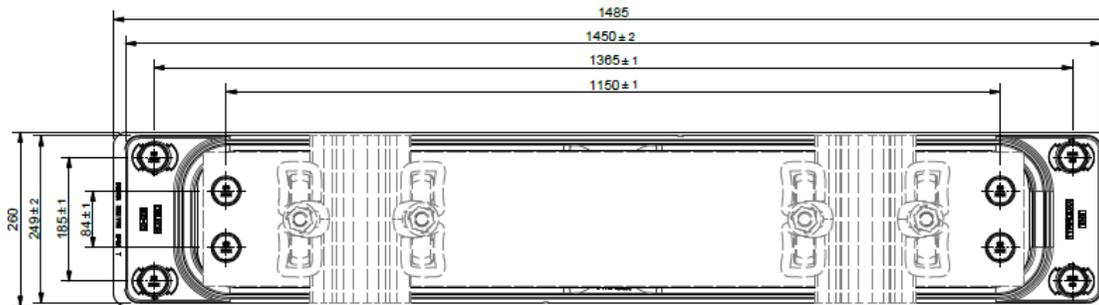
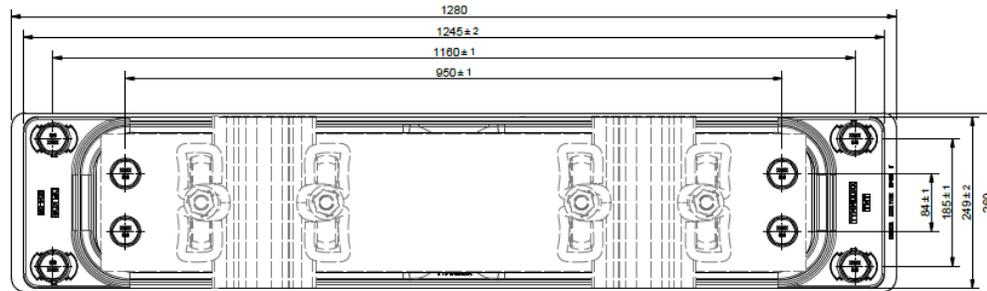
Ratio C_{dyn} / C_{stat} : < 1.4 baja frecuen.

Ratio C_{Hdyn} / C_{stat} (Acoustic): < 2.0 alta frecuen.

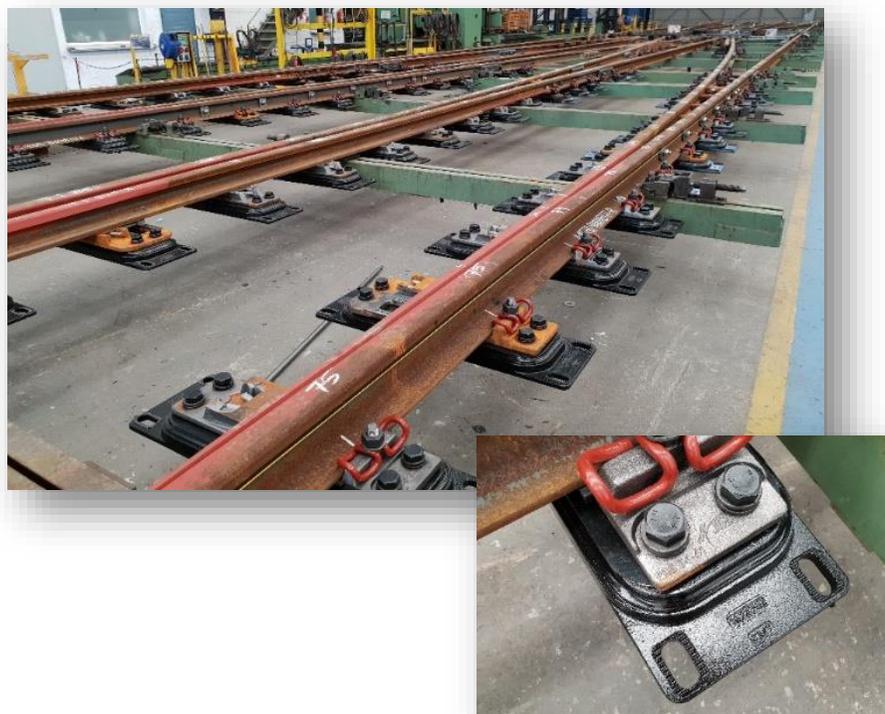
5 DIMENSIONES DIFERENTES



5 DIMENSIONES DIFERENTES



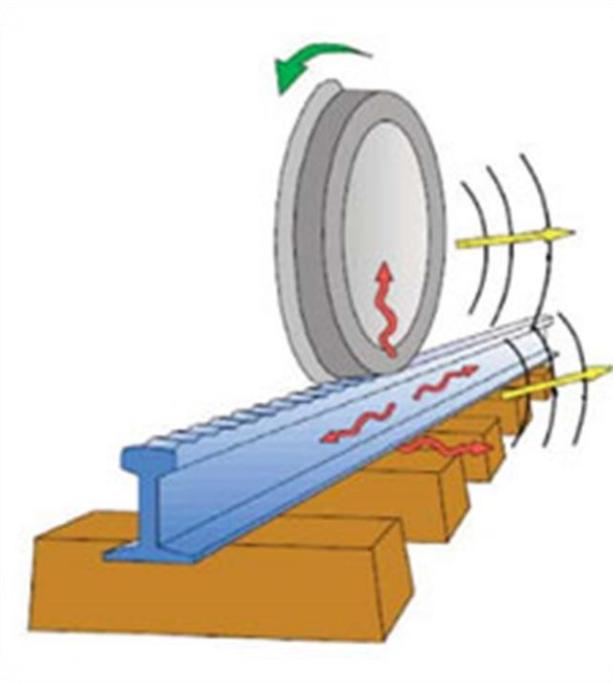
FACILIDAD DE MONTAJE





**RIGIDEZ ESTÁTICA, DINÁMICA A BAJA
FRECUENCIA Y DINÁMICA A ALTA
FRECUENCIA.**

ANALICEMOS EL PROBLEMA



- El carril se asemeja a una biga continua apoyada sobre puntos discretos (fijaciones)
- Este carril está sometido a **una carga vertical** (peso por eje del tren).
- Las vibraciones se producen por la rugosidad rueda – carril.
- Estas vibraciones se producen con más o menos intensidades **en todas las frecuencias posibles**.
- Las vibraciones se transmiten por las fijaciones a la plataforma y a los edificios colindantes.



¿Cómo solucionamos esto?

Una solución es dar elasticidad a la vía.
Es decir bajando la rigidez de esta.

“American Railway Engineering and Maintenance-Way Association” recomienda un sistema de vía con un a deflexión mínima de 3 mm y máxima de 6 mm.



¿Cómo podemos dar elasticidad a la vía?

- 1) Sistemas de sujeciones “Acoustics” o de baja rigidez.
- 2) Mantas resilientes anti vibraciones.



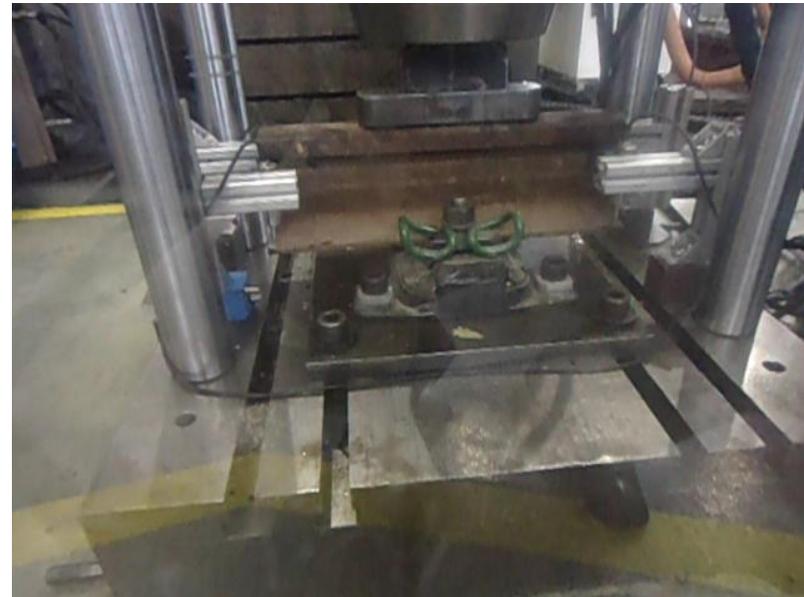
CONCEPTO DE RIGIDEZ

- 1) Rigidez estática.
- 2) Rigidez dinámica a baja frecuencia.
- 3) Rigidez dinámica a alta frecuencia.

RIGIDEZ ESTÁTICA Y DINÁMICA A BAJA FRECUENCIA



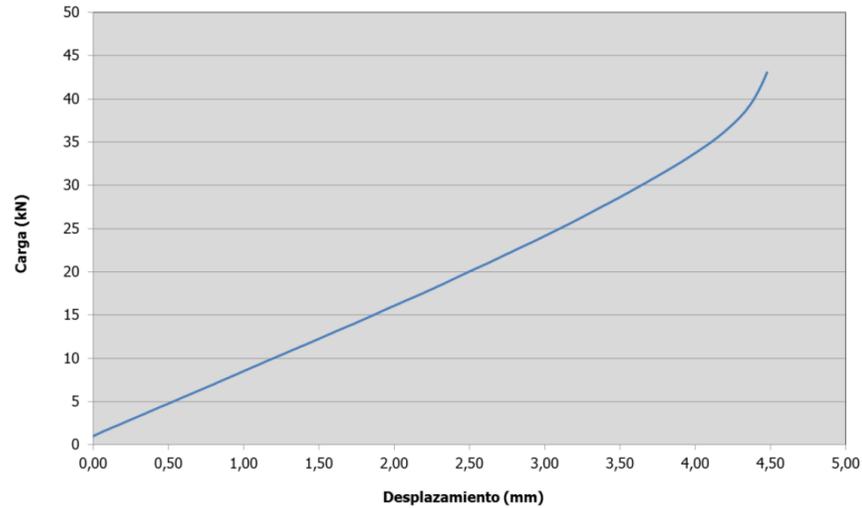
Ensayo rigidez estática
según norma EN 13146-9



Ensayo rigidez dinámica baja frecuencia
según norma EN 13146-9

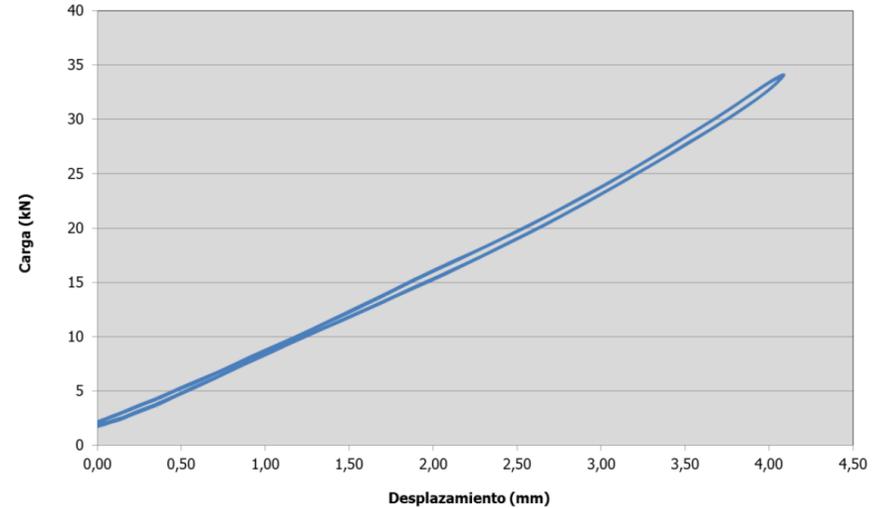
RIGIDEZ ESTÁTICA Y DINÁMICA A BAJA FRECUENCIA

Ensayo estático - DELKOR RAIL EGG RF167 SKL12



Grafica rigidez estática

Ensayo dinámico 8 Hz - DELKOR RAIL EGG RF167 SKL12



Grafica rigidez dinámica baja frecuencia

RESULTADOS

RIGIDEZ ESTÁTICA Y DINÁMICA A BAJA FRECUENCIA

	Rigidez estática Cstat (kN/mm)	Rigidez dinámica Cdin @ 8 Hz. (kN/mm)
Delkor EGG	7,45	7,85
	Coeficiente Cdin/Cstat = 1,05	

Nota: Ensayos según norma EN 13146-9 para categoría "B". Rigidez dinámica a 8Hz.
Valor requerido para la rigidez estática: 7,5 +/- 10%

¿CON ESTO TENEMOS SUFICIENTE
PARA ESPECIFICAR UN SISTEMA
ANTI VIBRATORIO?

LA RESPUESTA ES NO !!



EL VERDADERO VALOR DE LA RIGIDEZ DINAMICA DE LA VIA.

- Los sistemas **cambian su rigidez cuando se aumenta la frecuencia de excitación y se ven sometidos a esfuerzos exteriores.**
- Es necesario conocer **el comportamiento de la rigidez dinámica en las condiciones de explotación.** (carga vertical y una excitación de vibración)

**La rigidez dinámica a alta frecuencia
o rigidez acústica**



SISTEMA DE FIJACIONES “ACOUSTICS”

Para poder determinar el rendimiento de un sistema antivibratorio existe la norma ***“UNE-EN 17495:2024 Aplicaciones ferroviarias. Acústica. Determinación de la rigidez dinámica de los componentes de vía elásticos relacionados con el ruido y la vibración.”***, que tiene como objeto:

Determinar **la rigidez dinámica a alta frecuencia o la rigidez acústica** de los sistemas resilientes.

El proposito de determinar esta **“Rigidez Acustica”** es proporcionar datos para **la evaluación y especificación del rendimiento acústico de los componentes de la vía.**



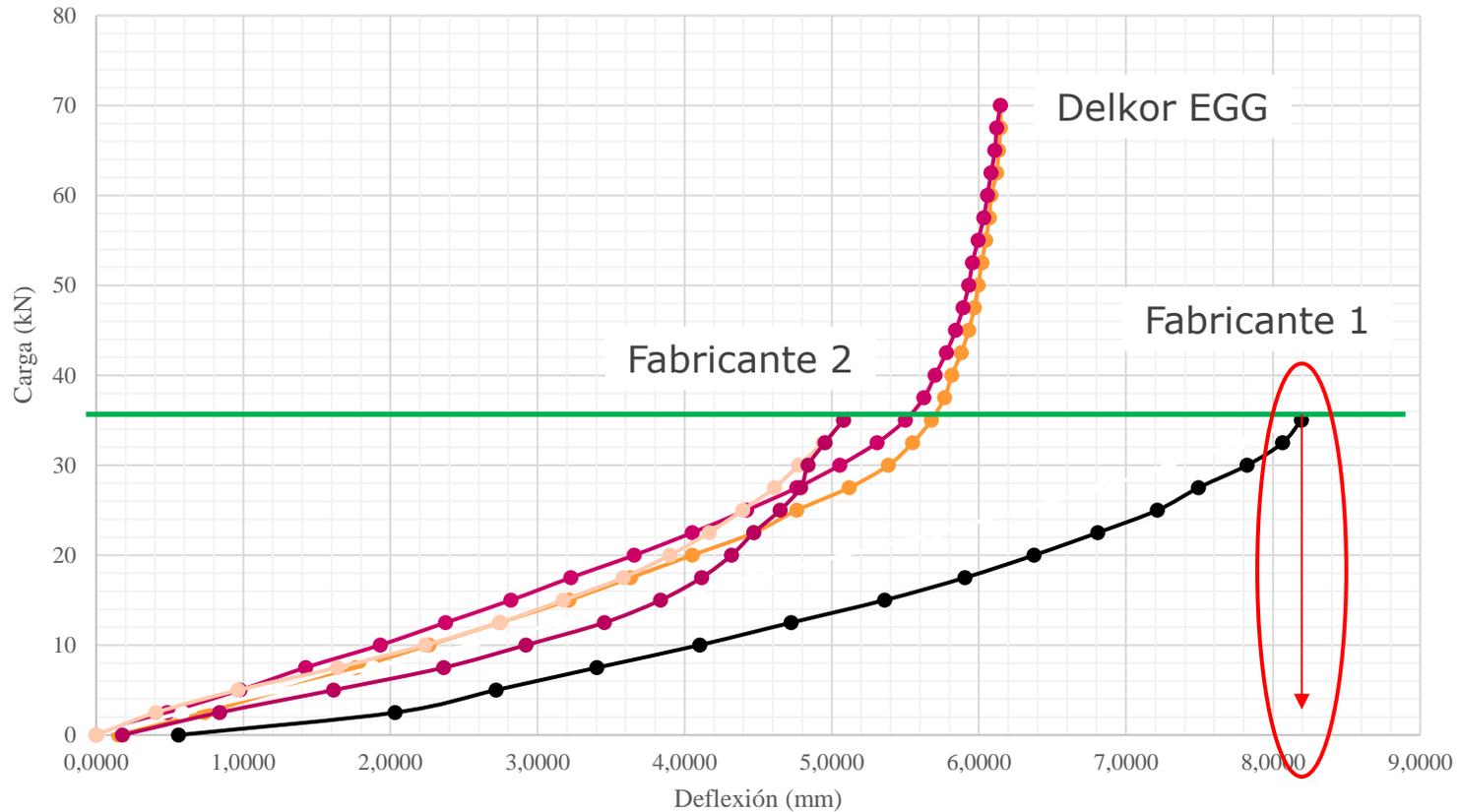
COMPARATIVA DE SISTEMAS DE FIJACIONES “SOFT” DEL MERCADO.

Procedemos a analizar 3 sistemas de fijaciones existentes en el mercado en cuanto a su comportamiento “acústico”.

Determinando su **rigidez estática y dinámica acústica a alta frecuencia.**

- 1) Sistema Delkor EGG.
- 2) Sistema Fabricante 1.
- 3) Sistema Fabricante 2.

COMPARACION RIGIDECES ESTATICAS



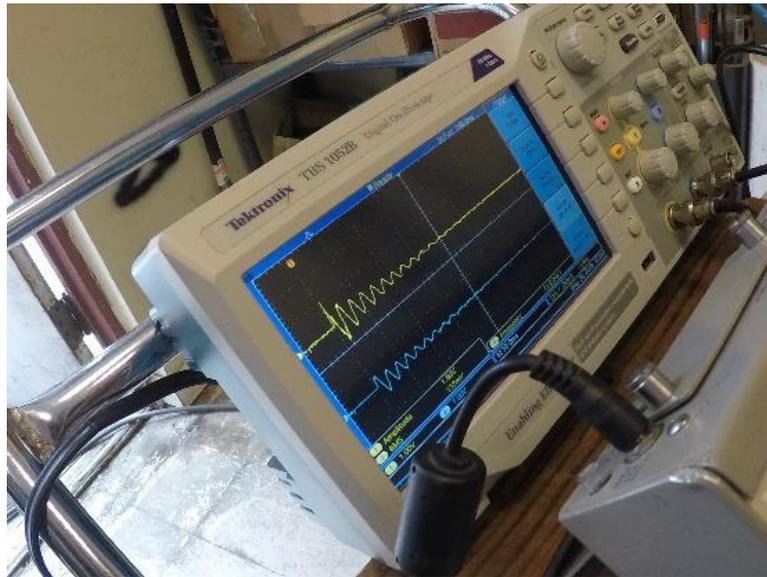
RESULTADOS RIGIDEZ ESTATICA

Calculamos la rigidez estática s/ EN 13146-9 para la Categoría "B".
Pendiente de la secante 0-34,4 kN.

	Deflexion (mm)	Rígidez estática Cstat (kN/mm)
Delkor EGG	5,3	6.5
Fabricante 1	8 (valor muy alto)	4.3
Fabricante 2	3,9	8.8

En la fijación DELKOR EGG se realiza la rigidez hasta los 70kN para mostrar que el sistema posee una rigidez dual o un sistema de seguridad para que el carril no sobre pase los 6 mm de deflexión.

RIGIDEZ DINAMICA ACUSTICA

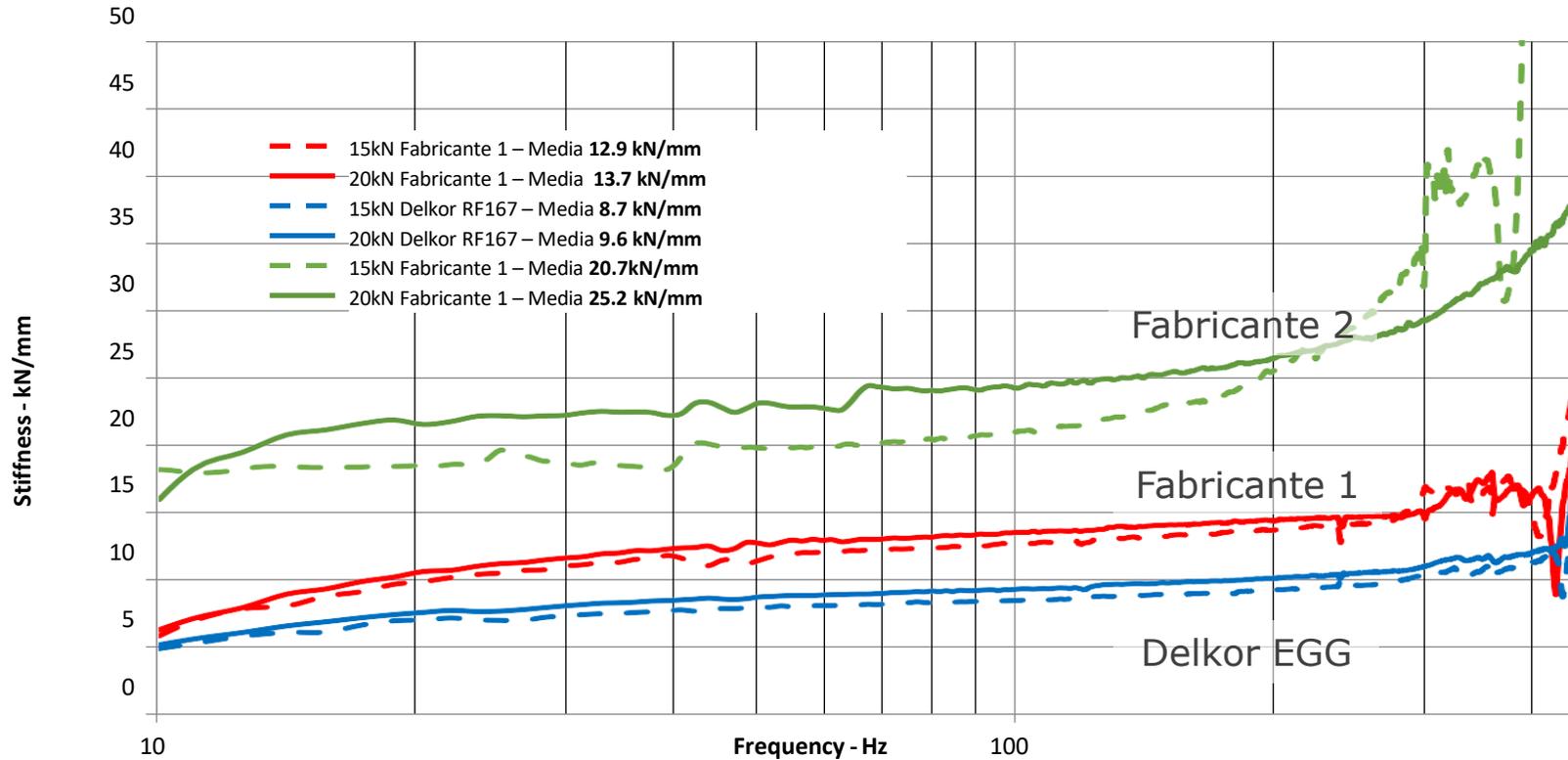


Ensayo para determinar la rigidez dinámica a alta frecuencia o la rigidez acústica.



COMPARACION RIGIDEZ ACUSTICA

Ensayo de 2 fijaciones con una carga de 15kN y 20kN



RESULTADOS COMPARACION RIGIDEZ ACUSTICA

	Rígidez estática Cstat (kN/mm)	Media Rigidez Acustica CHdyn 25-250Hz (kN/mm)	Coefficiente
Delkor EGG	6.5	9.3	1.43
Fabricante 1	4.3	14.5	3.37
Fabricante 2	8.8	23.4	2.66

El mejor coeficiente es el del sistema DELKOR EGG seguido del "Fabricante 2" con un coeficiente de 2,66 (un 86% más) y finalmente el "Fabricante 1" con un coeficiente de 3,37 (un 135% más), **por lo tanto el sistema que tiene mejor comportamiento acústico es el sistema DELKOR EGG.**



COMO ESPECIFICAR EL SISTEMA EN PROYECTOS



1) Normativa de Aplicación.

- EN 13481 Parte 5 Conjuntos de sujeción para vía en placa sin balasto.
 - Categoría “B” en sistema tipo metro.
 - Categoría “C” en ferrocarriles convencionales y alta velocidad
- UNE-EN 17495:2024 Aplicaciones ferroviarias. Acústica. Determinación de la rigidez dinámica de los componentes de vía elásticos relacionados con el ruido y la vibración.



2) Determinar la rigidez.

- Sistema de sujeciones directas vulcanizadas de ALTA atenuación
 - Rigidez estática 7 kN/mm s/EN 13146-4 (según proyecto)
 - Ratio dinámico / estático < 1.4 Ensayo a baja frecuencia
 - Ratio dinámico / estático < 2.0 Ensayo a alta frecuencia

3) Cálculos de dinámica de vía y vibraciones.

Check-List

Características de la superestructura	
1. Tipo de carril	UIC 54
2. Plataforma	Concrete
3. Tipo de sistema de fijación:	EGG
4. Número de modelo:	X8

Datos de la vía	
5. Peso de carril:	54.43 [kg/m]
6. Distancia entre fijaciones	0.6 [m]
7. Peso de las fijaciones	16 [kg]
8. Inclinación del carril	1:20
9. Deflexión máxima del carril	4.5 [mm]
10. Ancho de vía	1.445 [m]
11. Condición de la vía (Muy bueno / bueno / malo)	Muy Buena

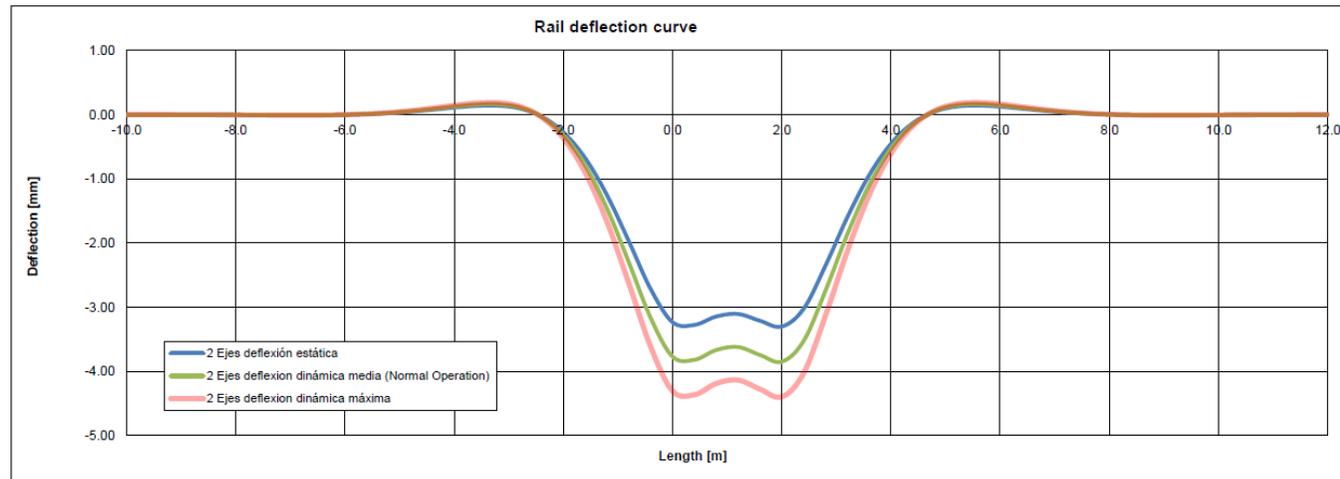
Rígidez / Amortiguaciones	
12. Rígidez dinámica de la plataforma:	100 [kN/mm]
13. Capacidad de carga del suelo, valor Ev2:	0 [N/mm ²]
14. Rígidez de la suela bajo patín:	800 [kN/mm]

Características del tren / geometría de la vía	
15. Carga por eje:	155 [kN]
16. Velocidad máxima del tren:	100 [km/h]
17. Tipo de tren (carga / pasajeros):	Pasajeros
18. Masa no suspendida:	2790 [kg]
19. Numero de ejes por bogie:	2
20. Distancia de los ejes (bogie):	2.2 [m]
21. Distancia máxima entre bogies:	11.1 [m]
22. Distancia de los bogies al extremo:	6 [m]
23. Geometría de la vía (recta / curva):	Recta

Resultados de los cálculos

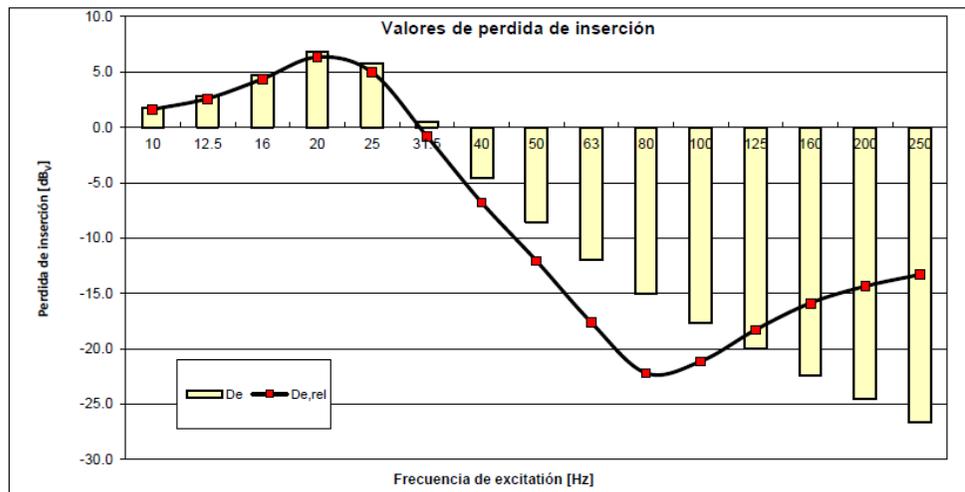
Características de los sistemas de fijación		
24	Rígidez estática de las fijaciones:	7 [kN/mm]
25	Rígidez dinámica de las fijaciones:	8 [kN/mm]

Kinematic of track		
26	Deflexión dinámica máxima del carril:	4.40 [mm]
27	Deflexión dinámica media del carril:	3.85 [mm]
28	Deflexión estática del carril:	3.30 [mm]
29	Longitud de la curva del carril (2 ejes):	13.8 [m]
30	Máxima tensión en el patin del carril:	52.5 [N/mm ²]
31	Máxima tensión permitida en el patin (DB):	178.8 [N/mm ²]
32	Mediana Carga vertical efectiva por fijación (QRW):	26.7 [kN]
33	Máxima Carga vertical efectiva por fijación (QRW):	30.5 [kN]
34	Valor específico por metro de carril:	11.6 [kN]



Rendimiento de amortiguamiento / pérdida de inserción

	Unit
35 Frecuencia natural (calculada):	22.8 [Hz]
36 Limite de frecuencia de amortiguación (calculada):	32.2 [Hz]
37 Frecuencia de carga del bogie:	12.6 [Hz]
38 Frecuencia natural del mismo sistema en balasto:	81.9 [Hz]



Nota:

El cálculo se basa en los datos del vehículo y de la superestructura dados. Los valores de De dados corresponden al efecto de aislamiento determinado a partir de la función de transmisión de la cantidad de movimiento medible sobre el carril y de las fuerzas alternativas teóricas en el lado inferior de la fijación / hormigón / plataforma.

Por lo tanto, el valor de De está dando el efecto de aislamiento a vibraciones, referido a la superestructura particular (losa de hormigón) con los sistemas de fijación anti vibratorias propuestos.

Los valores de De, rel representan el efecto de aislamiento teórico de una vía con el sistema de fijación anti vibratoria propuesto en comparación con una vía de balasto estándar sin protección contra vibraciones.

No	Frecuencia Excitación [Hz]	Pérdida inserción Absoluta De [dBV]	Relativa Pérdida inserción De,rel [dBV]
39	10	2	2
40	12.5	3	3
41	16	5	4
42	20	7	6
43	25	6	5
44	31.5	1	-1
45	40	-5	-7
46	50	-9	-12
47	63	-12	-18
48	80	-15	-22
49	100	-18	-21
50	125	-20	-18
51	160	-22	-16
52	200	-25	-14
53	250	-27	-13
54	> 250 Hz	Estimacion	-17
55	Nivel Medio	-21	-17
56	Aislamiento medio [%]:	91	86



VALIDACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA ANTES DE LA PUESTA EN VÍA



El control de calidad debe de garantizar, tal y como indica en proyecto, lo siguiente:

- Un sistema de sujeción sin comprometer la seguridad (sistema seguro)
- Una larga vida en vía sin perder parte de sus propiedades, tanto de seguridad como de confort.
- Alta reducción de vibraciones y ruido estructural.

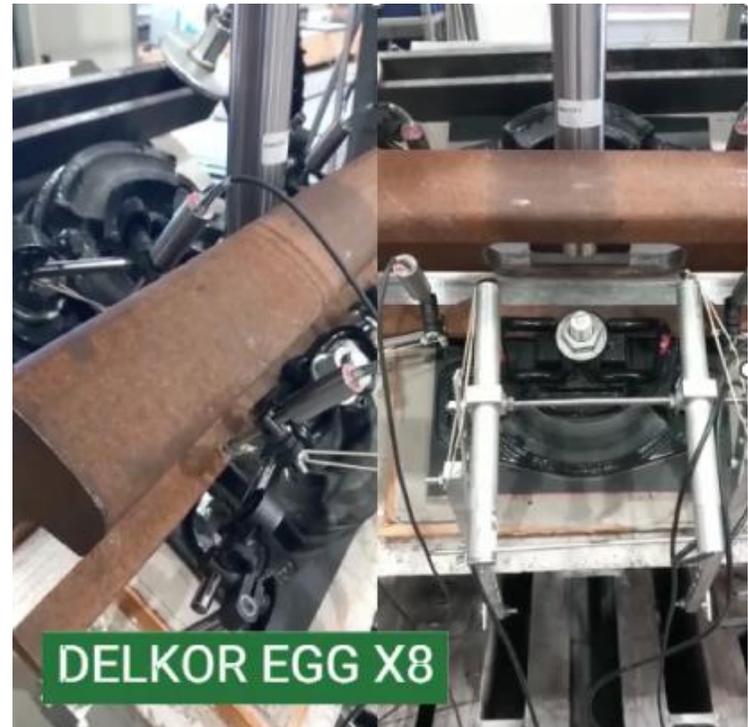


Para el cumplimiento de las anteriores premisas se debe de realizar:

- Los ensayos según norma Europea de una muestra actual y con los medios de producción que se van a utilizar en la producción en masa.
- Elaboración de un plan de calidad lo suficientemente exhaustivo para garantizar la producción en masa. Aplicación de técnicas estadísticas que garanticen un alto nivel de calidad.
- Comprobación de los medios de producción y control adecuados a la fabricación.
- Recepción / Control de las sujeciones antes de la entrega. (rigidez y dimensional)

1) Ensayos s/Norma Europea.

- Determinación de la fuerza de apriete
- Resistencia deslizamiento longitudinal carril
- Determinación de la rigidez
- Determinación de la rigidez dinámica
- Efecto de las cargas repetitivas
- Determinación de la resistencia eléctrica
- Efecto de las condiciones ambientales extremas





La norma Europea pide una fatiga de 3.000.000 ciclos

 DELKOR EGG X8 fue **sometido a 6.000.000 ciclos.**

Menos del **1% de variación** de su rigidez.

2) Validación sistema DELKOR EGG X8 – Metro de Madrid (2023).





DELKOR EGG X8 – Es **el único sistema vulcanizado de baja rigidez** que ha superado el proceso de validación de Metro de Madrid.

- Sistema de **sujeciones seguro** acorde a las normas Europeas.
- Vida útil en vía esperado de **más de 30 años**.
- **Alta reducción de vibraciones** y ruido estructural.



MEDIOS DE PRODUCCIÓN Y CONTROL

LÍNEA MEZCLADO AUTOMÁTICA DE CAUCHO



Línea de mezclado automática de caucho para 8.000 toneladas por año.

LÍNEA DE PRENSAS – GRAN CAPACIDAD



Prensas de gran capacidad.



Más de 180 Prensas, hasta 3000 Ton.

LÍNEA DE PRENSAS. HASTA 3.000 TONELADAS



BANCOS DE ENSAYO DE FATIGA

18 CANALES

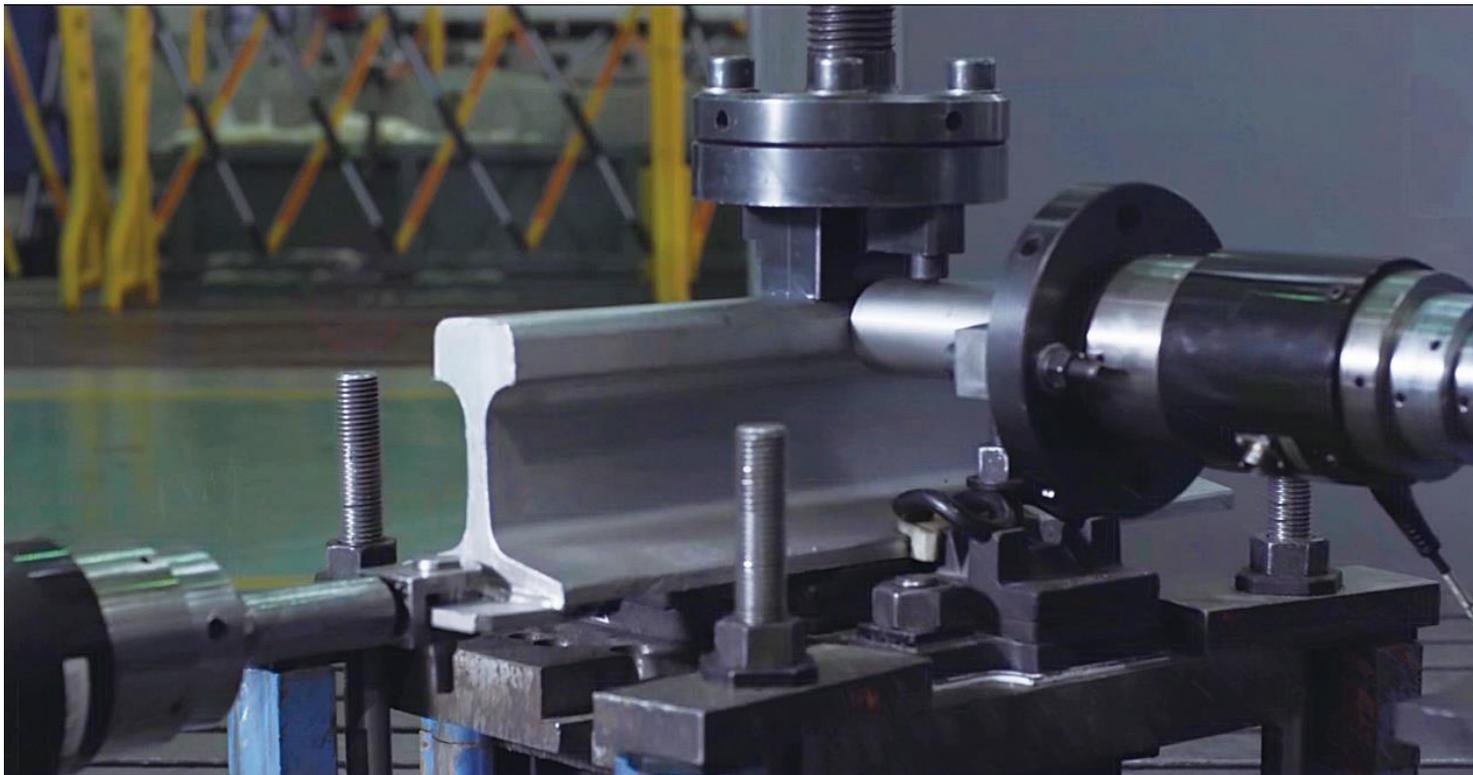
PARA ENSAYOS
DINAMICOS DE
FATIGA



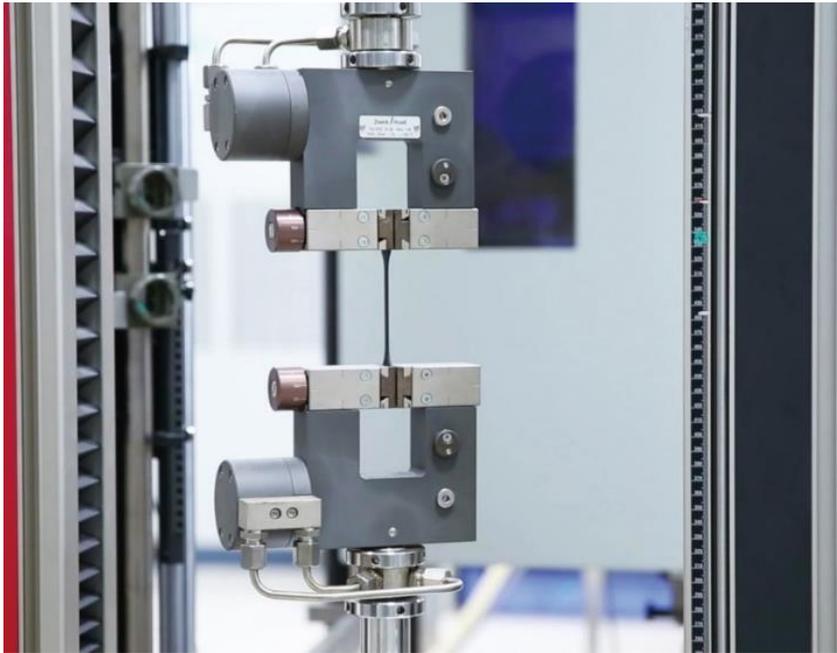
BANCOS DE ENSAYO



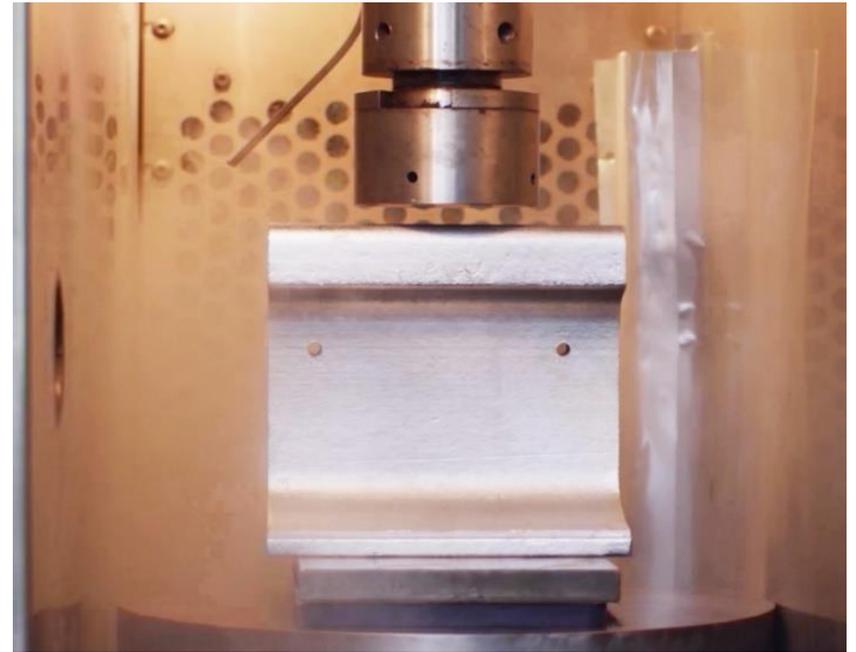
ENSAYO FATIGA. 3 CANALES



MEDIOS DE CONTROL DE CALIDAD



Tensile Strength Testing



Extreme environmental test

MEDIOS DE CONTROL DE CALIDAD Y PROCESO



Ozone Test Cabinet
Accelerate Ageing of
Rubber compounds



**Infrared
Spectrophotometer**
Analyse rubber
compounds



**Digital Scanning
Microscope**
Measure the amount of
fillers in rubber
compounds.

MÁS DE 30 EQUIPOS DE ENSAYO Y CONTROL EN NUESTRAS INSTALACIONES

METRO DE SYDNEY



PROYECTOS EN TODO EL MUNDO



Interactive Pads: placas de asiento inteligentes para la monitorización de la interacción tren-vía

Ponente: Amparo Guillen (LabIC.UGR – U. Granada)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Interactive Pads

Placas de asiento inteligentes para la monitorización de la interacción tren-vía



Amparo Guillén

*Investigadora del Grupo LabIC
Universidad de Granada*

LABIC.UGR



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Granada, 17 Octubre 2024



Introducción



Objetivo



Metodología



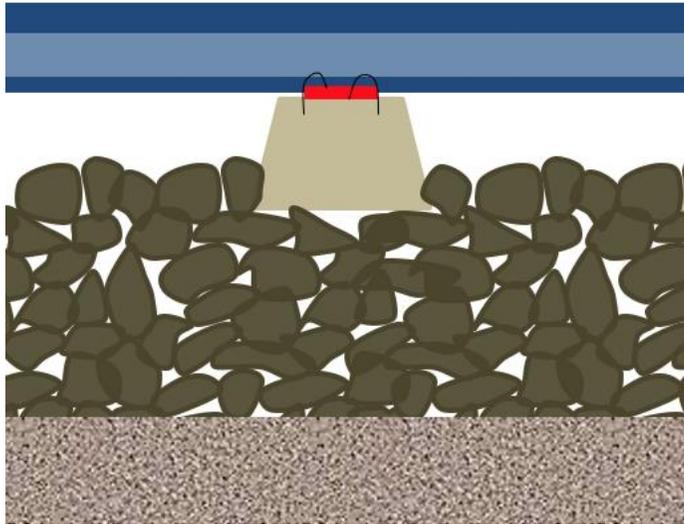
Resultados



Conclusiones

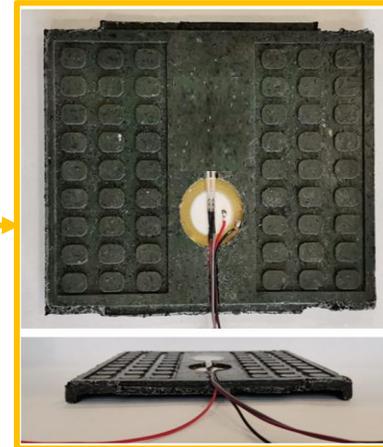
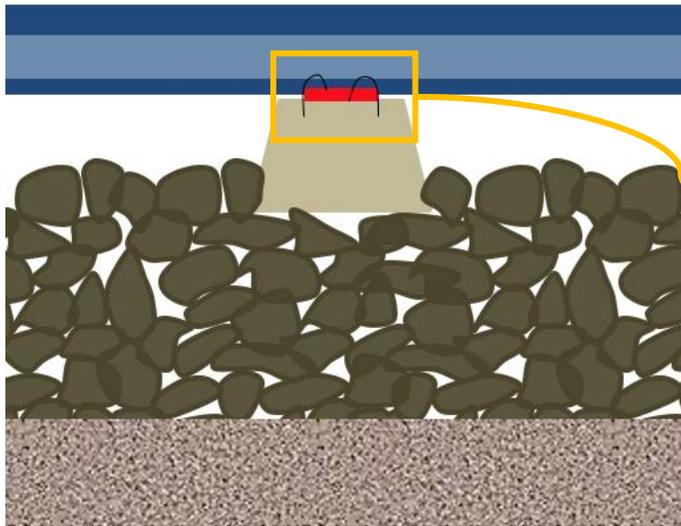


Estudios Previos

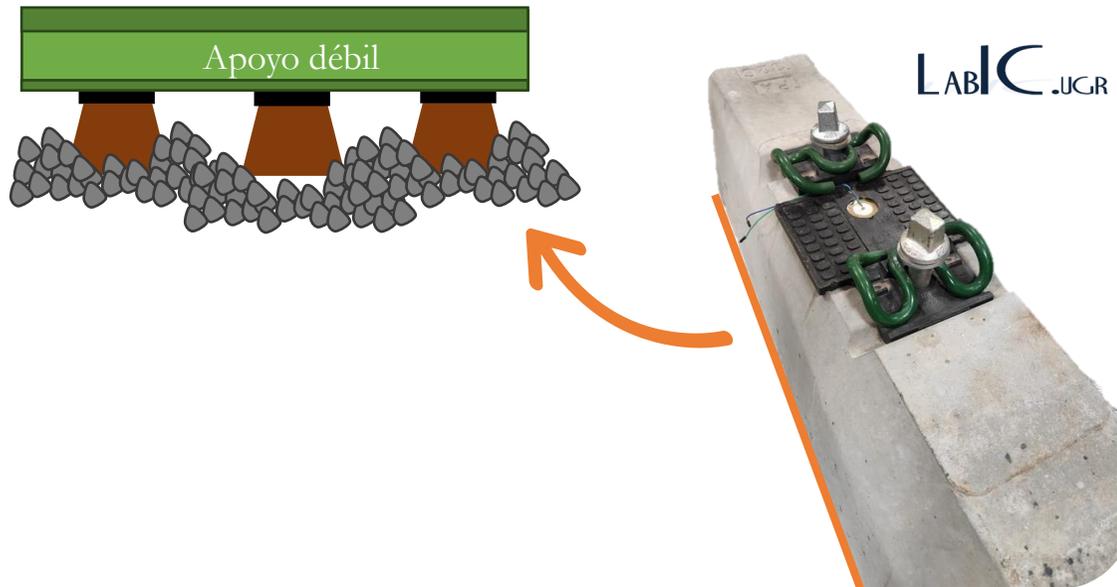


Estudios Previos

Incorporación de sensores embebidos
en las placas de asiento



Cambios en la reacción de la vía
(capacidad portante o resistencia
del soporte)



Cambios en la reacción de la vía
(capacidad portante o resistencia
del soporte)



Contacto rueda-carril
(irregularidades, planos, etc.)



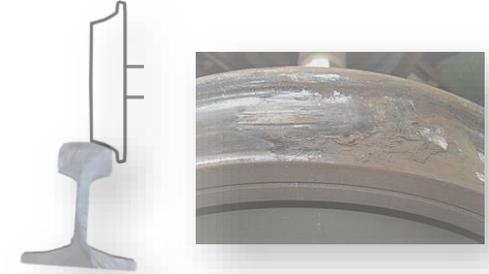
Cambios en la reacción de la vía
(capacidad portante o resistencia
del soporte)



Peso dinámico de los trenes
(número de ejes, nivel de carga, etc.)



Contacto rueda-carril
(irregularidades, planos, etc.)



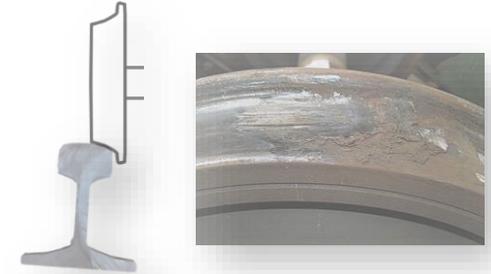
Cambios en la reacción de la vía
(capacidad portante o resistencia
del soporte)



Peso dinámico de los trenes
(número de ejes, nivel de carga, etc.)



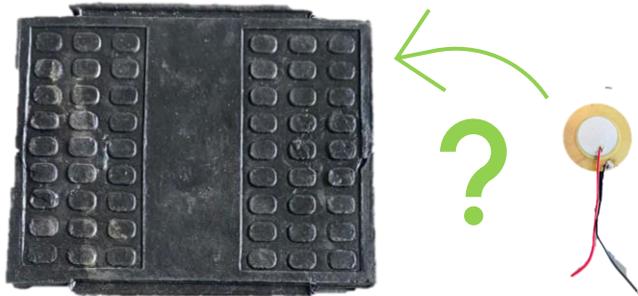
Contacto rueda-carril
(irregularidades, planos, etc.)



Detectar la tensión que llega a la
sujeción



Diseño Óptimo

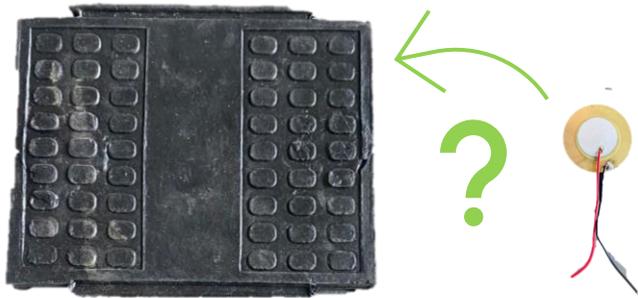


Distintos tipos de fijaciones



Fuente: Pandrol; Vossloh

Diseño Óptimo



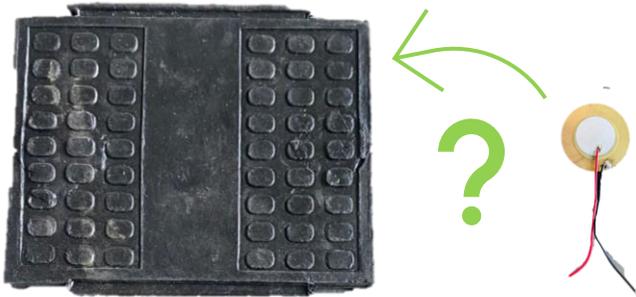
Distintos tipos de fijaciones



Distintos tipos de vías



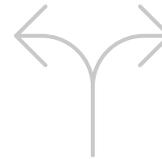
Diseño Óptimo



Distintos tipos de fijaciones



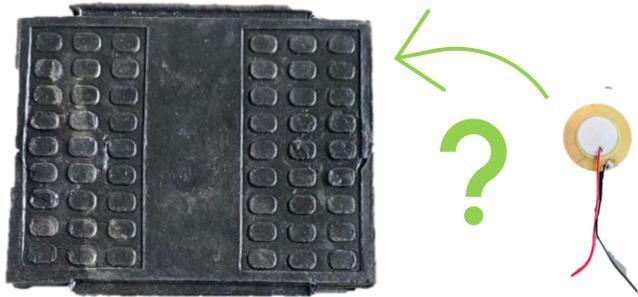
Distintos tipos de vías



Tecnologías futuras



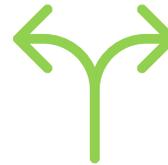
Diseño Óptimo



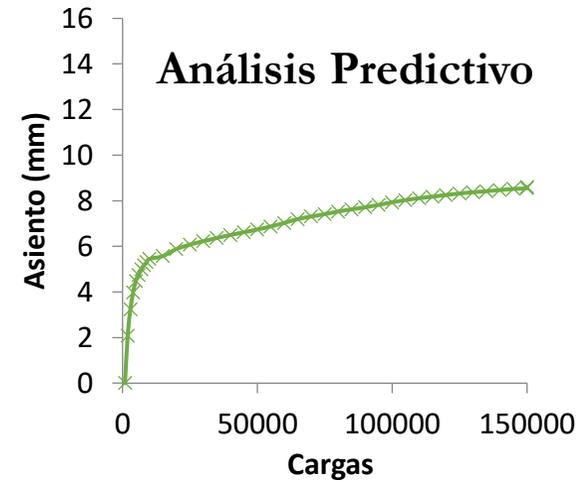
Distintos tipos de fijaciones



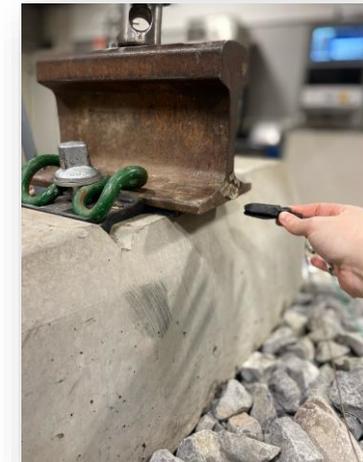
Distintos tipos de vías



Tecnologías futuras



Interactive Pad: Placa de asiento inteligente incorporando un sensor removible y versátil capaz de monitorizar continuamente la interacción vehículo-vía



Proyecto con acrónimo «InterActive Pads» y titulado «Proof of Smart Pads for Monitoring Vehicle-Track Interaction» (PDC2022-133966-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidad de España (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y por la Unión Europea Next Generation EU/PRTR.



Diseño de Placa Innovadora



Diseño de Sensor Removible

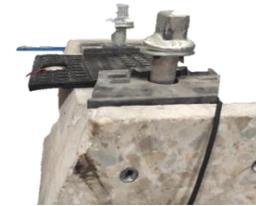


Prueba y Validación en Laboratorio



1. Influencia de la posición horizontal del sensor en la placa

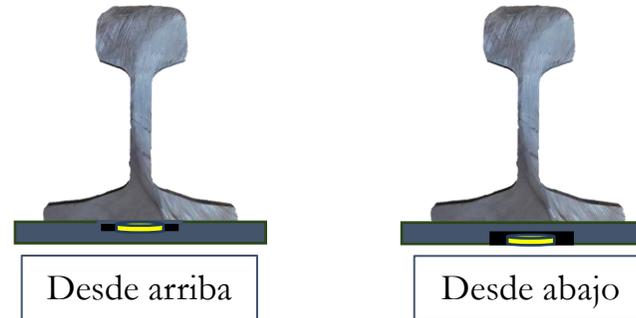
Centro

Al final de la placa
debajo del carrilFuera del contacto
con la traviesa

1. Influencia de la posición horizontal del sensor en la placa



2. Influencia de la posición vertical del sensor en la placa



1. Influencia de la posición horizontal del sensor en la placa



2. Influencia de la posición vertical del sensor en la placa



3. Influencia del nivel de embebimiento del sensor



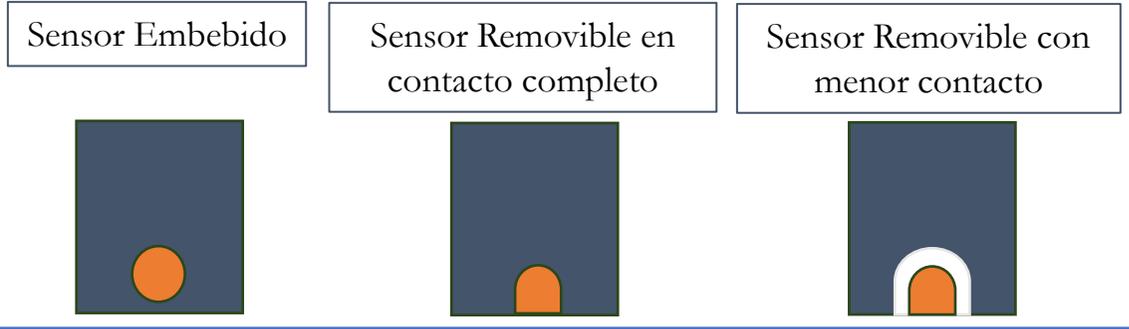
1. Influencia de la posición horizontal del sensor en la placa



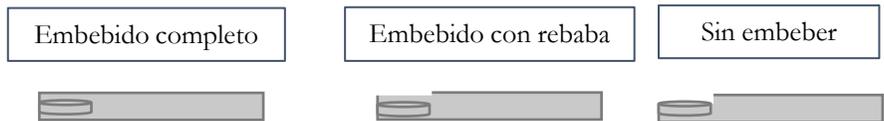
2. Influencia de la posición vertical del sensor en la placa



4. Influencia de la forma de incorporación del sensor

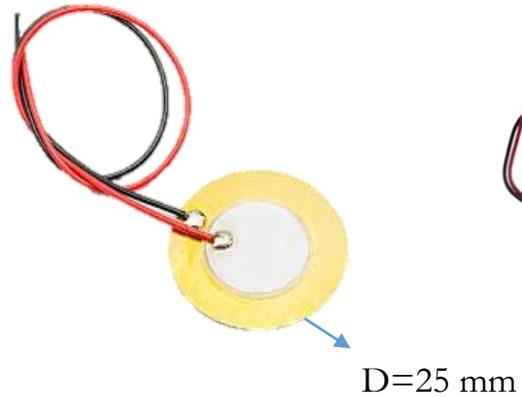


3. Influencia del nivel de embebimiento del sensor

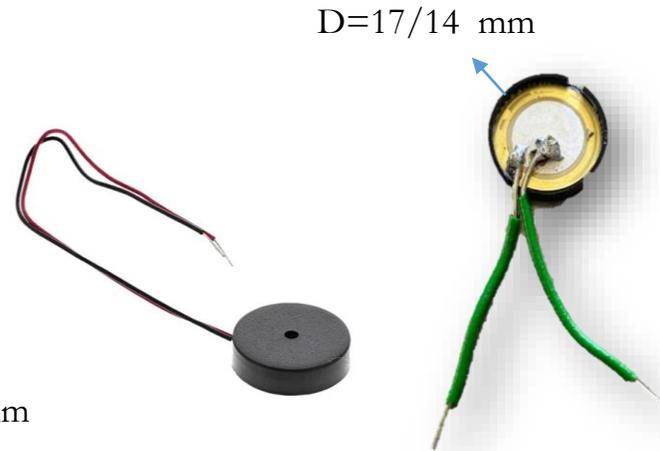


1. Elección del tipo de piezoeléctrico

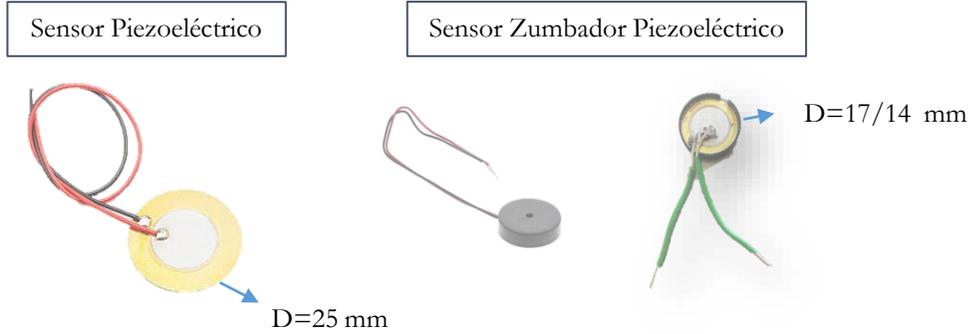
Sensor Piezoeléctrico



Sensor Zumbador Piezoeléctrico



1. Elección del tipo de piezoeléctrico

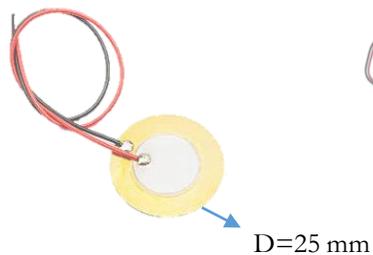


2. Selección del protector del sensor

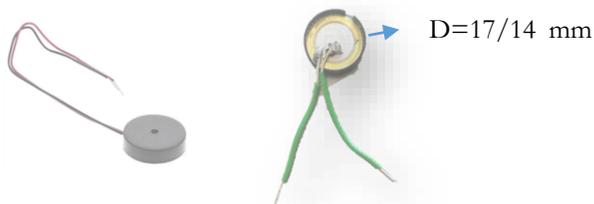


1. Elección del tipo de piezoeléctrico

Sensor Piezoeléctrico



Sensor Zumbador Piezoeléctrico



2. Selección del protector del sensor

Sensor Piezoeléctrico



Termorretractil



Silicona



3. Influencia del espesor del sensor

Sensor delgado
5 mm



Sensor standard
7 mm

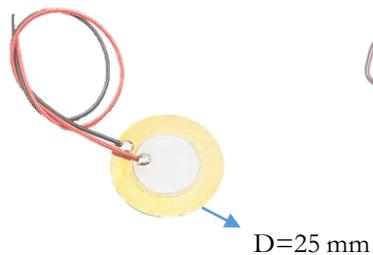


Sensor grueso
9 mm

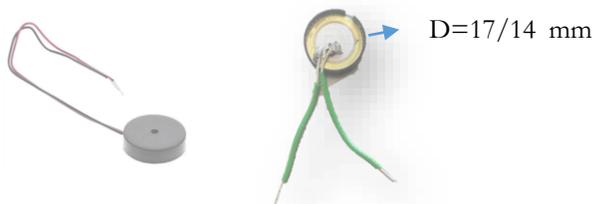


1. Elección del tipo de piezoeléctrico

Sensor Piezoeléctrico



Sensor Zumbador Piezoeléctrico



2. Selección del protector del sensor

Sensor Piezoeléctrico



Termorretractil



Silicona



4. Influencia de las guías en el sensor



3. Influencia del espesor del sensor

Sensor delgado
5 mm

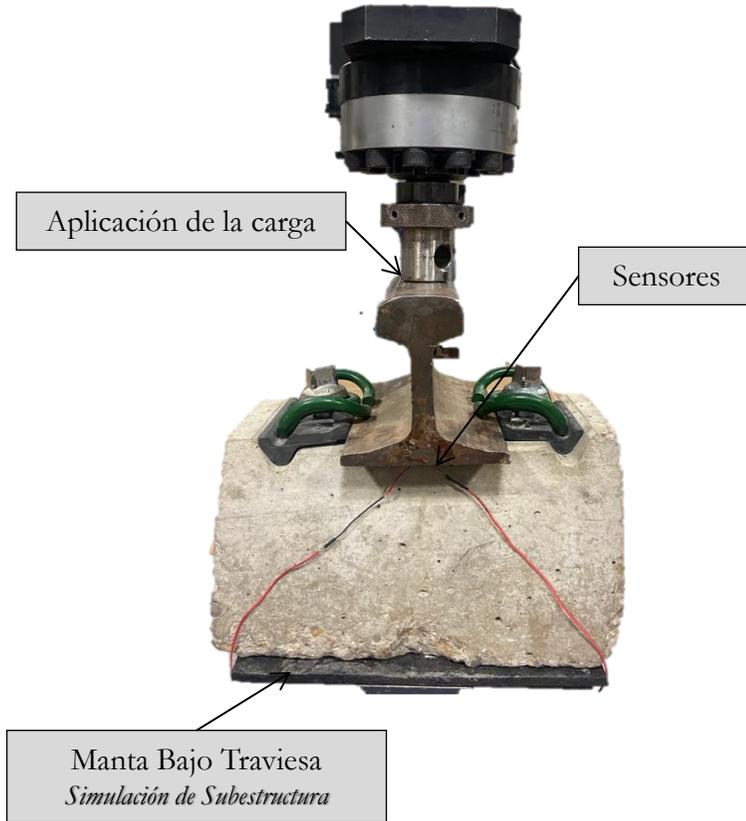


Sensor standard
7 mm



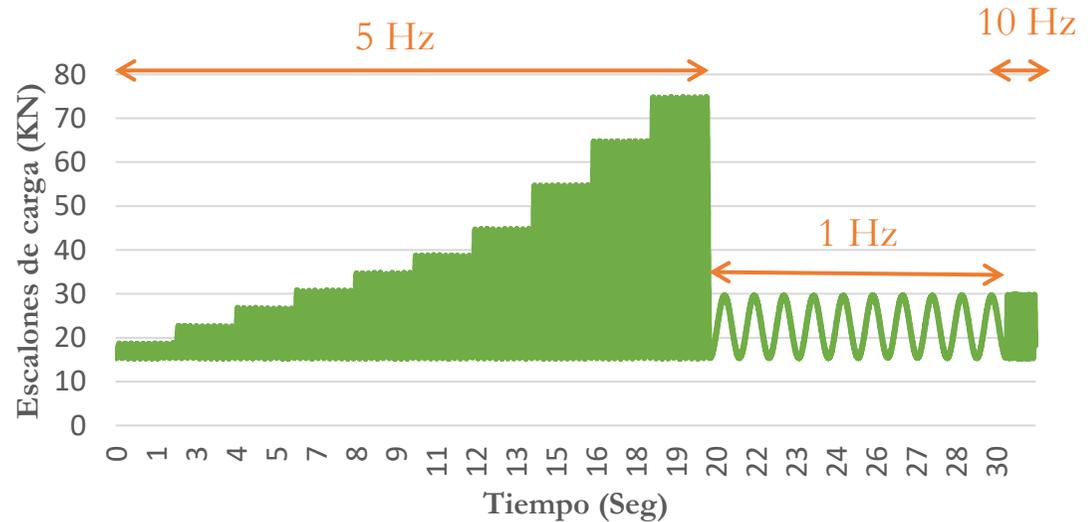
Sensor grueso
9 mm





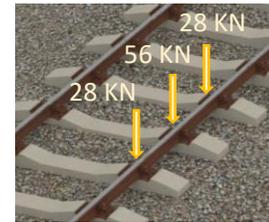
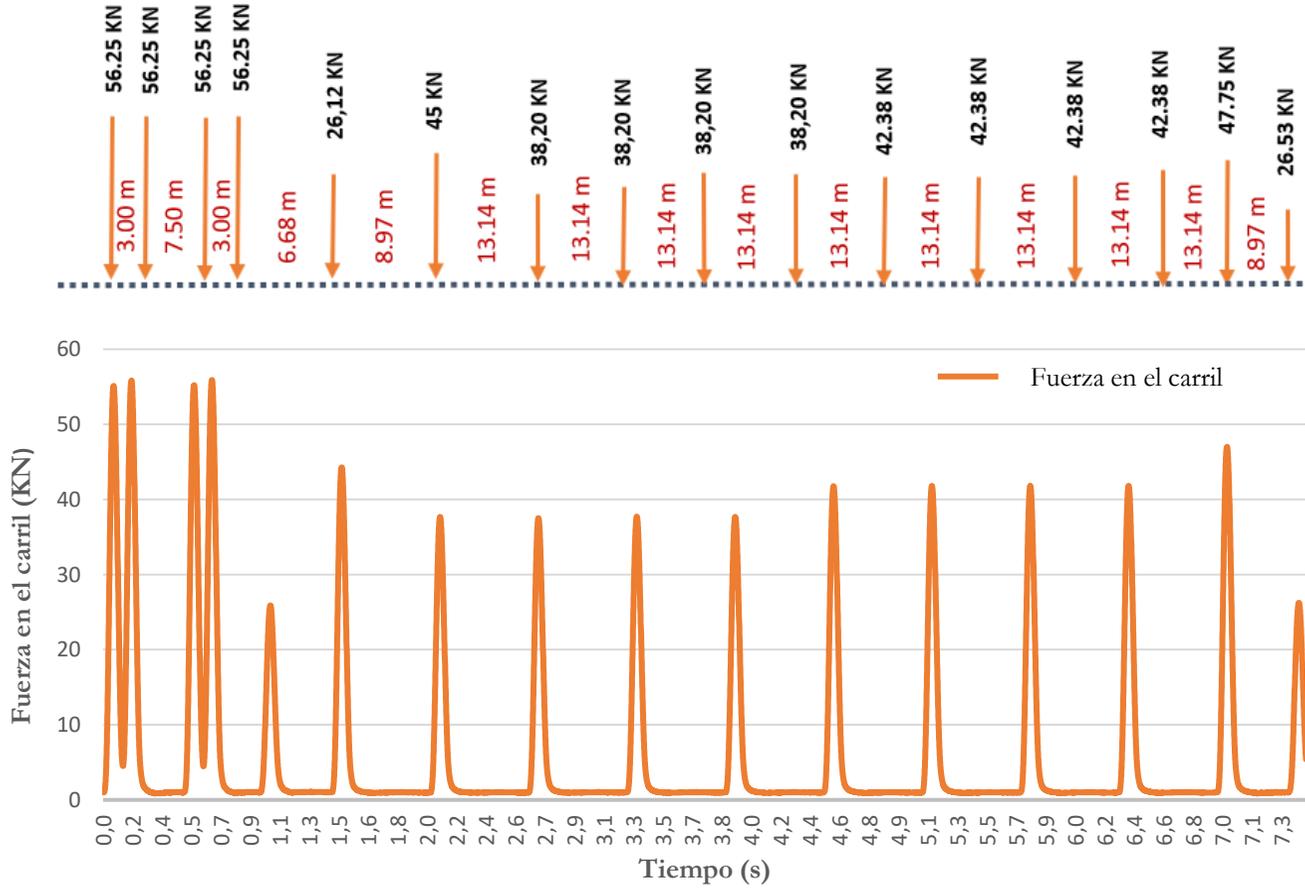
Ensayo Tipo de “Escalones de carga”

- Frecuencia
- Escalones de carga



Adaptado de Norma Standard 13146-9

Ensayo Tipo de Simulación de Tren



Ensayos de validación



Ensayo de Rigidez
Estática y Dinámica

Norma UNE-EN 13146-9



Ensayo de Mitigación de
Impactos

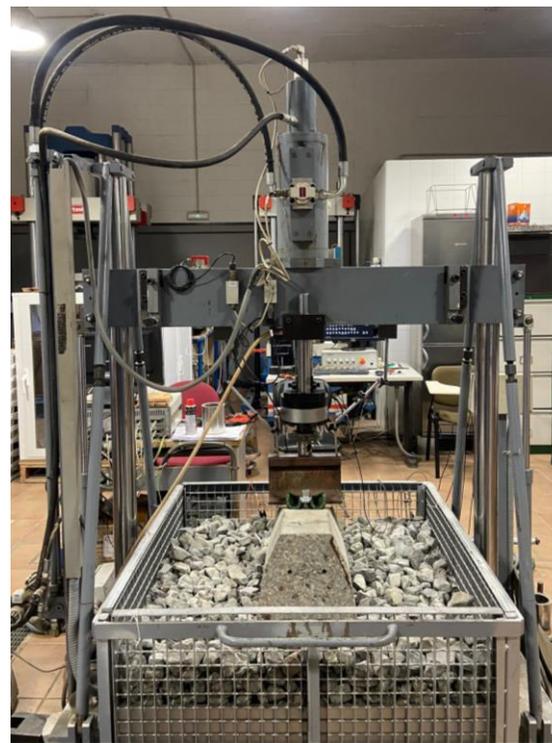
Norma UNE-EN 13146-3

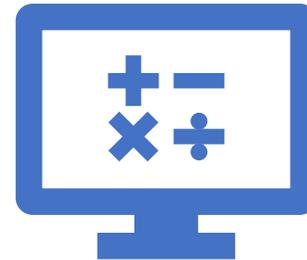
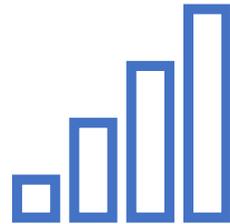
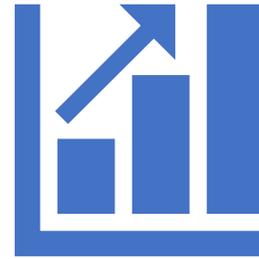


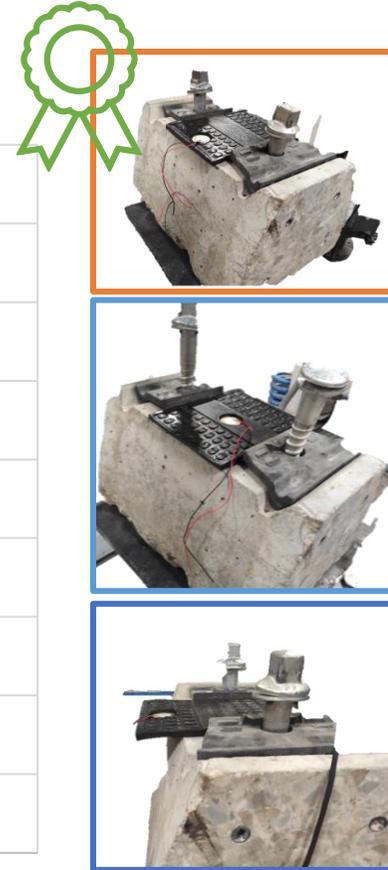
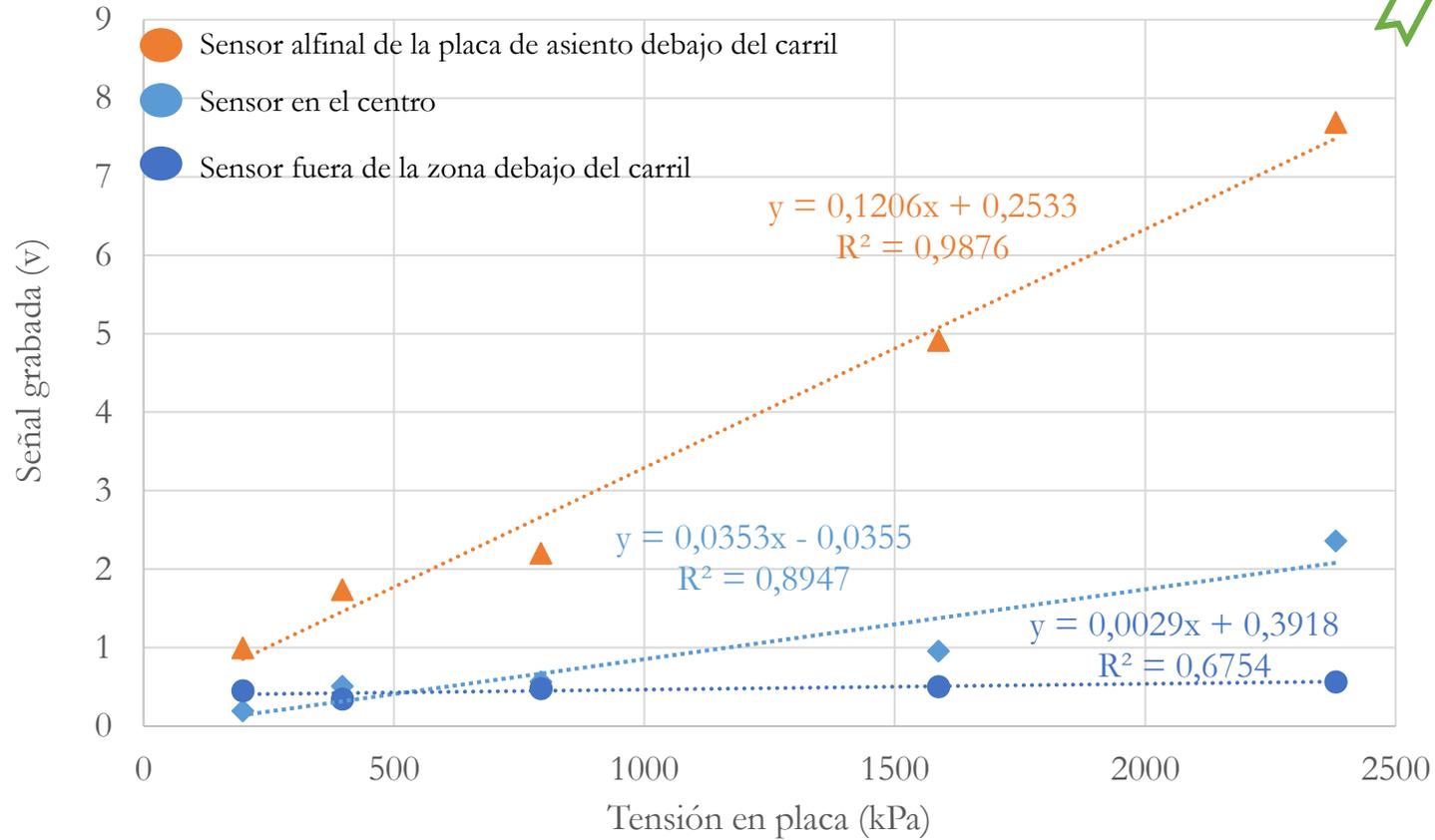
Ensayo de Fatiga

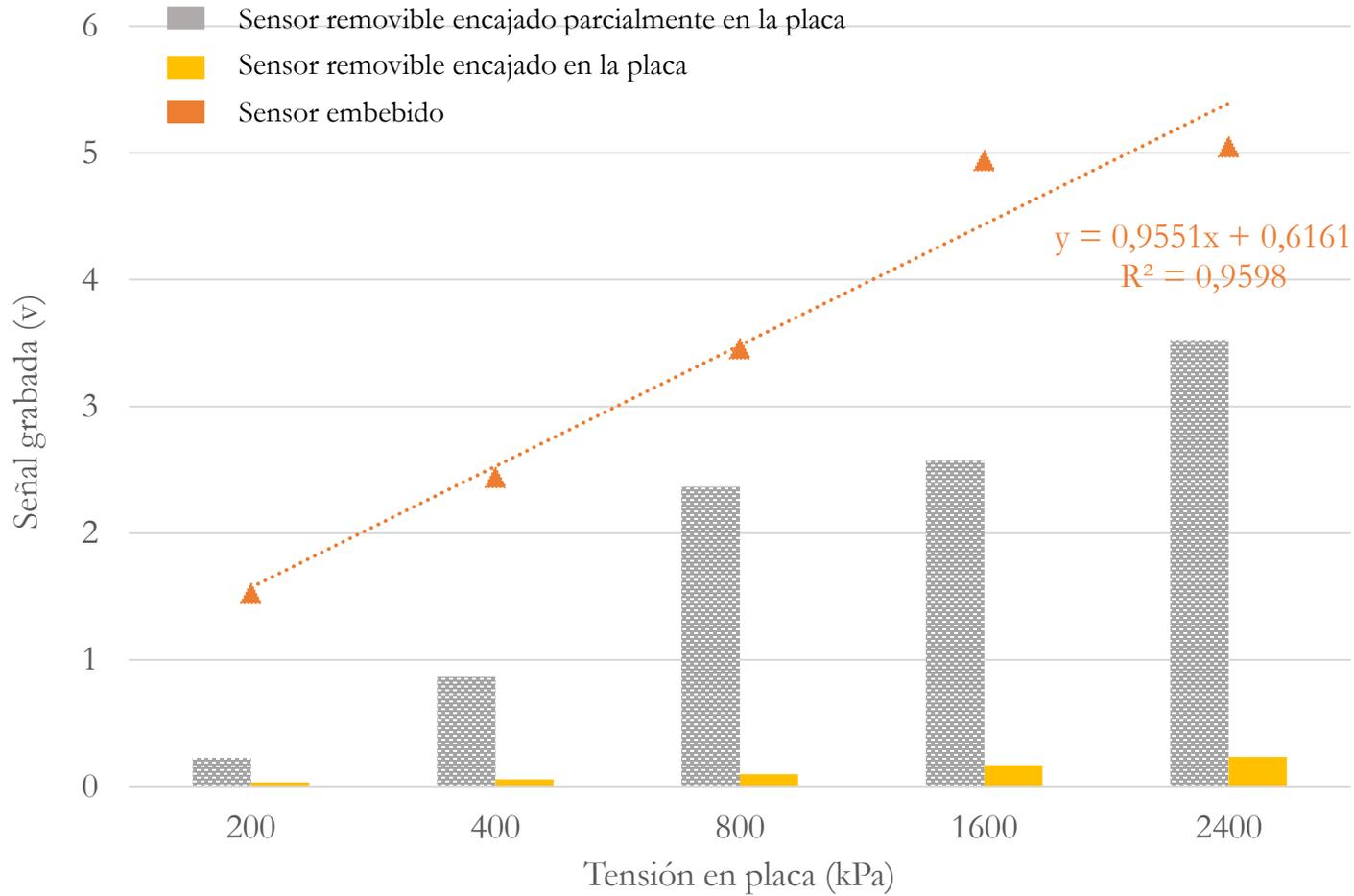
Norma UNE-EN 13146-4

Ensayos a Escala Real





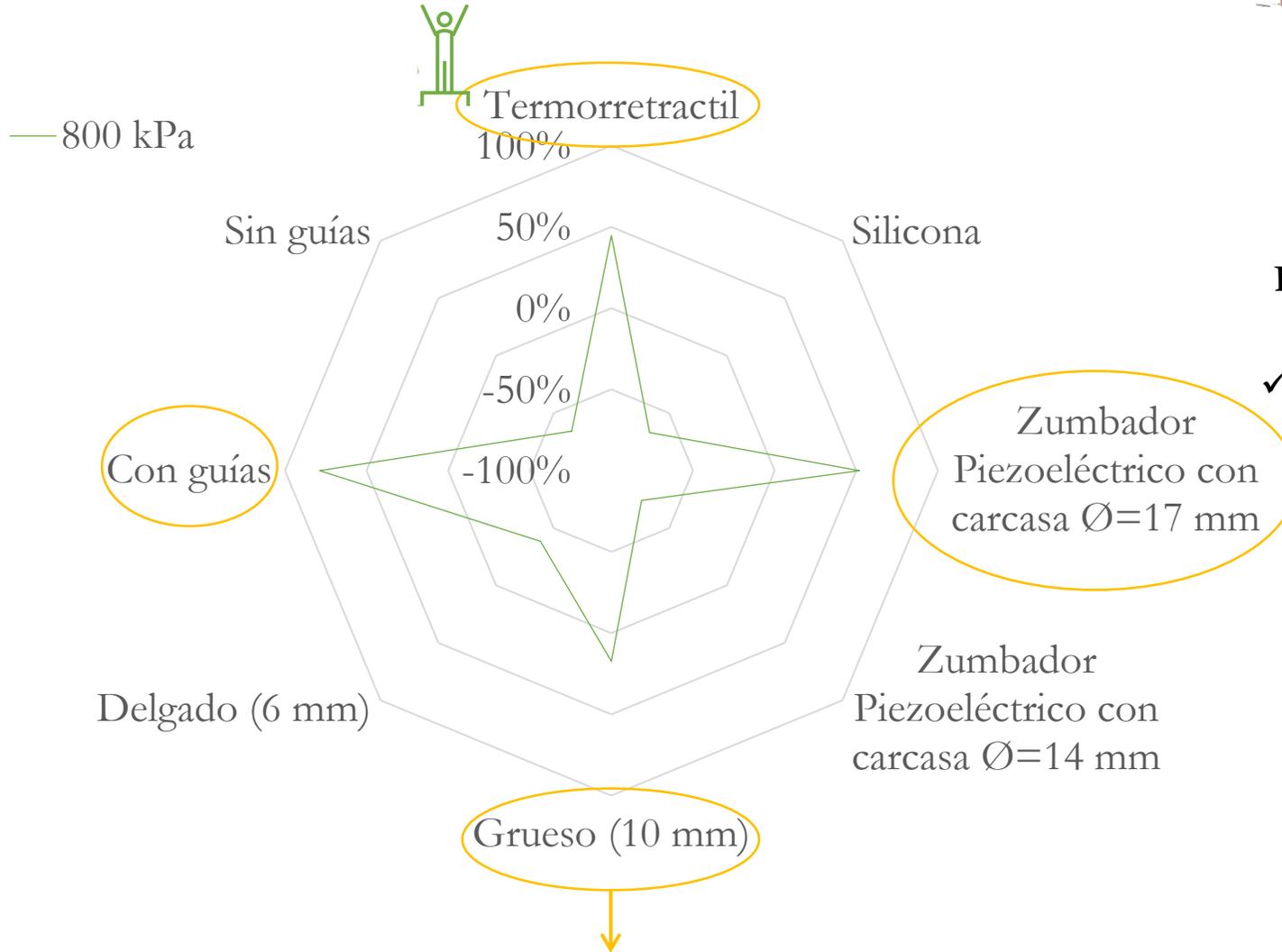






Piezoeléctrico como base de comparación (0%)

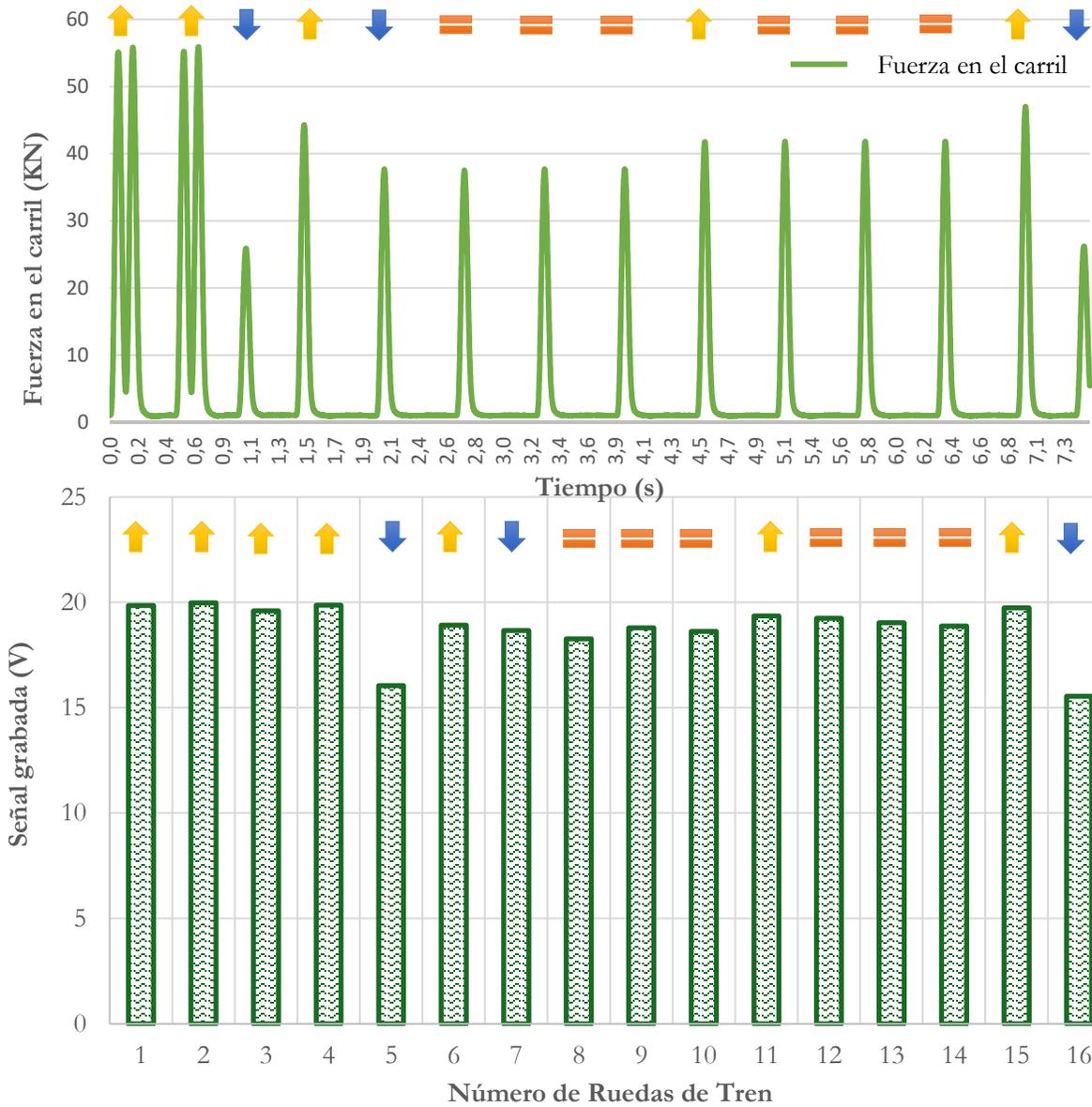
- ✓ Disco piezoeléctrico de 25 mm de diámetro
- ✓ Espesor de 7 mm



Piezoeléctrico como base de comparación (0%)

- ✓ Disco piezoeléctrico de 25 mm de diámetro
- ✓ Espesor de 7 mm

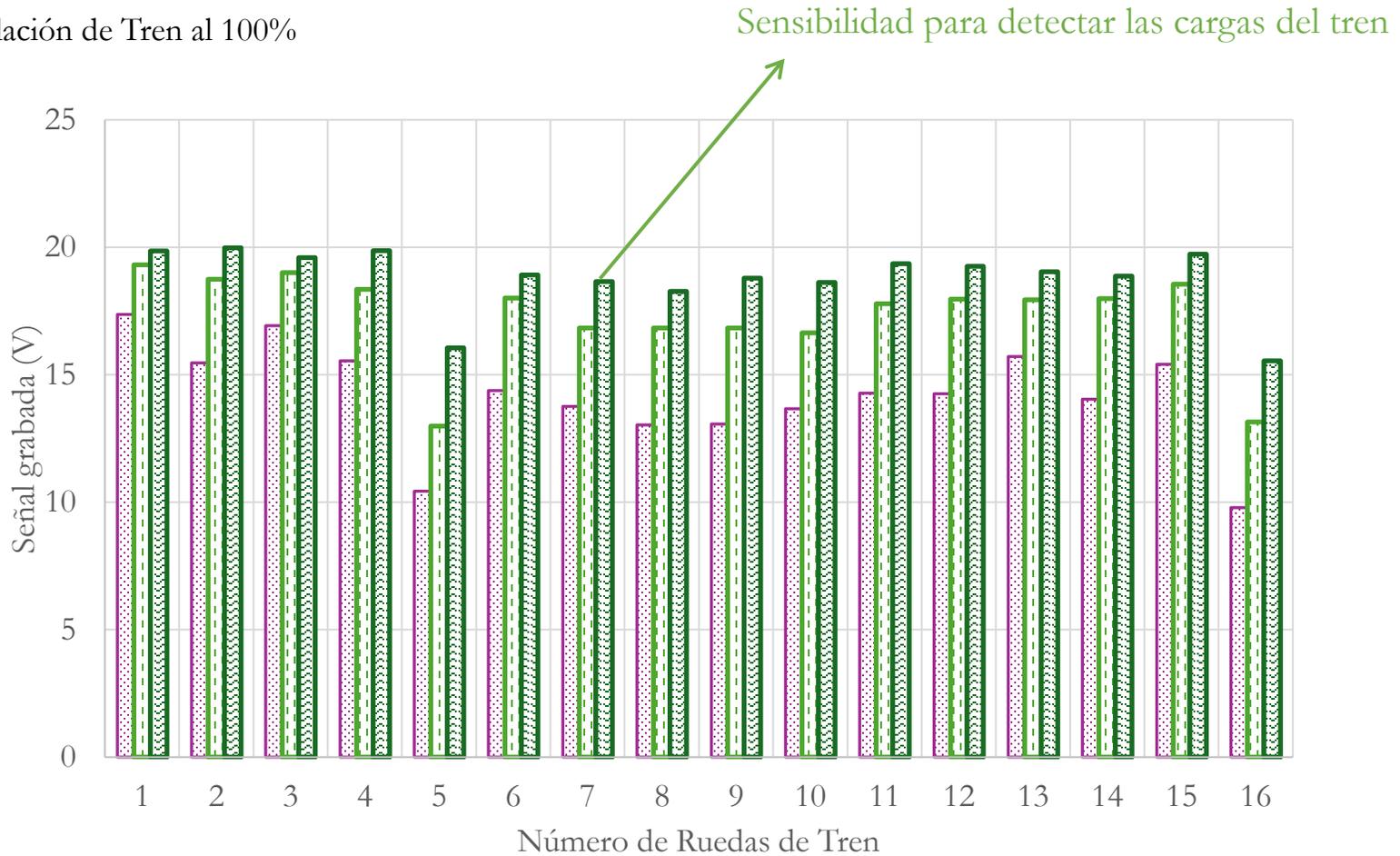
✓ Se consideró cerca de 7 mm para facilitar la extracción

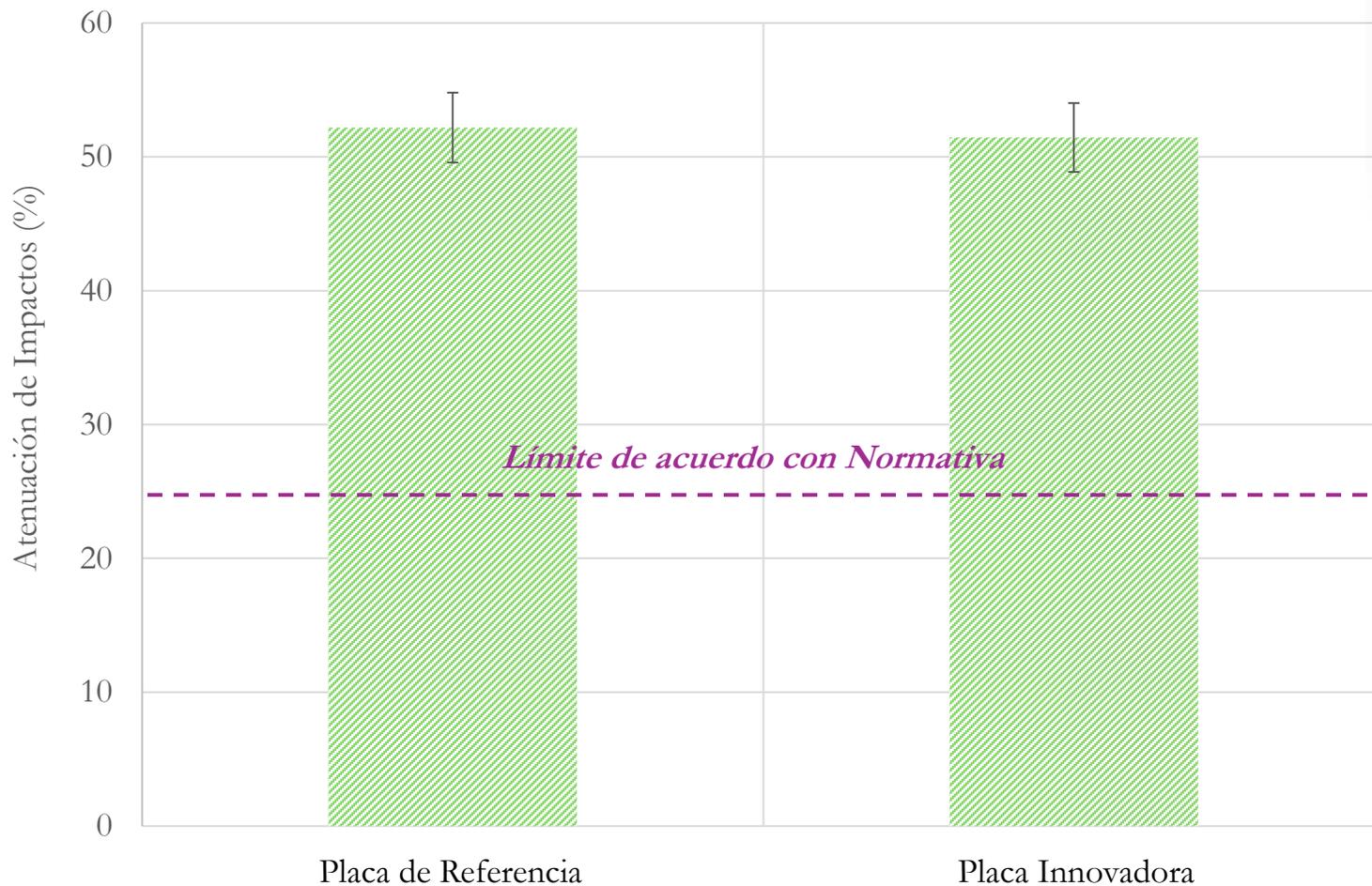


- ▲ Simulación de Tren al 50%
- ▲ Simulación de Tren al 75%
- ▲ Simulación de Tren al 100%

Diseño de Sensor Removible

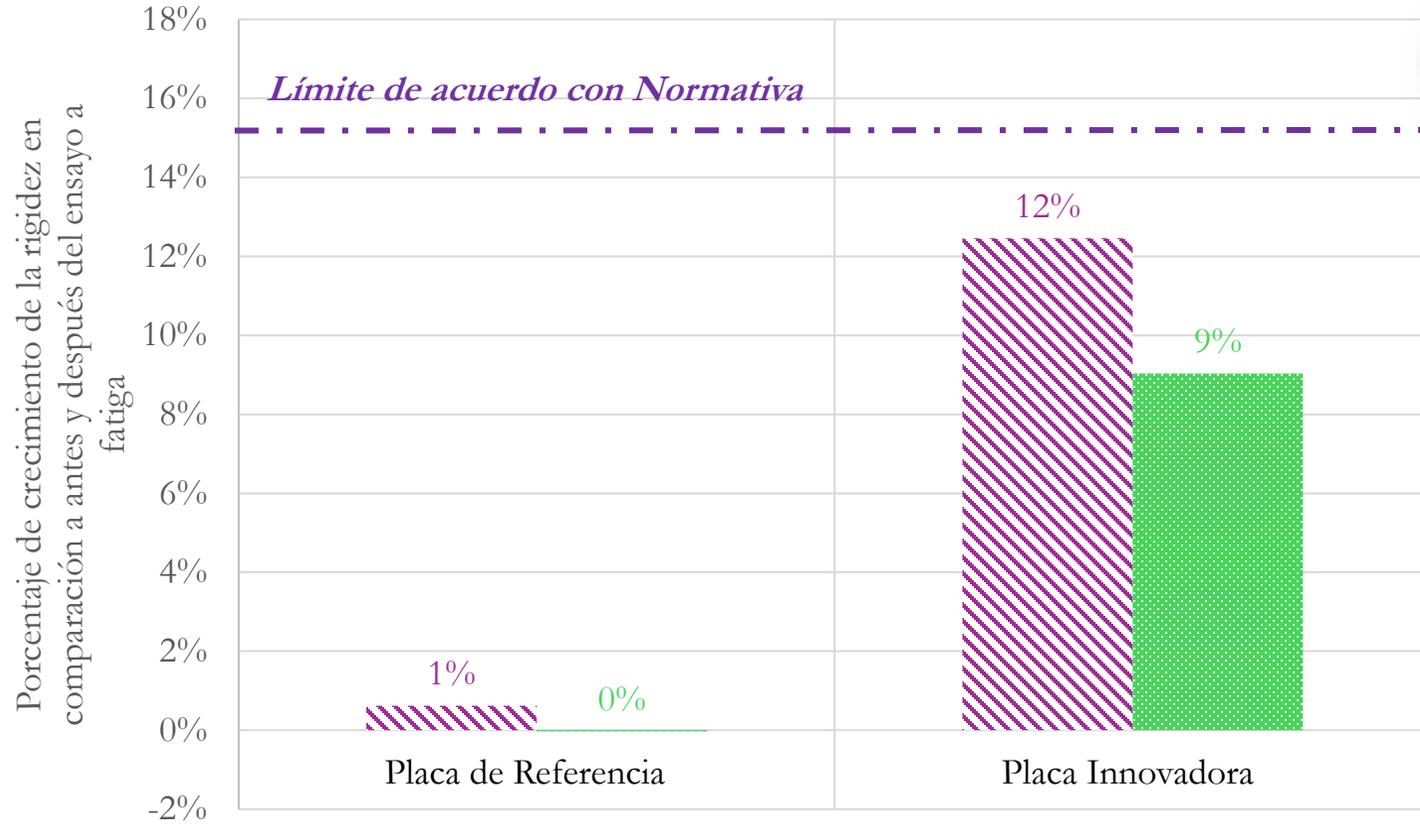
2



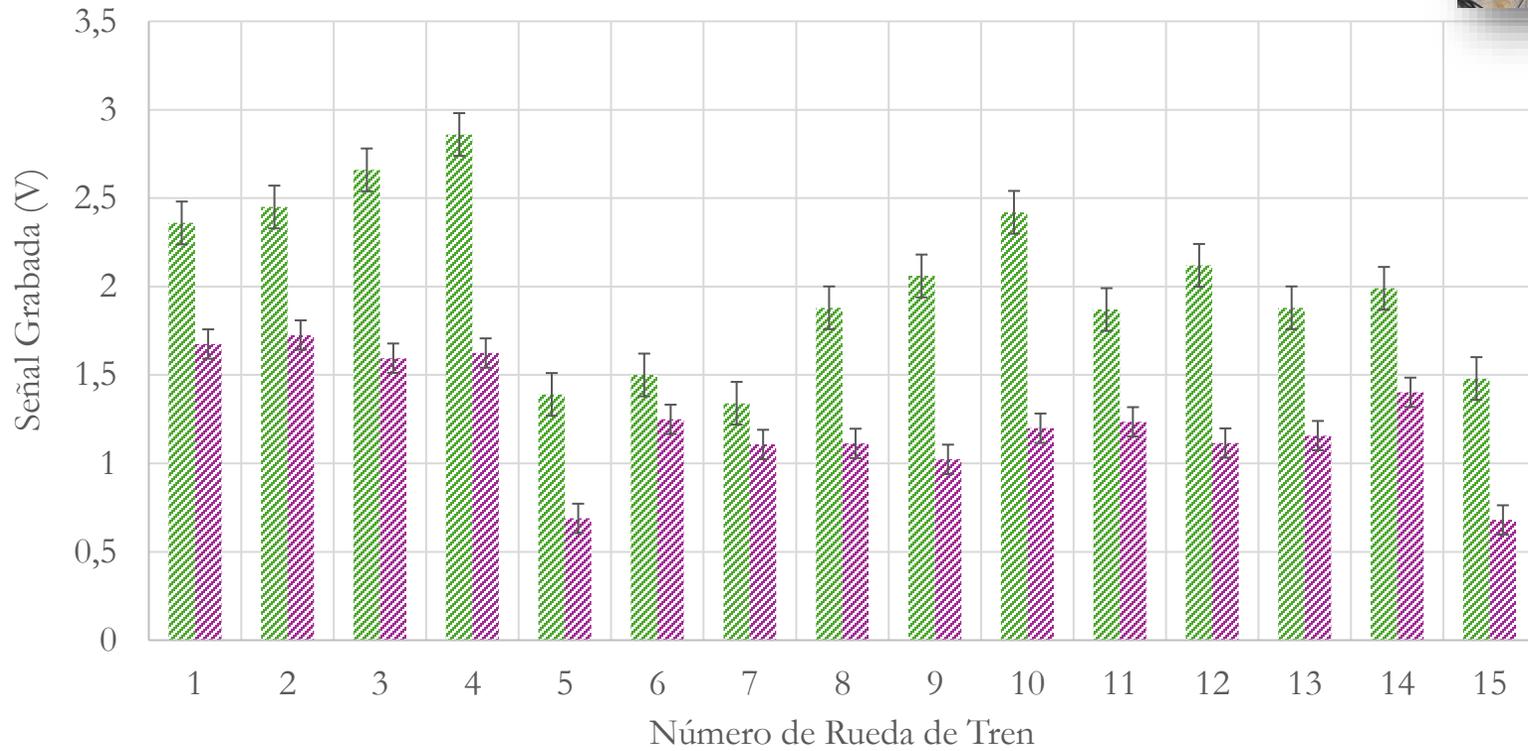




- Rigidez Estática (KN/mm)
- Rigidez Dinámica (KN/mm)



- Amplitud de señal Antes del ensayo de Fatiga
- Amplitud de señal Después del ensayo de Fatiga







La mejor posición del sensor es alfinal de placa debajo del carril.

Se permite la remoción del sensor de la placa (con contacto completo con la superficie que lo rodea).



El Sensor Piezoeléctrico con carcasa brindó los mejores resultados.

Sensor Removible con un espesor similar al de la placa (7 mm).

Facilitar la remoción del sensor de la placa incluyendo guías en ambas partes.

Probado y validado en laboratorio.



AGRADECIMIENTOS



Proyecto con acrónimo «InterActive Pads» y titulado «Proof of Smart Pads for Monitoring Vehicle-Track Interaction» (PDC2022-133966-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidad de España (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y por la Unión Europea Next Generation EU/PRTR.

¡MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

Amparo Guillén – amguillen@ugr.es

Impacto del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas y la durabilidad de mortero de cemento y hormigones

Ponente: Jesús Díaz Cuevas (Graphenea – Lantania - UPM)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

Impacto del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas y la durabilidad de mortero de cemento y hormigón

Jesús Díaz Cuevas
Lantania-UPM



Granada, 17 Octubre 2024

Introducción

Graphenea

Productor de grafeno. San Sebastián y Boston

- ✓ Películas de grafeno (CVD)
- ✓ Chips de transistores (GFET)
- ✓ Servicios de fundición de grafeno (GFAB)
- ✓ Óxidos de grafeno



Fabricación Grafeno (*Graphenea*)

lantania

Empresa del sector de la construcción

- ✓ Infraestructuras
- Fabrica de Traviesa: **typsa** 
- ✓ Agua
- ✓ Energía
- ✓ Servicios



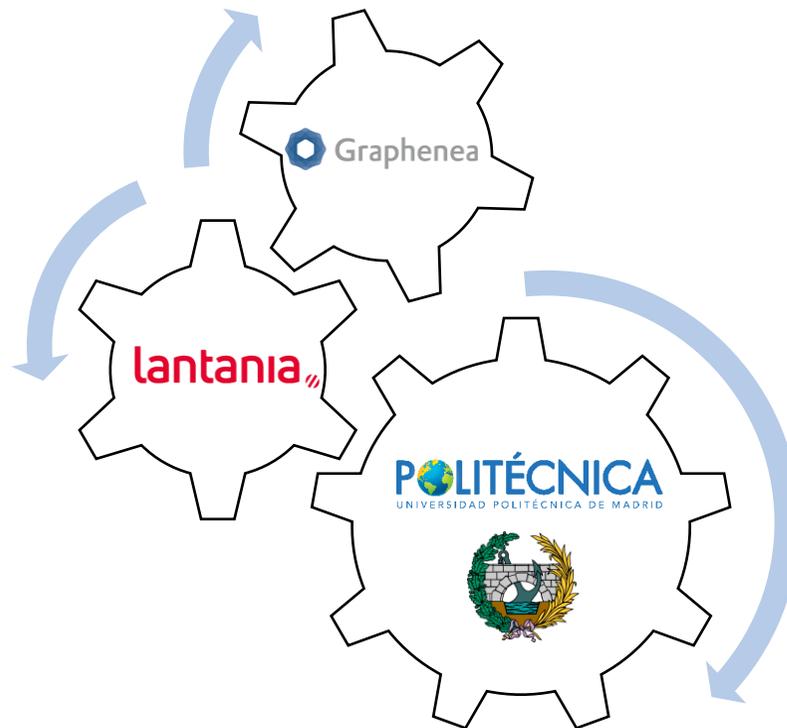
Puente Huétor-Tájar (*Lantania*)



Introducción

Primer Objetivo

Estudio de óxido de grafeno en morteros y hormigones



Fabricación traviesas (*Tyrsa*)



Plataforma flotante de hormigón (*Beridi*)

Características

Óxido de Grafeno (Cement Enhancer, CE)

Características

- ✓ Aditivo basado en nanotecnología
- ✓ Base acuosa
- ✓ Compatible con la matriz del cemento

Propiedades

CE Propiedades	
Formato	Líquido
Color	Marrón
pH	2.3-2.8
Densidad	1.0 g/mL
Viscosidad (Cps)	2.0-3.0
Olor	Sin olor

Aditivo

Diseño y dosificación:

- ✓ Morteros
- ✓ Hormigones

Diseños

Morteros

- ✓ CEM-I-52.5R
- ✓ Superplastificante
- ✓ $a/c \leq 0.35$
- ✓ % Aditivo CE spc: 0 vs 0.05-0.0005

- ✓ CEM-I-52.5R

Hormigones

- ✓ Superplastificante: Fluida
- ✓ $a/c \leq 0.45$
- ✓ f_{ck} 45 MPa
- ✓ % Aditivo CE spc: 0 vs 0.05-0.0005

Propiedades Mecánicas



(Museo histórico de Colonia)

Propiedades Durables

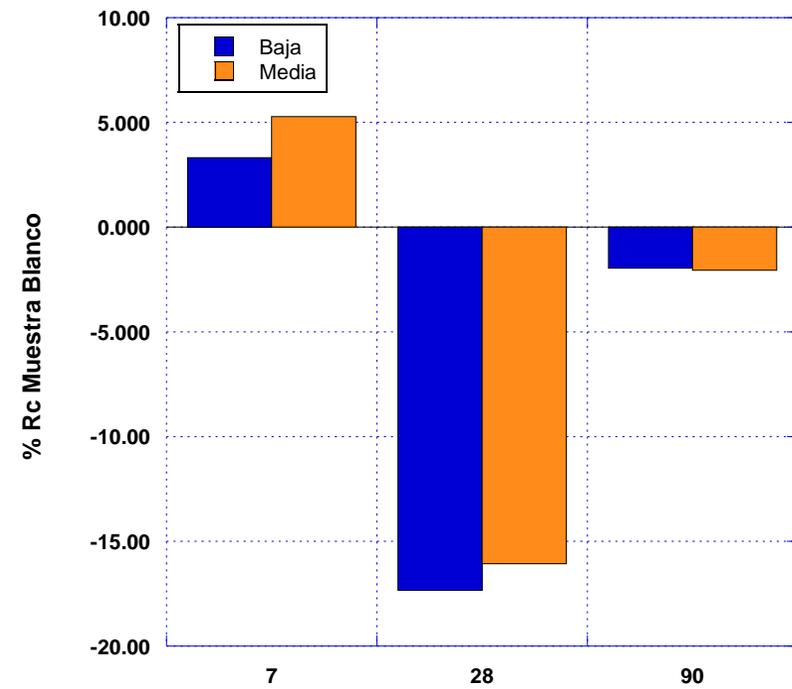
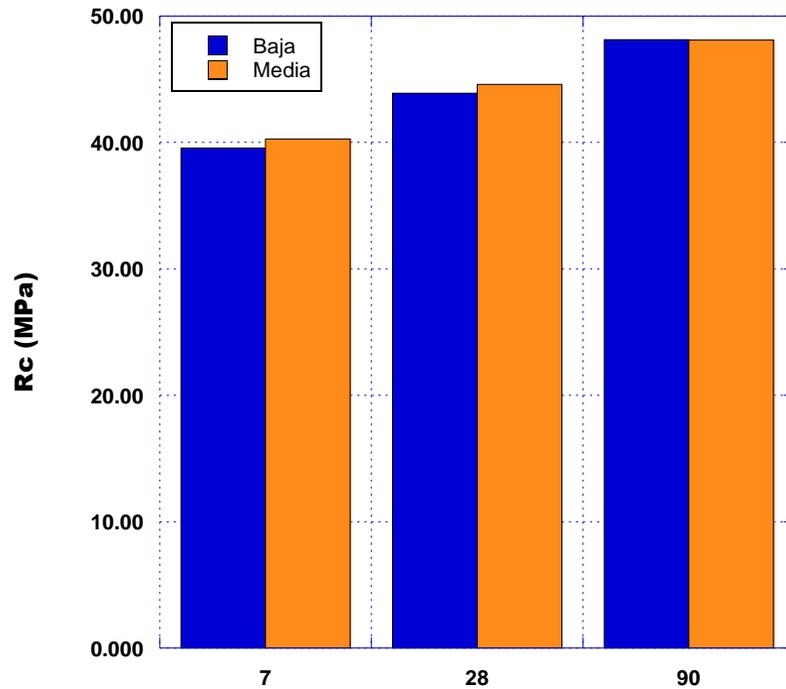


Citroën C-15 (Flexicar)



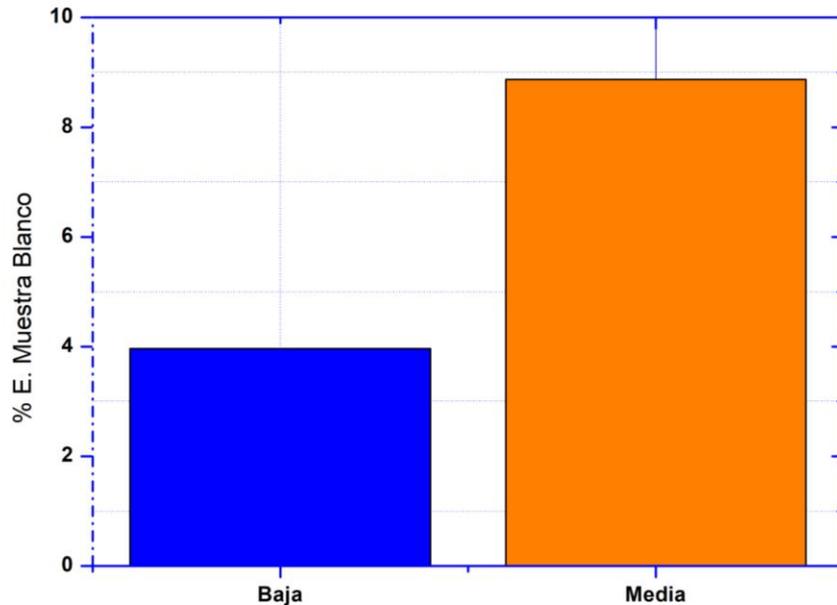
Resultados Propiedades Mecánicas (hormigones)

Resistencia a Compresión



Resultados Propiedades Mecánicas (hormigones)

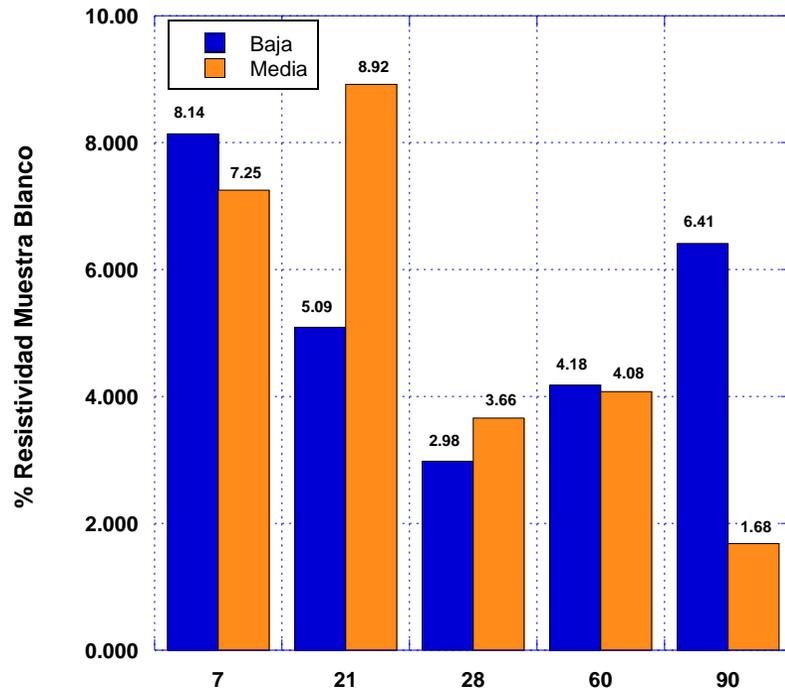
Módulo Elástico



- ✓ Mejora de la resistencia con la edad
- ✓ Diseño con O. Grafeno (CE) vs Muestra en Blanco
- Resultados variables
- Mejoras con edades de 90 días
- Comportamiento tensión-deformación mejorado

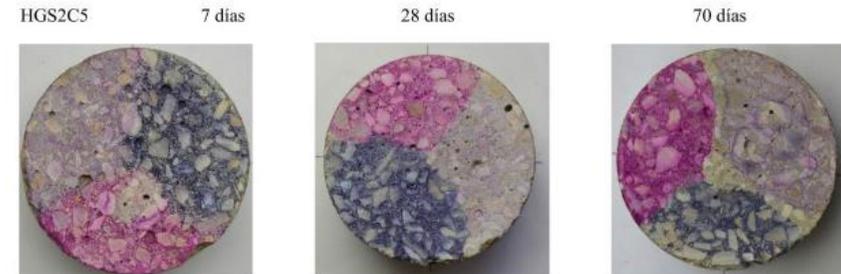
Resultados Propiedades Durables (hormigones)

Resistividad
(Varias Edades)



Carbonatación Acelerada
(Edad 70 días)

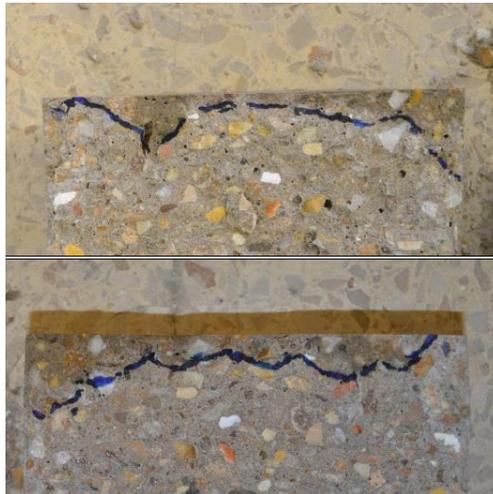
CE	% Reducción
Baja	13.99
Media	24.35



Resultados Propiedades Durables (hormigones)

Permeabilidad al Agua
(Edad 28 días)

CE	% Aumento Impermeabilidad
Baja	35.3
Media	46.9



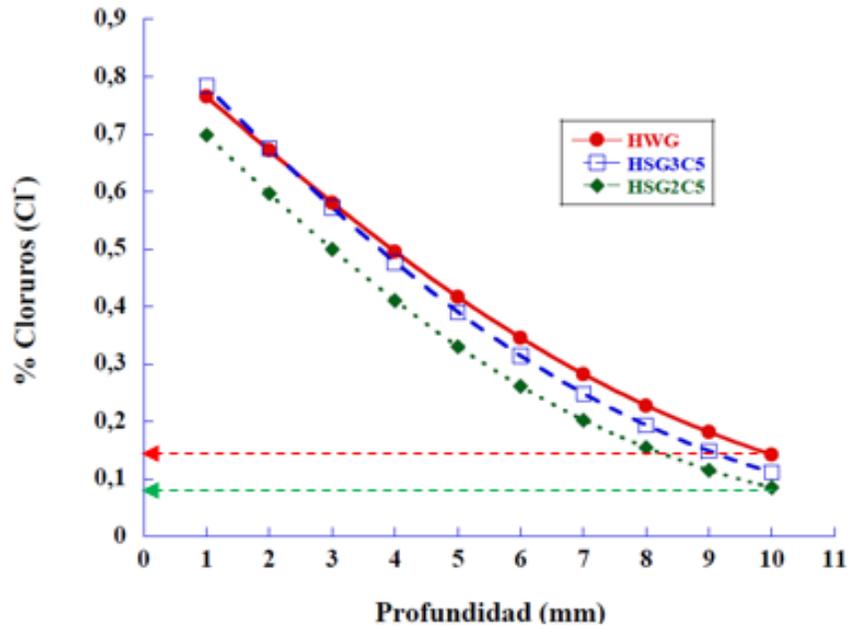
Permeabilidad a Gases
(Edad 28 días)

CE	% Reducción Permeabilidad
Baja	88.6
Media	95.1

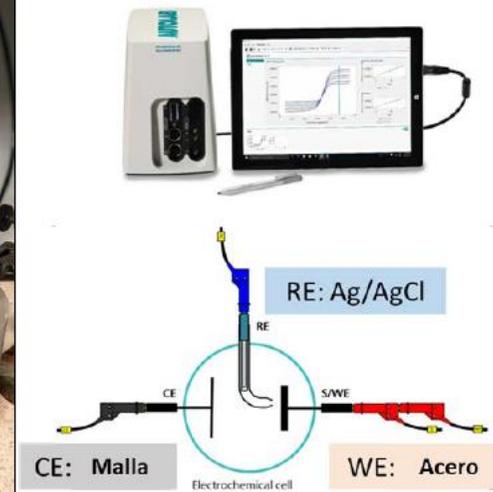


Resultados Propiedades Durables (hormigones)

Cloruros
(Edad 28 días)



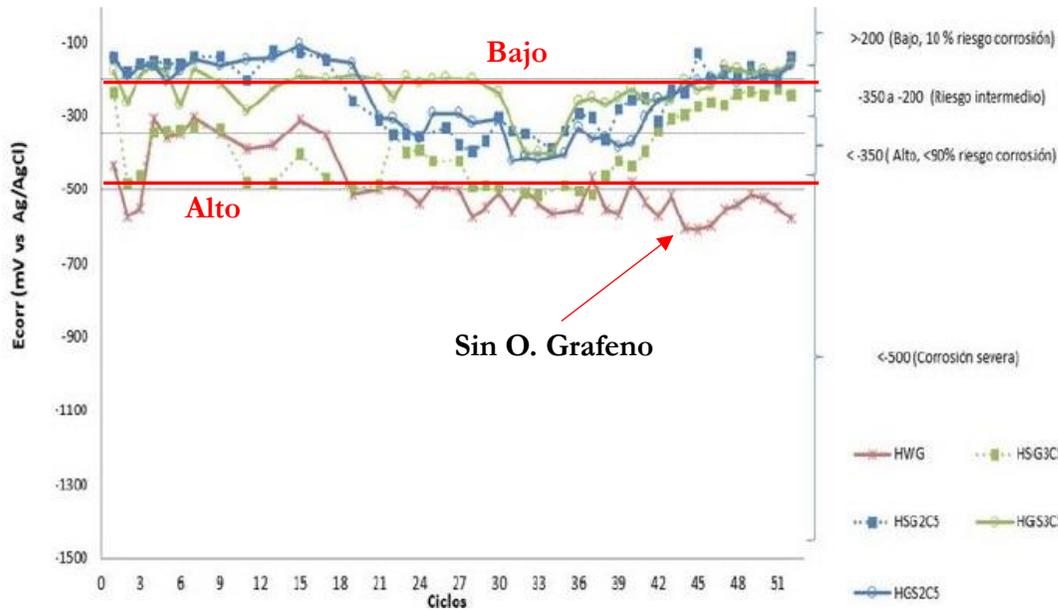
Corrosión Acelerada
(Edad 28 días)



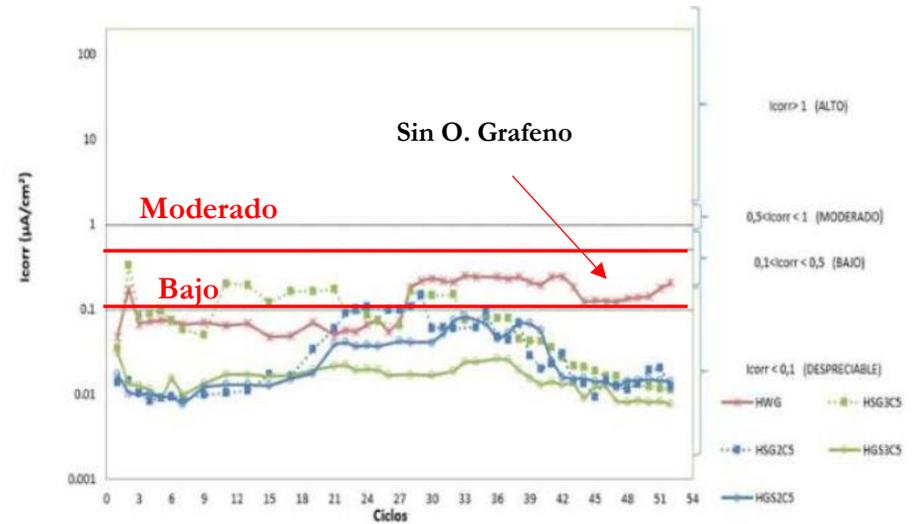
Resultados Propiedades Durables (hormigones)

Corrosión Acelerada

Ecorr Potencial de corrosión



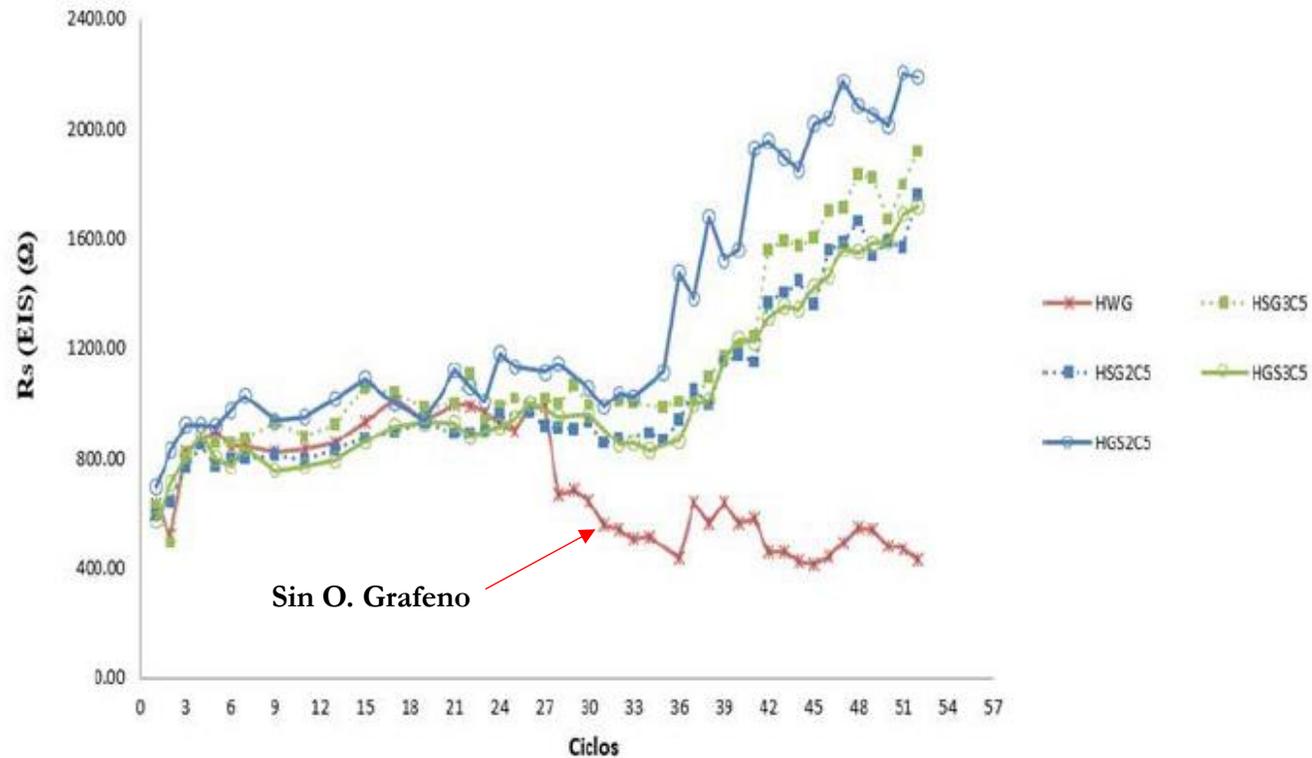
Icorr Intensidad de corrosión



Resultados Propiedades Durables (hormigones)

Corrosión Acelerada

Rs Matriz de hormigón



Resultados Propiedades Mecánicas (hormigones)

Corrosión Acelerada



Sin O. Grafeno



Baja



Media



Conclusiones

- ✓ Se puede adicionar fácilmente al hormigón (producto ya comercializado, Cement Enhancer, Kivoro).
- ✓ No atisban una mejora en las propiedades mecánicas con respecto a hormigones convencionales.
- ✓ Mejora de la compacidad de la microestructura, dotándola de mayor impermeabilidad a gases y líquidos.
- ✓ Alta protección de las armaduras frente a la corrosión y a la difusión de cloruros.
- ✓ Hormigón que mantiene sus propiedades mecánicas y adquiere una alta durabilidad.
- ✓ Nuevos objetivos: actualmente estudios en mezclas con betunes espumados.

Caracterización en fatiga a alta temperatura de los sistemas de sujeción para AVE

*Ponente: José Antonio Casado Del Prado
(LADICIM – U. Cantabria)*



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Caracterización en fatiga a alta temperatura de los sistemas de sujeción para AVE

José Antonio Casado
LADICIM-Director



Granada, 17 Octubre 2024

CARACTERIZACIÓN DE LA RESILIENCIA DE MATERIALES APLICADOS EN LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

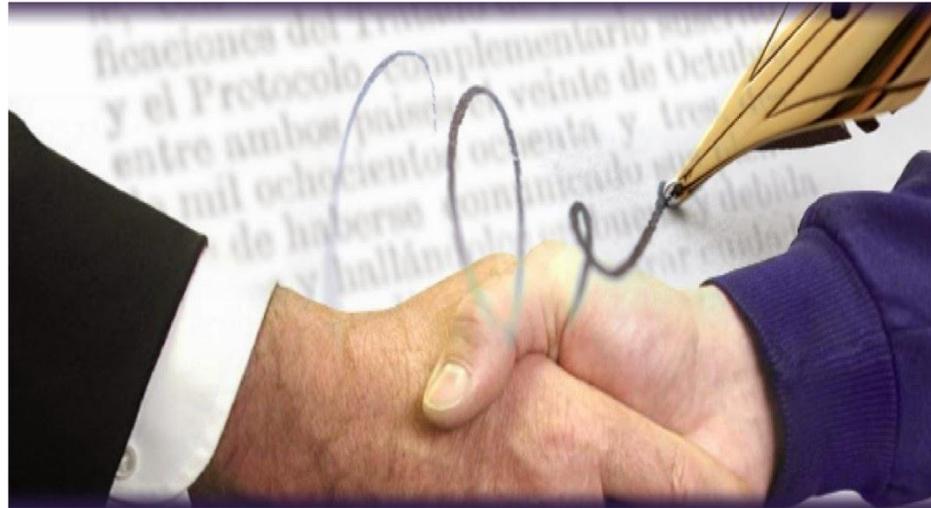
Caracterización en fatiga a alta temperatura de los materiales de la superestructura de AVE



¿Efecto del cambio climático?
Aumento de temperatura

CARACTERIZACIÓN DE LA RESILIENCIA DE MATERIALES APLICADOS EN LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

Caracterización en fatiga a alta temperatura de los materiales de la superestructura de AVE

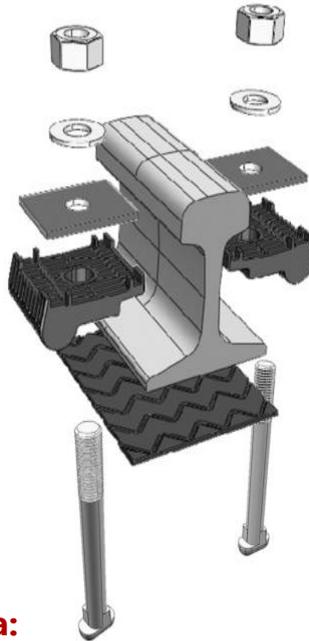


Acuerdo de colaboración

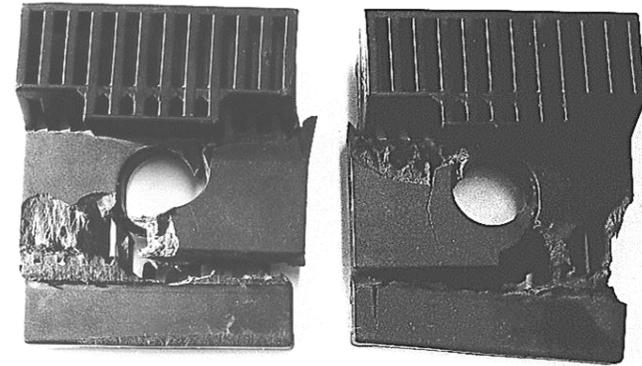
¿Por qué **LADICIM** ?

1990 - Demanda empresarial: Rediseño de piezas para actualización de vías con señalización

Criterio selección de polímeros resistentes a fatiga e impacto



CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS



Repercusión Transferencia Tecnológica:

- ✓ Multinacionales de materia prima: **suministro nuevos materiales**
- ✓ Transformadores: actualización y **control fabricación**
- ✓ Administrador Infraestructuras Ferroviarias: **nuevas Especificaciones Técnicas**

LADICIM

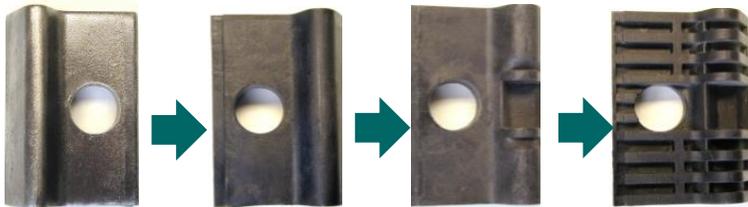
Comportamiento en fatiga de PA
reforzadas con fibra de vidrio

2000-Demanda empresarial: Adaptación de piezas para AVE

Optimización del comportamiento de sujeciones elásticas para vías de AVE



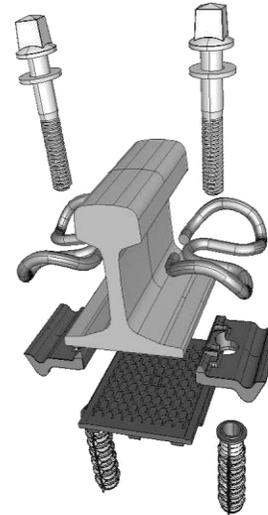
Vs



Metal

Polímero

Material & diseño



Vaina VAPE
(PA6.6+30%FV), con
encamisado metálico.
Placa acodada: A2
(PA6.6+35%FV)
nervada.
Placa Asiento:
resaltes de
elastómero TPEE.



Construcciones con más de 25 años
AVE M-Se 1992



MAIN GUIDELINES

NATIONAL AND INTERNATIONAL STANDARDS

Technical Specifications

UNE-EN



EN

ISO

AREMA

ASTM



Technical Specifications (Customers)



- ✓ AVE: Categoría D
- ✓ Carga por eje máxima de diseño 260 kN
- ✓ Radio mínimo de curvatura 400 m



$T < 50^{\circ}\text{C}$

$T > 50^{\circ}\text{C}$

$T = 70^{\circ}\text{C}$

?

LADICIM

LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

LADICIM

Universidad de Cantabria
E.T.S. de Ing. de Caminos, Canales y Puertos
Avda. de los Castros, nº 44.
39005-Santander, Cantabria, España.
Teléfono: +34 942 201 819. Fax: +34 942 201 818
e-mail: ladicim@unican.es
https://ladicim.es/

INFORME TÉCNICO

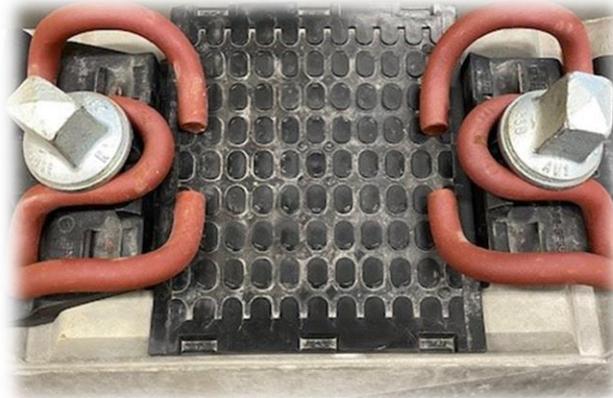
Ensayos CEN de caracterización de sujeción para AVE a alta temperatura en traviesa PR-VE según UNE EN 13481-2:2012+A1:2017 para categoría D

Diciembre 2023

LADICIM
LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES



Material suministrado



Ensayos mecánicos

1. Fuerza de apriete
2. Resistencia longitudinal
3. Rigidez estática y dinámica a baja frecuencia
4. Dinámico de carga inclinada
5. Rigidez estática (posterior)
6. Resistencia longitudinal (posterior)
7. Fuerza de apriete (posterior)



Calibración:

- LVDT by LADICIM
- Load cells by INSTRON

Equipamiento:

- 2 servo-hydraulic actuators INSTRON, class 0.5 (± 100 kN and ± 500 kN)
- 4 LVDT Solarmet Metrology (range ± 0.5 mm) and 2 LVDT (range ± 1 mm)



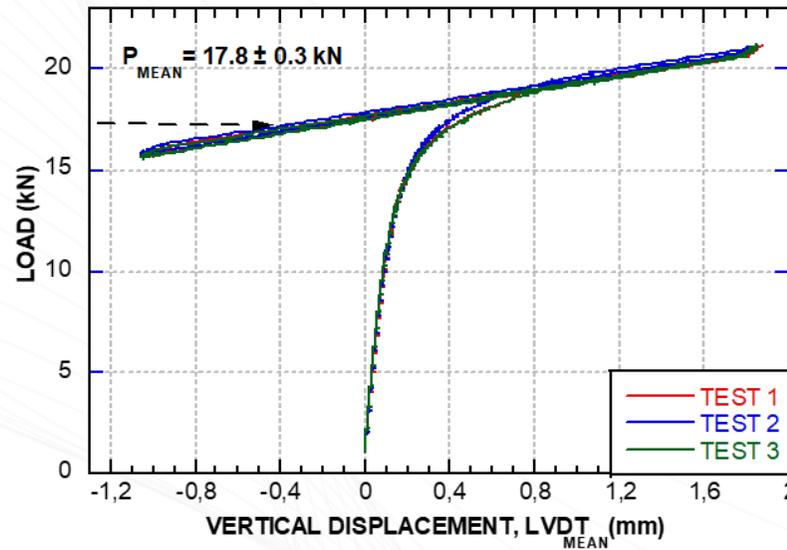
Fuerza de Apriete (EN 13146-7)

Procedimiento

- Aplicar una carga de tracción al carril (máximo 10 kN/min) hasta que pueda extraerse la placa de asiento
- Se disminuye hasta que el promedio de los LVDT sea cero



LOAD, kN
Servo-hydraulic actuator
INSTRON, class 0.5, (± 100
kN)

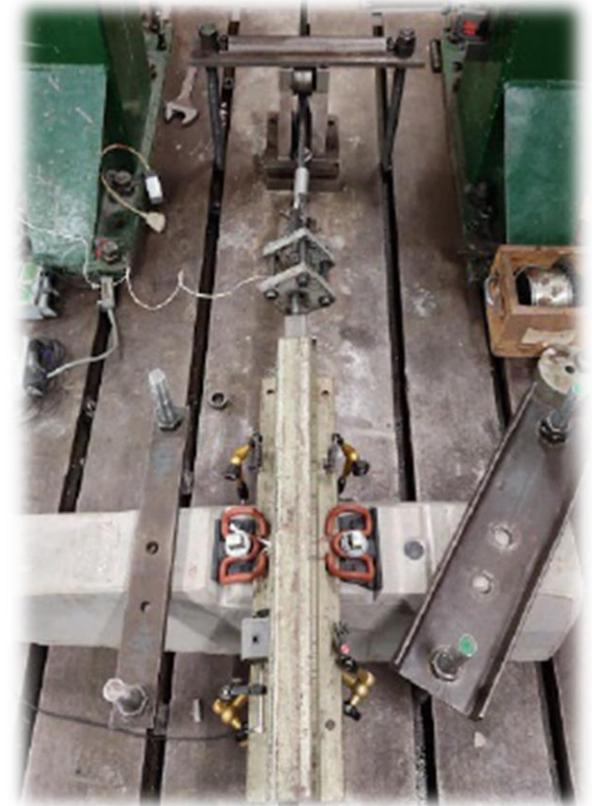
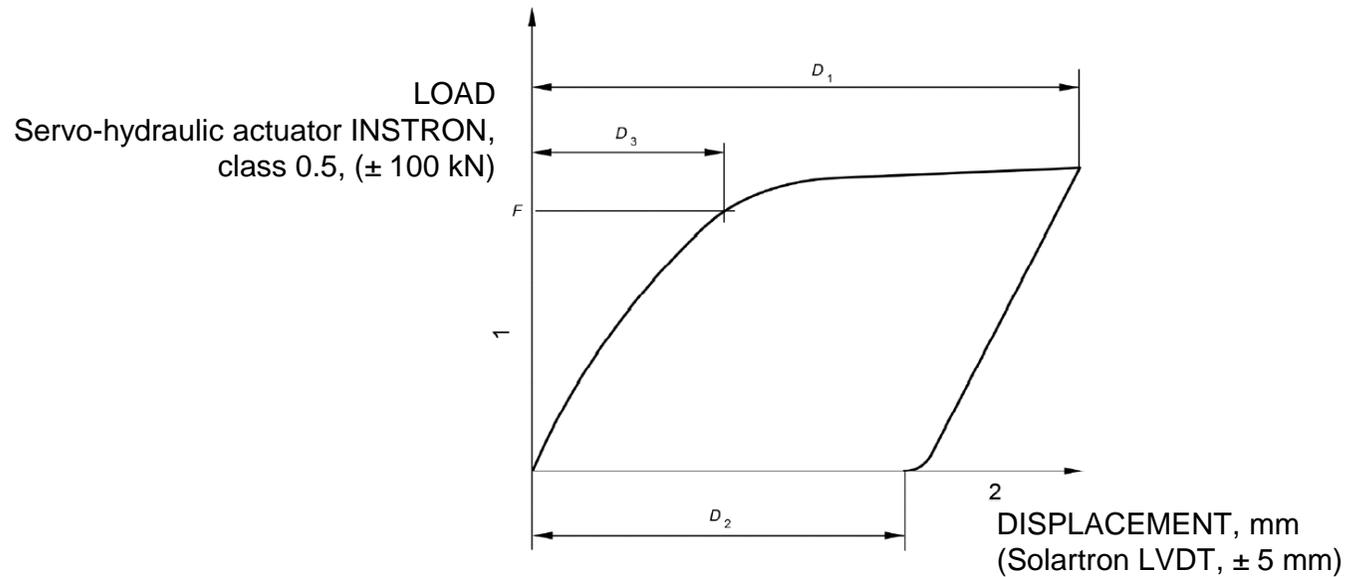


DISPLACEMENT, mm
(Solartron LVDT, ± 5 mm)

Resistencia Longitudinal (EN 13146-1)

Procedimiento

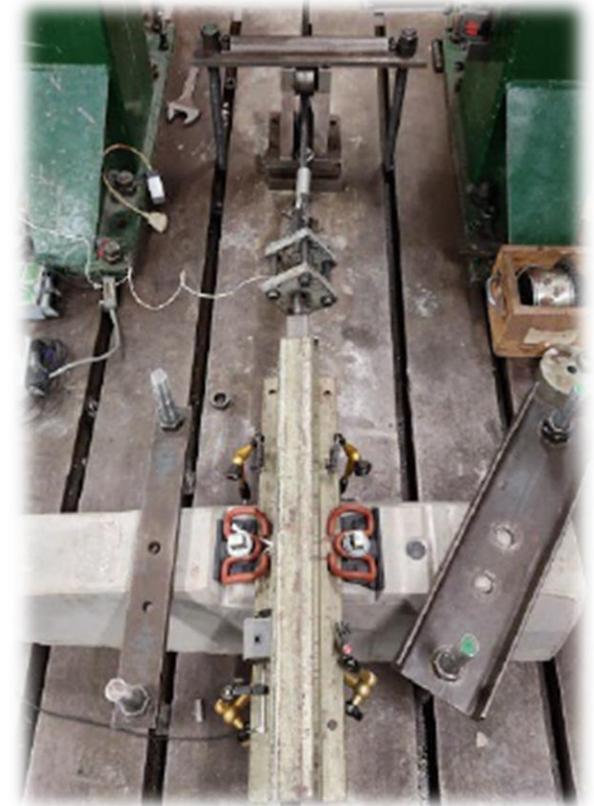
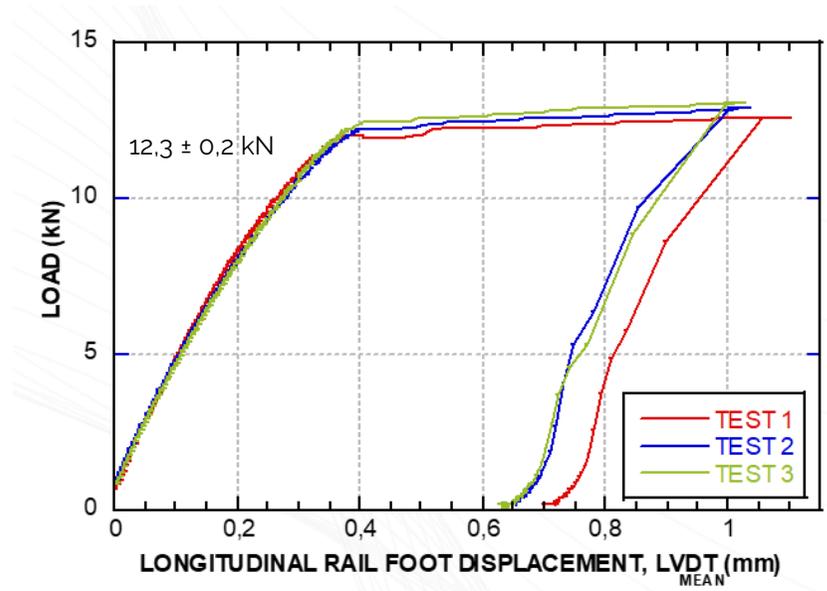
- Carga a 10 ± 5 kN/min hasta 4 veces el requisito o el carril comience deslizar.
- Descarga y registro del desplazamiento del carril durante 2 min
- Cuatro ciclos de carga/descarga



Resistencia Longitudinal (EN 13146-1)

Procedimiento

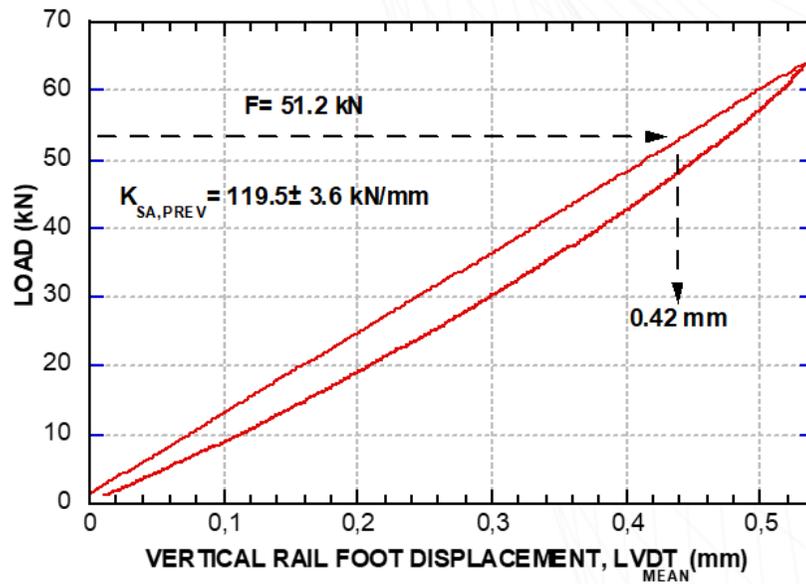
- Carga a 10 ± 5 kN/min hasta 4 veces el requisito o el carril comience deslizar.
- Descarga y registro del desplazamiento del carril durante 2 min
- Cuatro ciclos de carga/descarga



Rigidez Estática (EN 13146-9)

Procedimiento

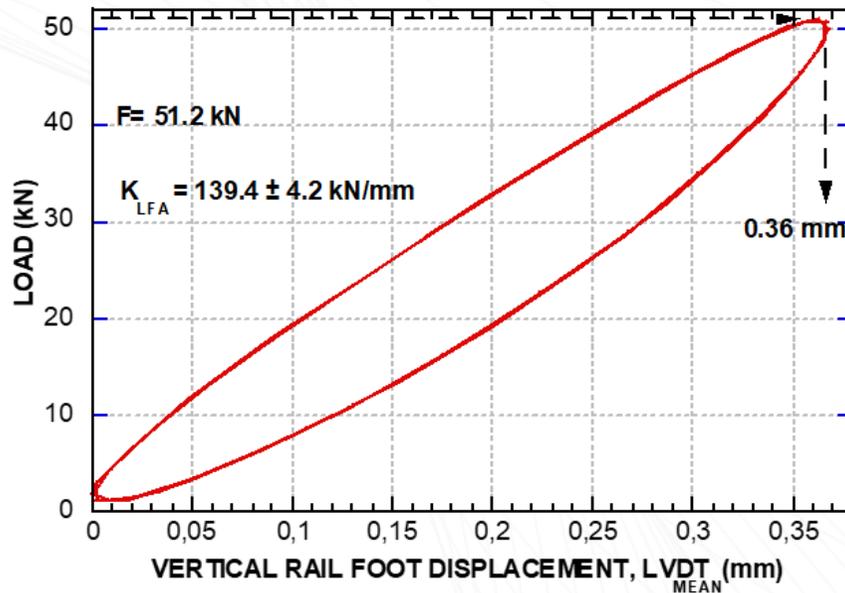
- Categoría D
- Carga de compresión estática sobre la cabeza del carril:
 - Fuerza mínima aplicada, $F_{SA1} = 1 \text{ kN}$
 - Fuerza máxima aplicada, $F_{SA\text{máx}} = 64 \text{ kN}$
 - 3 rampas de carga-descarga a 120 kN/min
 - Fuerza máxima para el cálculo, $F_{SA2} = 0,8 \cdot F_{SA\text{máx}} = 0,8 \cdot 64 = 51,2 \text{ kN}$.



Rigidez dinámica a baja frecuencia (EN 13146-9)

Procedimiento

- Categoría D
- Carga de compresión dinámica sobre la cabeza del carril:
 - Fuerza de onda senoidal
 - Fuerza mínima, $F_{LFA1} = 1 \text{ kN}$
 - Fuerza máxima, $F_{LFA2} = 0.8 \cdot F_{LFA\text{máx}} = 0,8 \cdot 64 = 51,2 \text{ kN}$
 - 1.000 ciclos a 5 Hz



Dinámico carga inclinada (EN 13146-4)

Procedimiento

- Categoría D
- Cargas preliminares: carga cíclica senoidal inclinada (α) a 4 ± 1 Hz durante 1.000 ciclos.
- Carga senoidal cíclica de compresión
- Fuerza mínima aplicada, $F_{\text{MIN}} = 5$ kN
- Resto de parámetros dependen de la **rigidez dinámica**: (s/EN 13481-2, cat. D y $40 \text{ kN/mm} \leq k_{\text{LFA}} < 200 \text{ kN/mm}$)
 - $F_{\text{MAX}} = 70$ kN
 - Inclinación de carga, $\alpha = 26^\circ$
 - Punto de aplicación de carga, (x) = 15 mm
 - $3 \cdot 10^6$ ciclos a 4 ± 1 Hz

Categoría de sujeción	α grados	X mm	$Pv/\cos \alpha$ kN		
			$k_{\text{LFA}} < 40$ MN/m	$40 \leq k_{\text{LFA}} < 200$ MN/m	$k_{\text{LFA}} \geq 200$ MN/m
A	38,6	25 ^a	50	55	55
B	38,6	50 ^a	55 (con $X = 75$)	62	65
C	33	15 ^a	60 (con $X = 25$)	75	83
D	26	15 ^a	56	70	76
E	40	75 ^a	n.a.	100	108

^a Para el carril conectado al alma, la sección no se debe modificar (es decir, $X = 0$).



Dinámico carga inclinada (EN 13146-4)

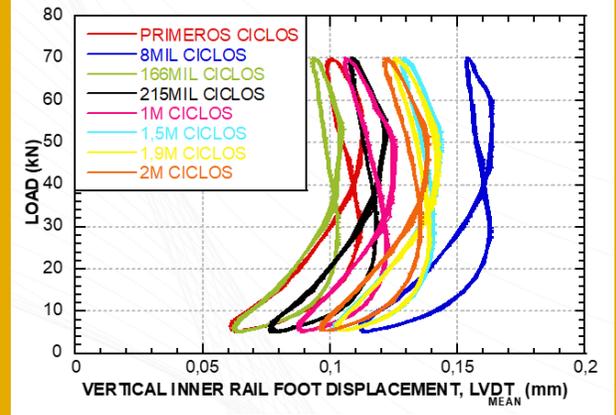
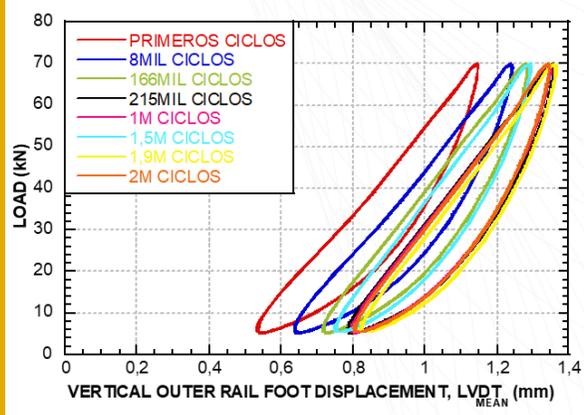
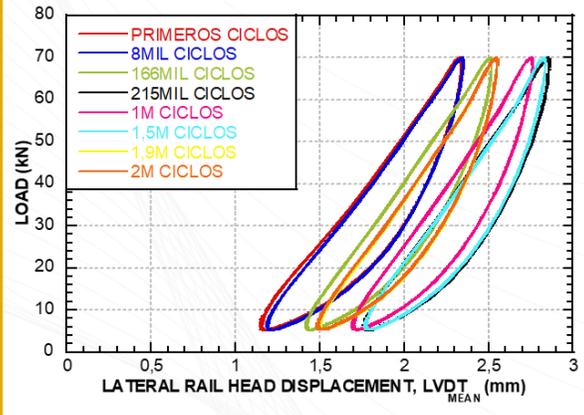
Procedimiento

- Cámara ambiental con control de temperatura

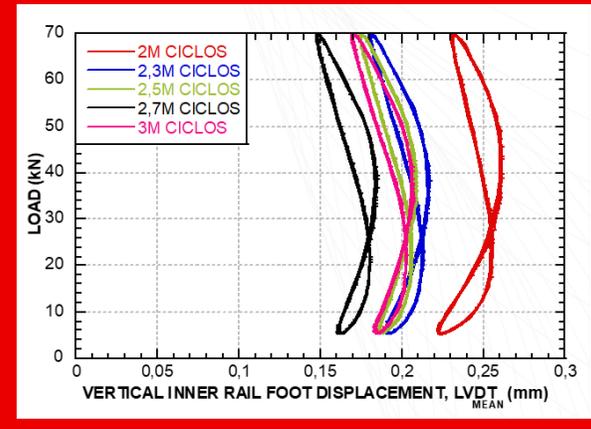
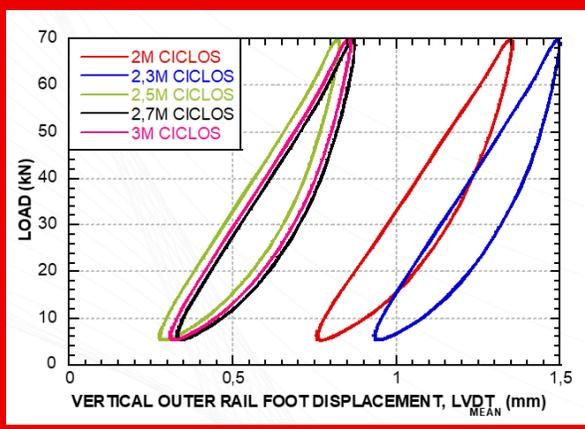
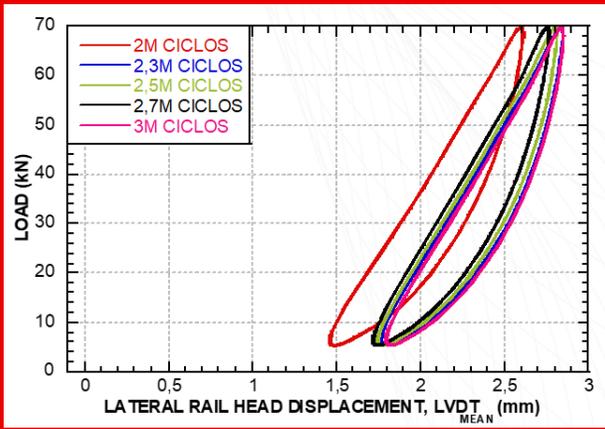


1. $2 \cdot 10^6$ ciclos a 5 Hz – **50°C**
2. $1 \cdot 10^6$ ciclos a 5 Hz – **70°C**

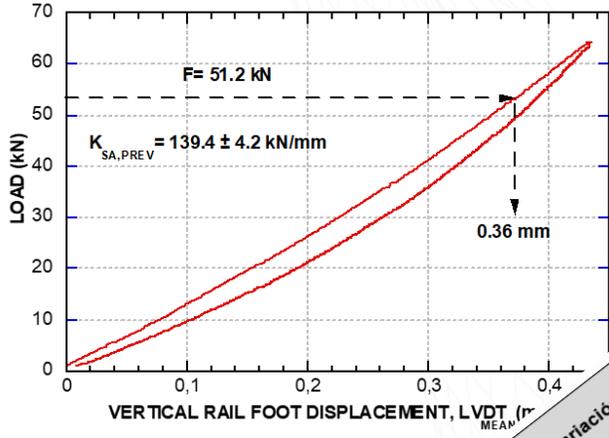
50°C



70°C



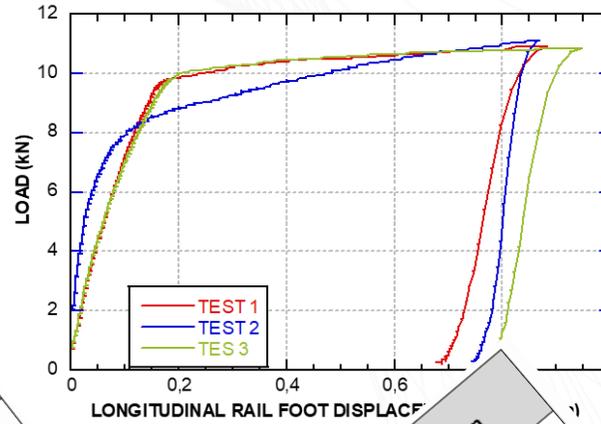
Rigidez estática



Ensayo	Ud.	Antes del ensayo de cargas repetidas	Después del ensayo de cargas repetidas	Variación
Rigidez estática vertical UNE-EN 13146-9	[kN/mm]	119.5 ± 3.6	139.4 ± 4.2	$16.7 \pm 0.5\%$

$\Delta \leq 25\%$

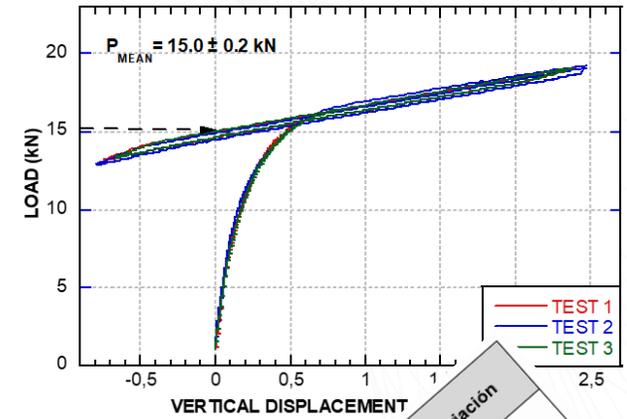
Resistencia Longitudinal



Ensayo	Ud.	Antes del ensayo de cargas repetidas	Después del ensayo de cargas repetidas	Variación
Resistencia longitudinal del carril, UNE-EN 13146-1	[kN]	12.3 ± 0.2	10.4 ± 0.2	$-15.2 \pm 0.2\%$

$\Delta \leq 20\%$

Fuerza de apriete



Ensayo	Ud.	Antes del ensayo de cargas repetidas	Después del ensayo de cargas repetidas	Variación
Determinación de la fuerza de apriete UNE-EN 13146-7	[kN]	17.8 ± 0.2	15.0 ± 0.2	$-15.8 \pm 0.2\%$

$\Delta \leq 20\%$

Desmontaje e inspección final

	Apriete (N·m)	Desapriete (N·m)	Pérdida Apriete (%)
Tirafondo Exterior Clip SKL-1	190 N·m (2,0 mm de gap)	180 N·m (2,35 mm de gap)	5,3
Tirafondo interior Clip SKL-1	220 N·m (2,0 mm de gap)	210 N·m (2,0 mm de gap)	4,5



Ensayo	Normativa	Requisitos	Resultado
Fuerza de apriete antes del ensayo de cargas repetidas	UNE-EN 13146-7: 2019	-	17,8 ± 0,2 kN
Resistencia al deslizamiento longitudinal de carril antes del ensayo de cargas repetidas	UNE-EN 13146-1: 2019	No menos de 9 kN	12,3 ± 0,2 kN
Rigidez estática vertical antes del ensayo de cargas repetidas	UNE-EN 13146-9: 2020	-	119,5 ± 3,6 kN/mm
Rigidez dinámica a baja frecuencia (5 Hz) ¹	UNE-EN 13146-9: 2020	-	139,4 ± 0,2 kN/mm
Efecto de las cargas repetidas	UNE-EN 13146-1: 2019	-	-
Rigidez estática vertical después de las cargas repetidas	UNE-EN 13146-9: 2020	Variación: menor o igual a 25%.	139,4 ± 4,2 kN/mm Variación: (16 ± 0,5%)
Resistencia al deslizamiento longitudinal de carril después de las cargas repetidas	UNE-EN 13146-1: 2019	Variación: menor o igual a 20%.	10,4 ± 0,2 kN Variación: (15,2 ± 0,21%)
Fuerza de apriete después de cargas repetidas	UNE-EN 13146-7: 2019	Variación: menor o igual a 20%.	15,0 ± 0,2 kN Variación: (-15,8 ± 0,2%)
Inspección final	UNE-EN 13146-4: 2020	Sin fractura, desgaste o deformación permanente. Funcionalidad correcta de los componentes	No han aparecido deformaciones/desgastes que puedan afectar a la funcionalidad del sistema. ²

Resumen



II JORNADA TÉCNICA "I+D+I EN MATERIALES Y
TECNOLOGÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y
MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS
FERROVIARIAS"

GRANADA, 17 OCTUBRE 2024

LABIC UGR



PTFE
Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española



CARACTERIZACIÓN EN FATIGA A ALTA TEMPERATURA DE LOS SISTEMAS DE SUJECCIÓN PARA AVE

LADICIM
UC | Universidad
de Cantabria



ESCUELA DE CAMINOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Muchas
Gracias*

<https://ladicim.es/>

Uso de pellets fabricados con NFU para mejorar las propiedades de la capa de sub-balasto

Ponente: Ignacio Villalba Sanchís (U. P. Valencia)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



*Uso de pellets fabricados con NFU para
mejorar las propiedades de la capa de
subbalasto*



Ignacio Villalba Sanchis

Universitat Politècnica de València, Profesor



**Financiado por
la Unión Europea**

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

LABIC.UGR



Secretaría Técnica



Programa	<i>Valorización y transferencia de resultados de investigación a las empresas</i>
Línea de Actuación	<i>Línea 1. Valorización, transferencia y explotación por las empresas de resultados de I+D</i>
Entidad Beneficiaria	AIMPLAS
NIF	G46714853
Título del Proyecto	<i>Investigación industrial en la valorización de neumáticos fuera de uso (NFUs) desvulcanizados para la mejora de propiedades de materiales más sostenibles en construcción</i>
Número de Expediente	INNVA1/2022/44



AIMPLAS

INSTITUTO TECNOLÓGICO
DEL PLÁSTICO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

LABIC.UGR



Secretaría Técnica



Tiene por objeto prevenir la generación de neumáticos fuera de uso, establecer el régimen jurídico de su producción y gestión, y fomentar, por este orden, su reducción, **preparación para la reutilización, reciclado y otras formas de valorización**, con la finalidad de proteger el medio ambiente.

Real Decreto 1619/2005

Real Decreto 731/2020

Objetivo: Reutilización de residuos de caucho de neumáticos fuera de uso en nuevos productos industriales

La finalidad es obtener productos elastoméricos mediante extrusión o moldeo por compresión con buenas propiedades de resistencia a impacto, para su utilización en elementos de construcción (ferrocarril)

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

- Caucho
- Acero
- Fibras de refuerzo (poliester o rayón)



SIGNUS Annual Report 2023

- Neumáticos recogidos: 209.104 t
- Caucho, acero y textil: 104.503 t ($\approx 50\%$)



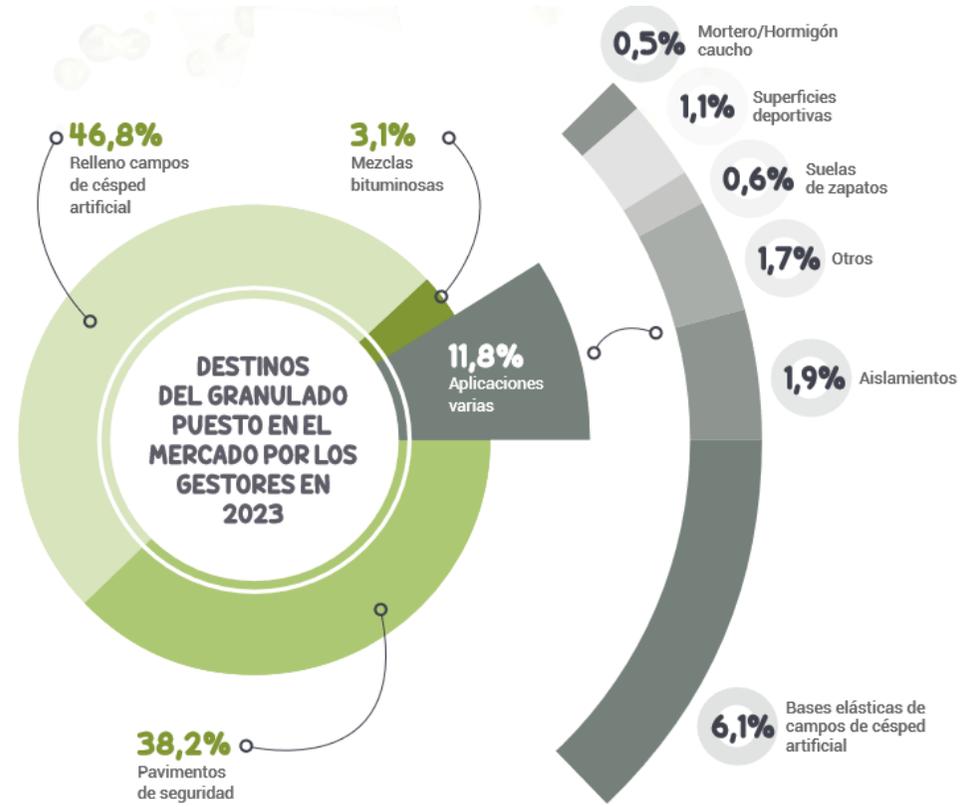
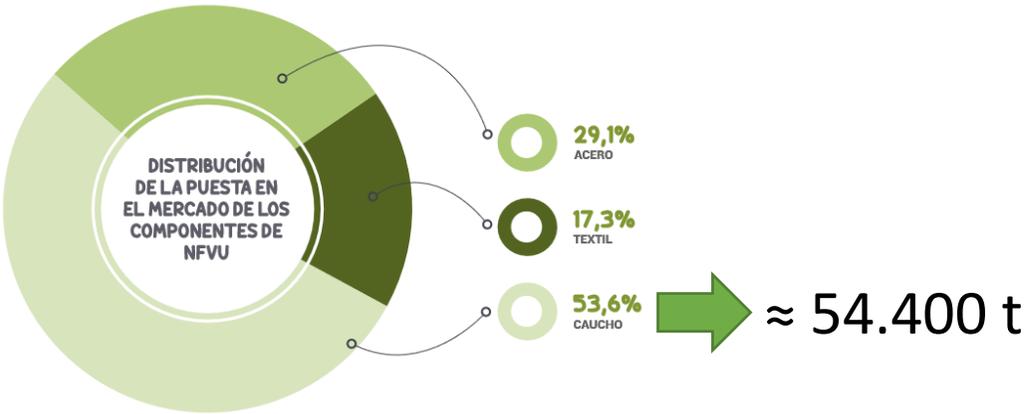


II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria



SIGNUS Annual Report 2023



Necesidad de encontrar aplicaciones en la ingeniería civil



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Hasta ahora en FFCC...

Uso de NFU incorporado como
materia prima reciclada

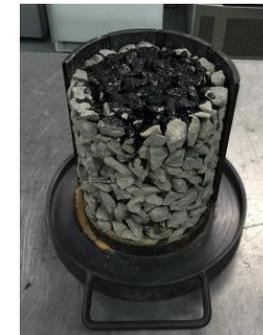


Balasto + NFU



Sol-Sánchez et al. (2015). A study into the use of crumb rubber in railway ballast. *Construction and Building Materials*, 75, 19-24. doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.10.045

*Balasto recubierto
de ligante y NFU*



*Subbalasto mezclado con NFU
(COMPOVIA)*

Aplicaciones limitadas



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Novedad

Proceso continuo de desvulcanizado de granulado caucho NFU para obtener materiales compuestos con matrices termoplásticas de poliolefinas con mejoradas propiedades en cuanto a procesabilidad y prestaciones elastoméricas

Se han investigado diferentes métodos de desvulcanizado de caucho

Químico

Alta toxicidad de los reactivos empleados

Ultrasonidos

Requiere control preciso para evitar degradación de las cadenas principales

Microondas

Proceso discontinuo con tiempos de exposición extendidos

Biológicos

Periodos prolongados de tratamiento con efectos muy limitados

Termo-mecánicos

Proceso en continuo mediante sistemas modulares de extrusión que facilita su implementación a nivel industrial

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Novedad

Proceso continuo de desvulcanizado de granulado caucho NFU para obtener materiales compuestos con matrices termoplásticas de poliolefinas con mejoradas propiedades en cuanto a procesabilidad y prestaciones elastoméricas



Triturado NFU



Proceso continuo de
desvulcanizado + compounding con termoplástico PE





II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles



RECICAUTXU

Materiales obtenidos

Material desvulcanizado caucho
NFU en forma de pellets
(entre 4 y 6 mm)



Placas de diferente espesor de material
compuesto termoplástico con diferentes
porcentajes de caucho desvulcanizado NFU





II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

LABIC.UGR



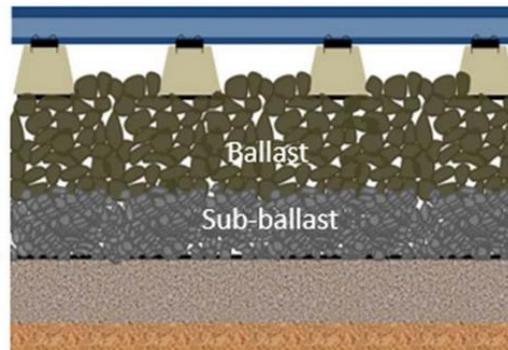
Secretaría Técnica



Materiales obtenidos

Material desvulcanizado caucho NFU en forma de pellets entre 4 y 6 mm

Orden FOM/1269/2006, de 17 de abril, por la que se aprueban los Capítulos: 6.-Balasto y 7.-Subbalasto del pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF).



2. Características del subbalasto

2.1 Origen y naturaleza.–El subbalasto deberá proceder de:

Extracción en cantera, desmontes o préstamos de materiales rocosos, seguida de machaqueo, cribado y clasificación.

Reutilización de materiales de naturaleza rocosa procedentes de obras civiles.





II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria



Materiales obtenidos

Material desvulcanizado caucho NFU en forma de pellets entre 4 y 6 mm

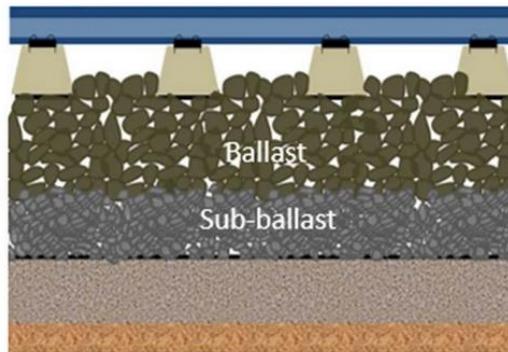
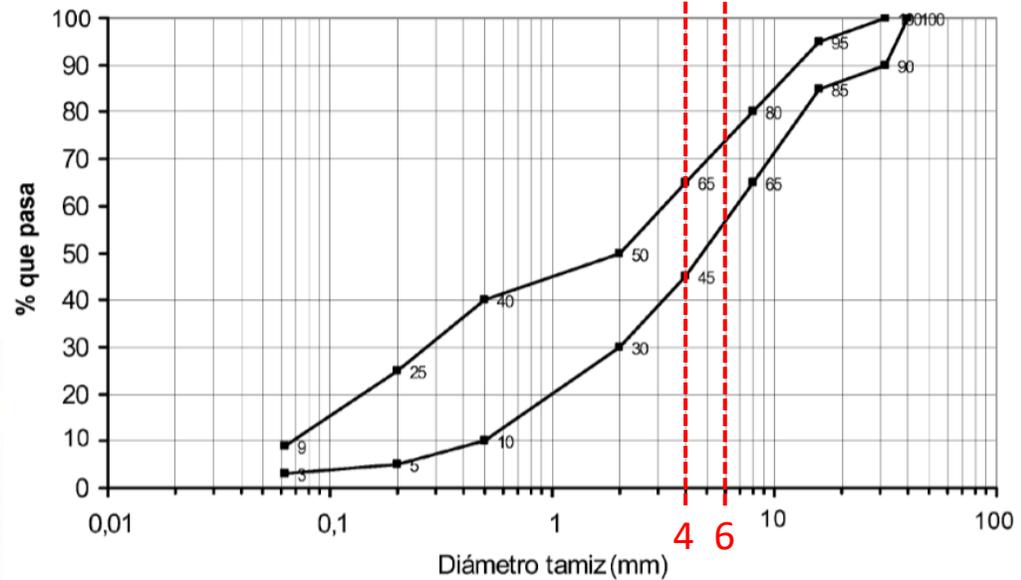


Figura 1. HUSO GRANULOMÉTRICO DEL SUB-BALASTO



Orden FOM/1269/2006, de 17 de abril, por la que se aprueban los Capítulos: 6.-Balasto y 7.-Subbalasto del pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF).



II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria



Resultados

Material desvulcanizado caucho NFU en forma de pellets entre 4 y 6 mm



Ensayos	Pellets	Zahorra	Subbalasto Mezclas
Densidad máxima relativa	X		
Densidad aparente y absorción de agua	X		
Granulometría	X	X	
Equivalente de arena		X	
Peso específico		X	
Desgaste Los Ángeles		X	X
Proctor Modificado		X	X
Triaxial cíclico		X	X



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

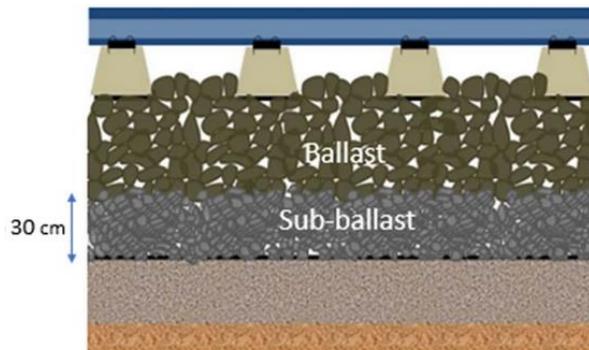


Resultados

Se ha comprobado que la adición de caucho NFU mejora la resistencia a desgaste pero reduce el módulo resiliente (otras propiedades no se ven alteradas).



Los porcentajes de adición en peso son reducidos (se ha limitado a un 5%), pero existe margen de mejora



1 km vía doble al 5% \approx 200 kg NFU

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



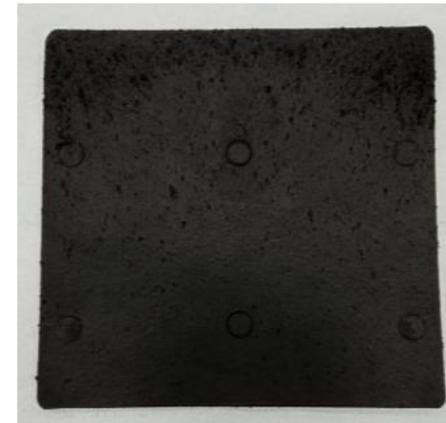
Secretaría Técnica



Resultados

Placas de diferente espesor del material compuesto con porcentaje variable de caucho desvulcanizado procedente de NFU

En la actualidad las placas de asiento suelen ser de poliéster termoplástico (P16.5264.00)



30 %

50 %

90 %



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica



RECICAUTXU

Resultados

Placas de diferente espesor del material compuesto
con porcentaje variable de caucho desvulcanizado
procedente de NFU



ADIF ET 03.360.572.6

Condiciones de ensayo establecidas en la norma UNE-EN 13146-9

Ensayos a placas con 30%, 50% y 90% de NFU



Se obtienen valores de rigidez nominal y
estática en el rango habitual para placas
de asiento (105 – 130 KN/mm)

Prueba en servicio (pendiente...)

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles



RECICAUTXU

Futuros trabajos

- Evaluar en vía el comportamiento a corto, medio y largo plazo
- Encontrar nuevas aplicaciones... ¿Terraplén?



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Gracias por su atención



Esta investigación ha recibido financiación de la Agencia Valenciana de la Innovación (AVI), bajo el marco del Programa de Valorización y Transferencia de resultados de investigación a las empresas en 2022, nactuación susceptible de ser cofinanciada por la Unión Europea a través de los fondos FEDER



GENERALITAT
VALENCIANA

IVACE+i
INSTITUTO VALENCIANO
DE COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN



Financiado por
la Unión Europea

Granada, 17 Octubre 2024

Detección inalámbrica de tensiones en estructuras mediante microhilos magnéticos

Aplicación de microhilos magnéticos en la auscultación de la infraestructura ferroviaria

Ponentes: Pilar Marín Palacios (U. Complutense de Madrid)

Carlos Romero Morales (U. Politécnica de Madrid)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Detección inalámbrica de tensiones en estructuras mediante microhilos magnéticos

Aplicación de microhilos magnéticos en la auscultación de la infraestructura ferroviaria



Pilar Marín
Instituto de Magnetismo Aplicado

Carlos Romero
Cátedra ADIF-UPM

Cátedra Adif - UPM



Granada, 17 Octubre 2024



Cátedra Adif - UPM



UNIDAD ASOCIADA AL ICMM-CSIC



Pilar Marín Palacios
Instituto de Magnetismo Aplicado (Universidad Complutense de Madrid – ADIF)

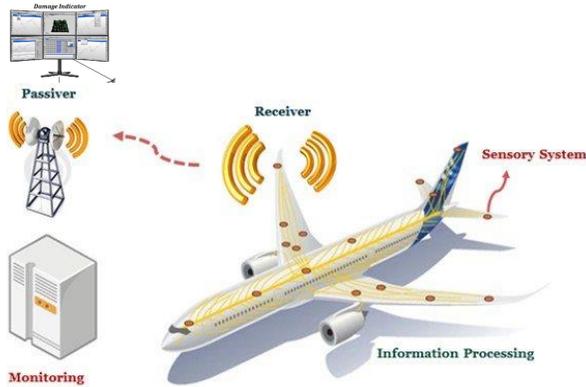




LABIC JGR

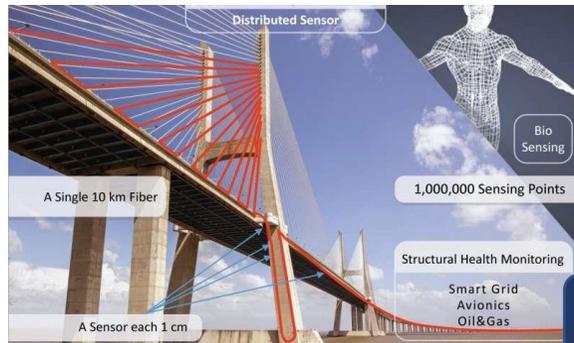
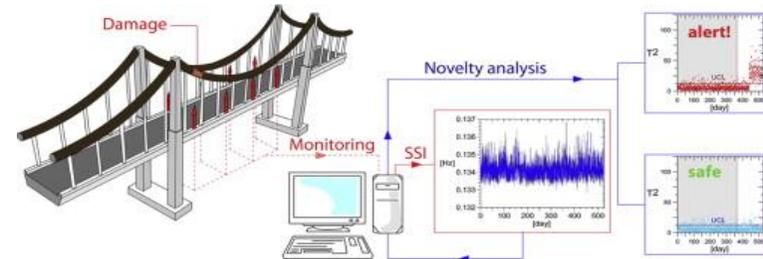


PTFE



Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics
Volume 141, June 2015, Pages 12-26

Structural health monitoring of suspension bridges with features affected by changing wind speed



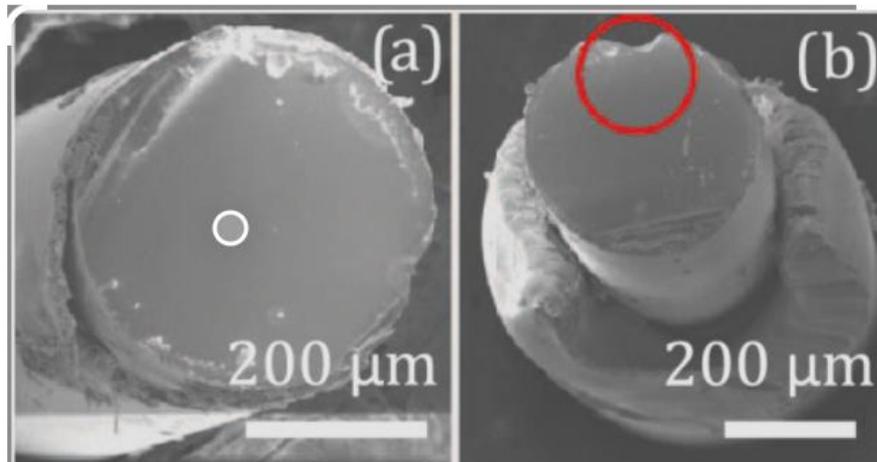
Galgas
extensiométricas,
fibras ópticas



Sensores inalámbricos

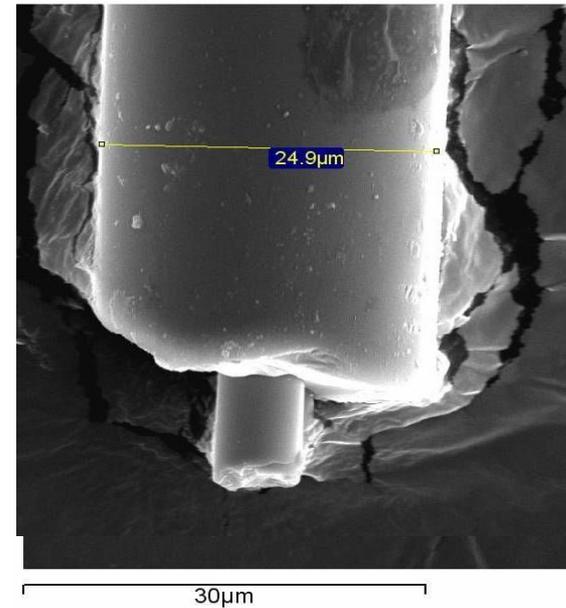
MICROHILO MAGNÉTICO

Optic fiber



Optics Letters 42 (9) pp. 1808-1811 (2017)

AMW





LABIC-UGR



PTFE

ima
INSTITUTO DE MAGNETISMO APLICADO
LABORATORIO SALVADOR VELAYOS UCM ADIF

Cátedra Adif - UPM

adif



Amorphous microwire fabrication process



LABIC-JGR



PTFE

ima
INSTITUTO DE MAGNETISMO APLICADO
LABORATORIO SALVADOR VELAYOS UCM ADIF

Cátedra Adif - UPM

adif





LABIC-JGR



PTFE



Cátedra Adif - UPM



Magnetostricción

Efecto antena

Resonancia Ferromagnética

Resonancia magnetoelástica

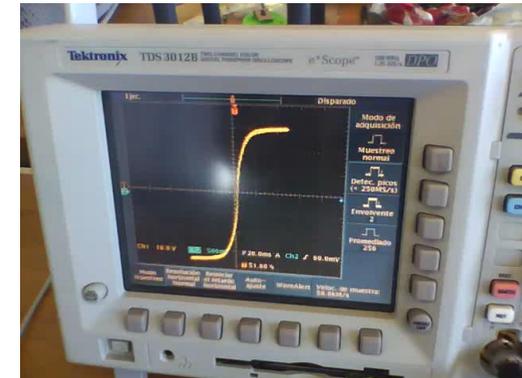
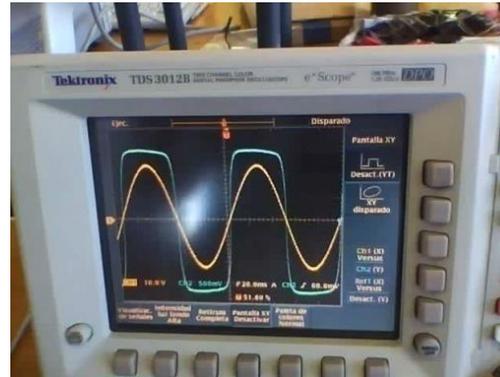
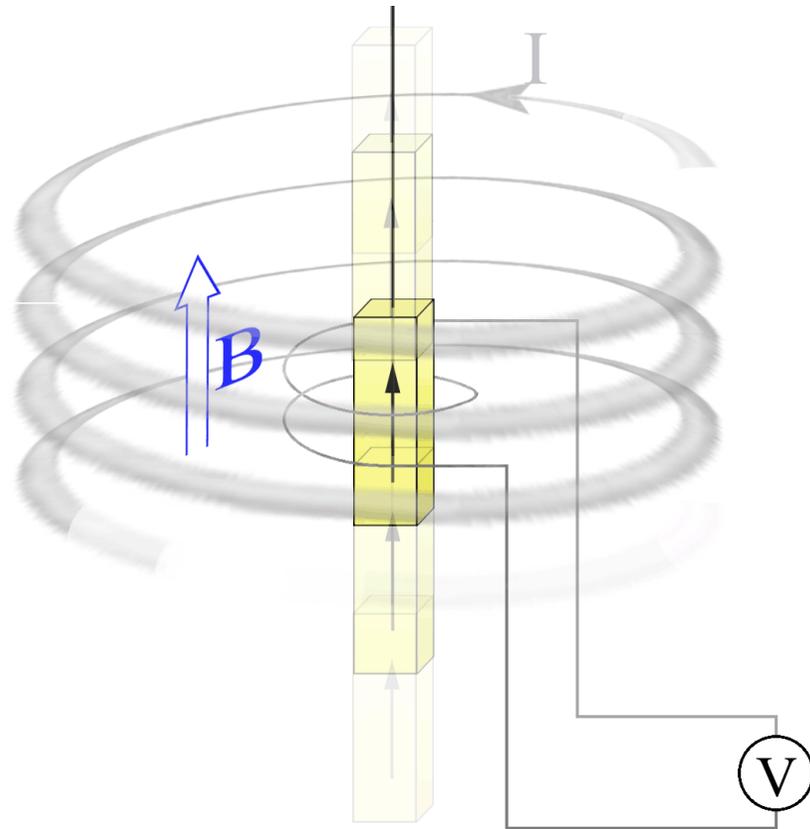


Magnetoimpedancia
Gigante

Biestabilidad magnética

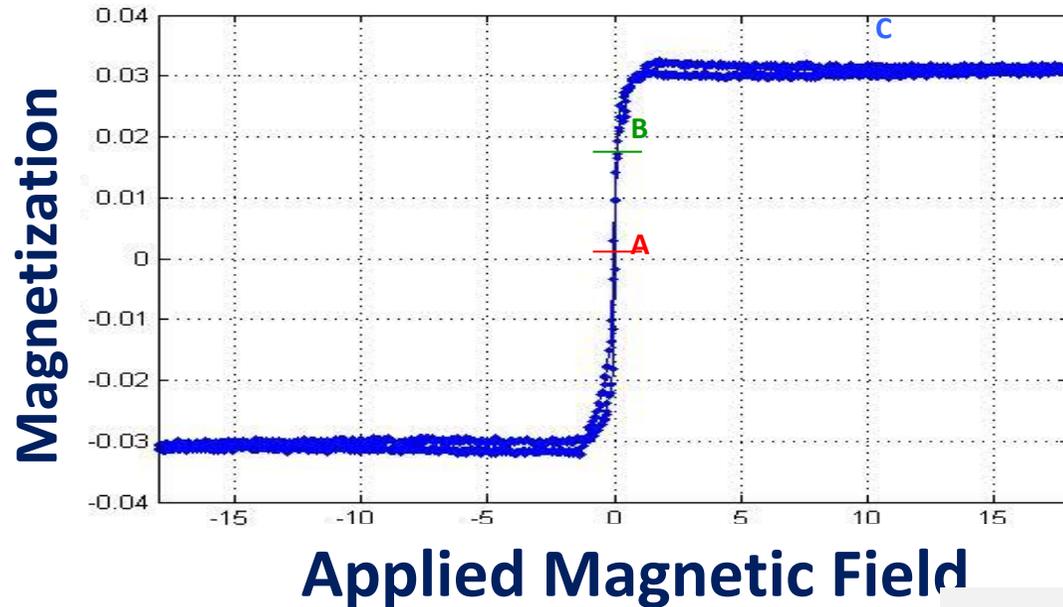
CICLO DE HISTÉRESIS

M-H



Magnetostricción

CICLO DE HISTÉRESIS DE BAJA FRECUENCIA

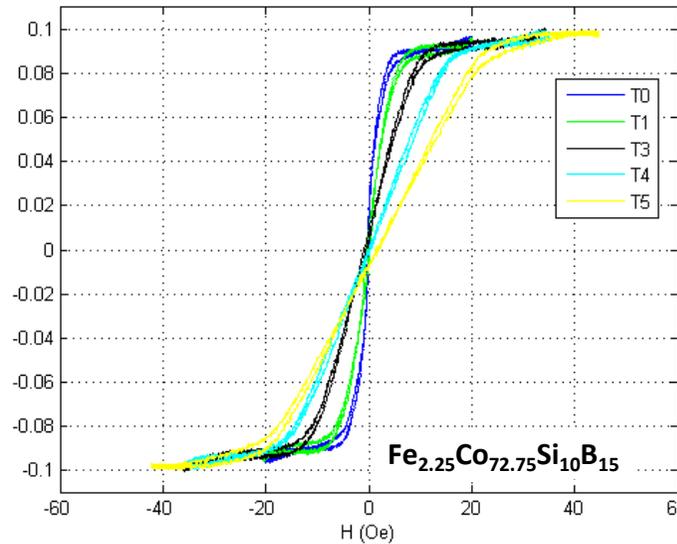


Magnetostricción

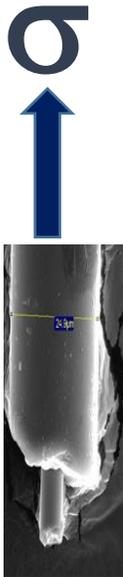
CICLO DE HISTÉRESIS- TENSIÓN MECÁNICA

Microhilo Tavex

Stess	MPa
T0	0
T1	112
T2	190
T3	345
T4	580
T5	813



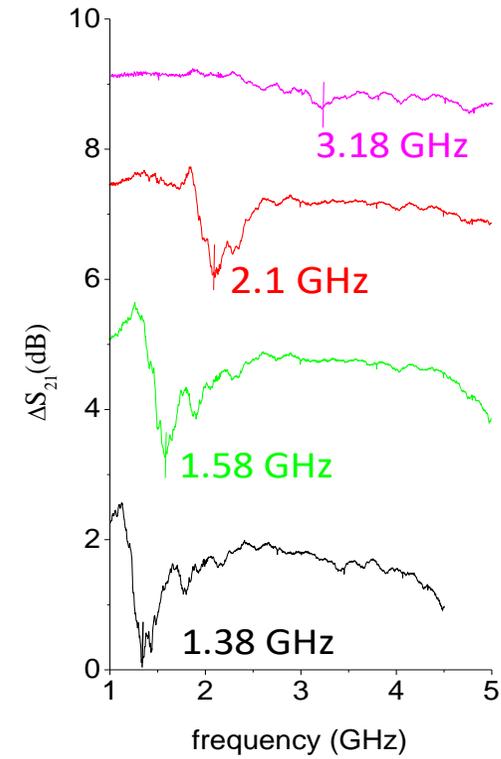
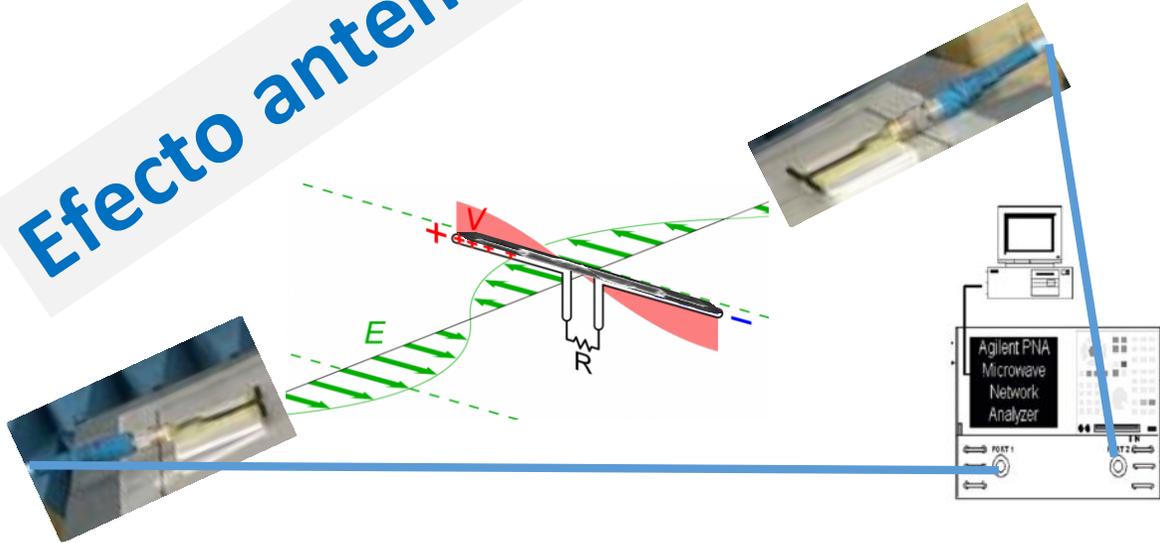
Longitudinal anisotropy decreases with the applied stress



Magnetostricción

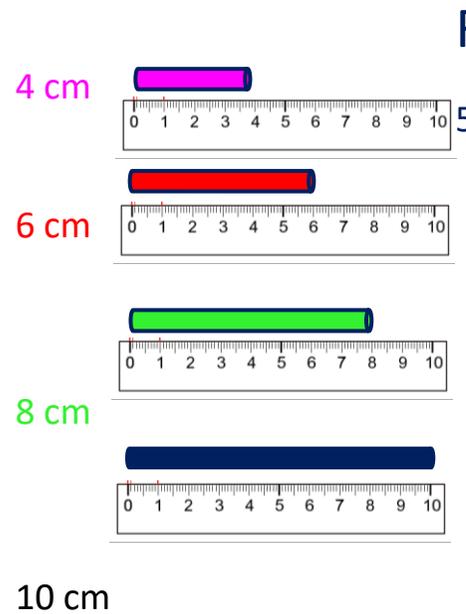
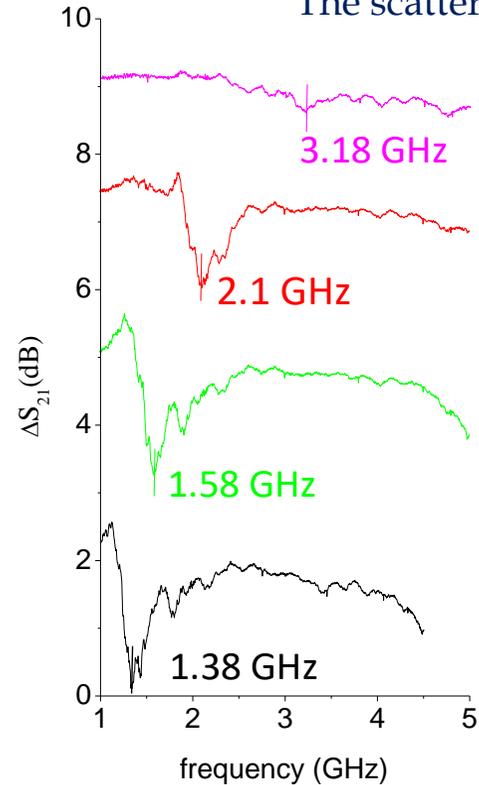
Microhilo magnético = Antena

Efecto antena

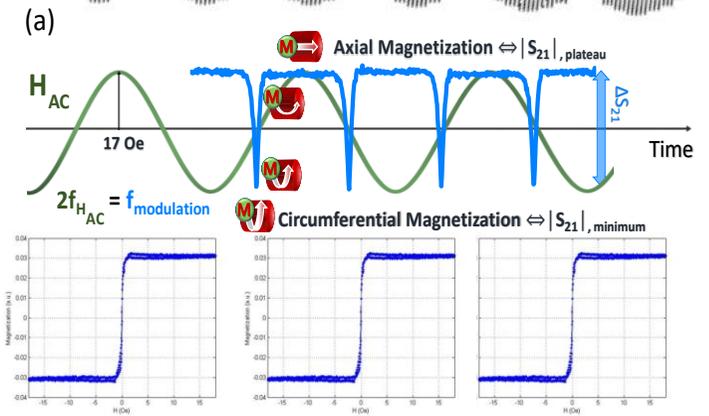
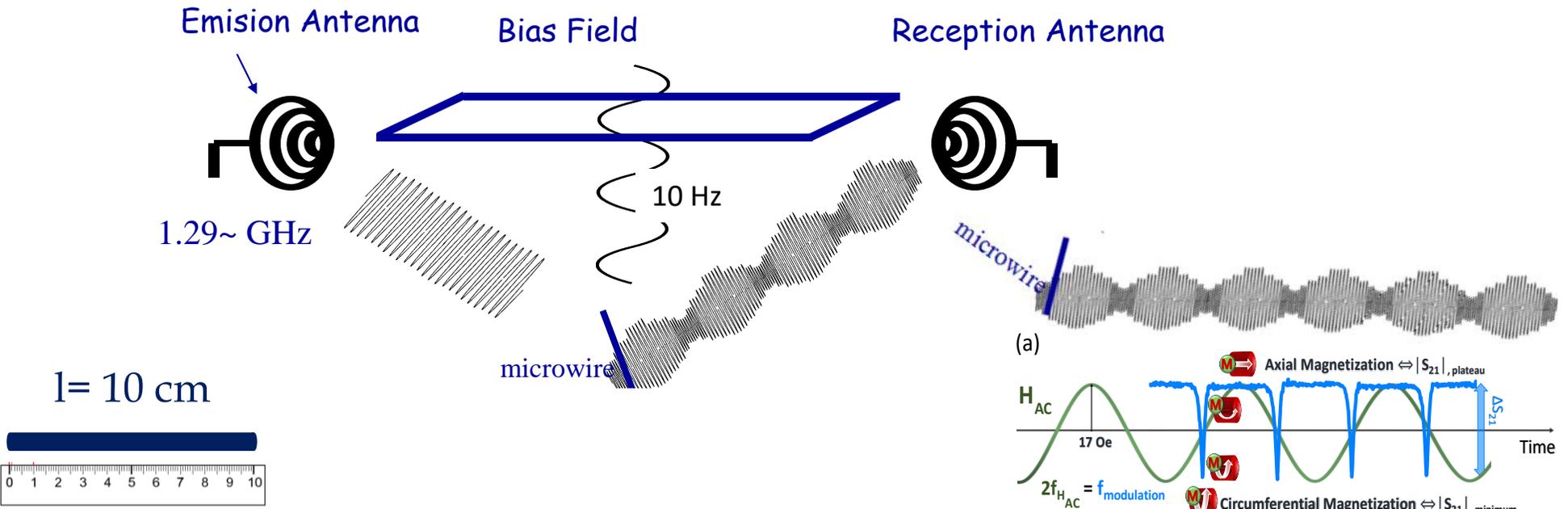




The scattering parameters of the system S_{21} depends on the length of the microwire



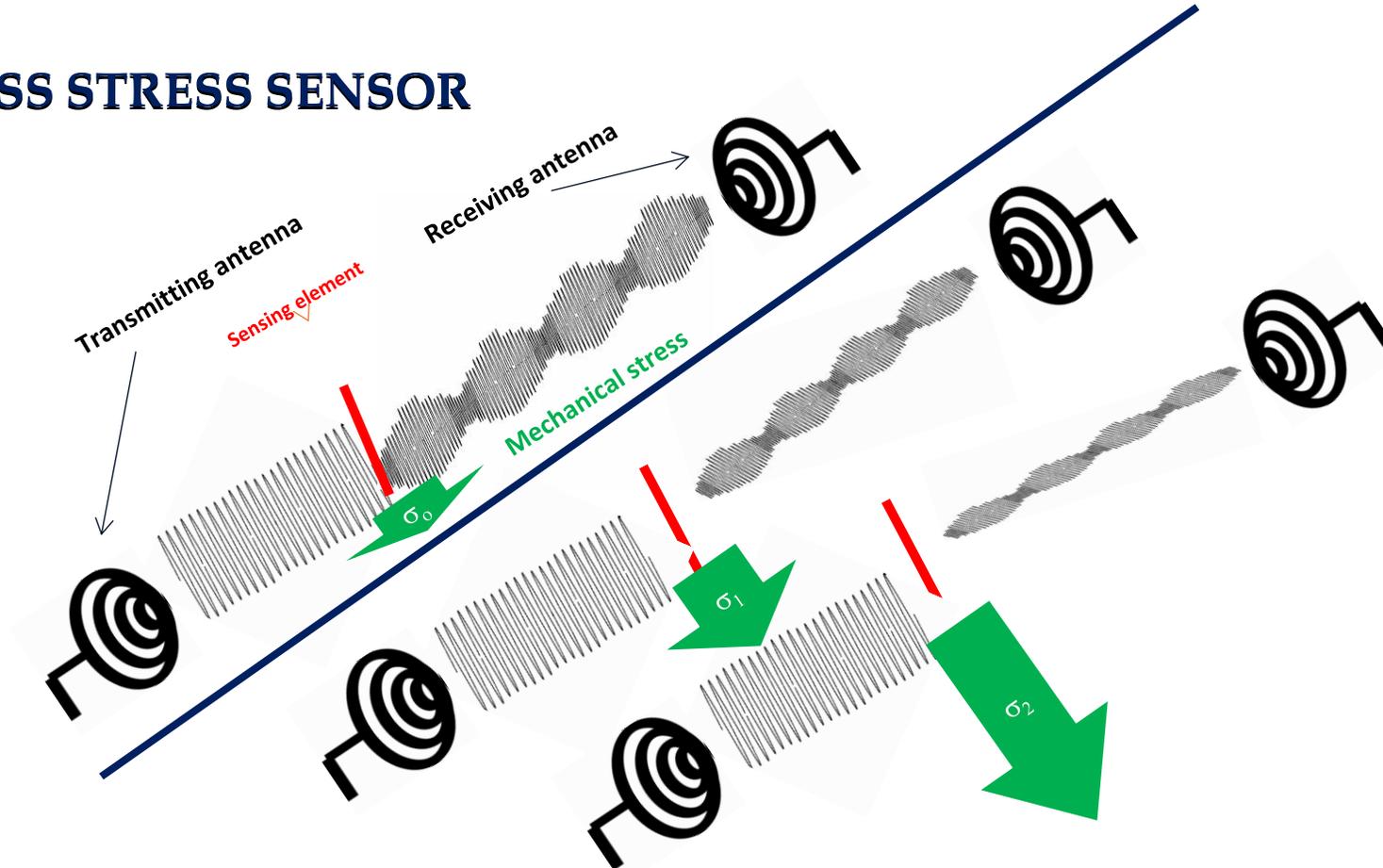
Influencia de la longitud!!



Efecto antena + Magnetoimpedancia Gigante

Efecto antena + Magnetoimpedancia Gigante + Magnetostricción

WIRELESS STRESS SENSOR





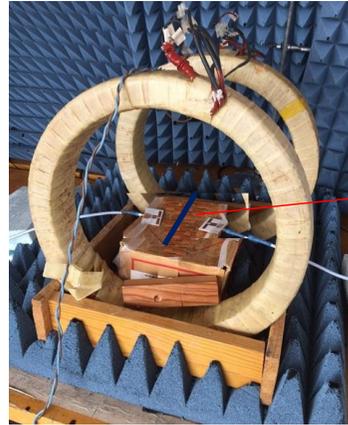
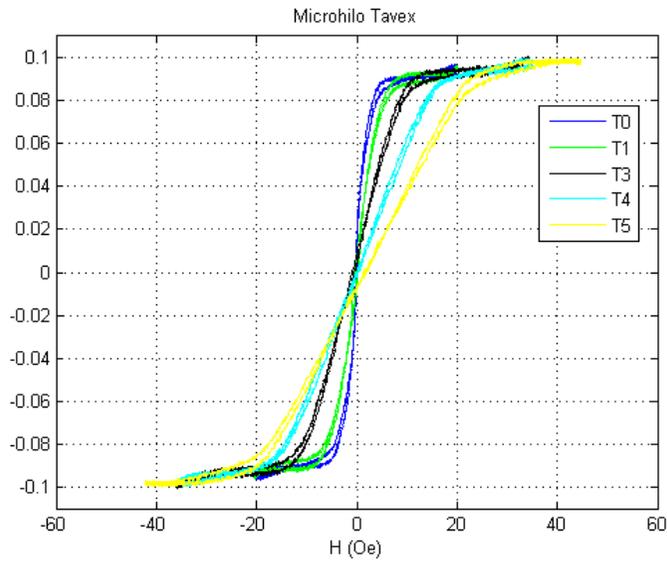
LABIC JGR



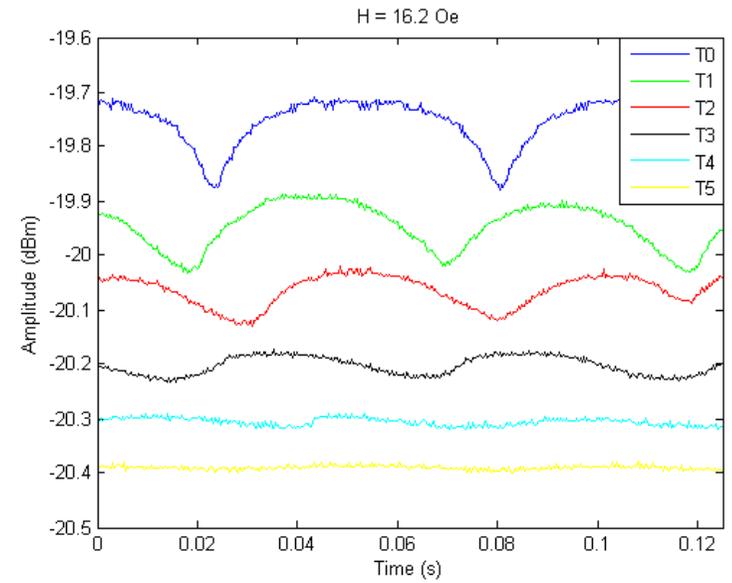
PTFE



10 Hz



1.4 GHz



La Cátedra Adif/Adif-AV - UPM

Cátedra Universidad-Empresa establecida en **2023** con el objetivo de **estrechar la colaboración** entre ambas entidades in **formación técnico-ferroviaria**, y establecer y desarrollar **actividades de interés común relativas a la infraestructura ferroviaria**.

Establecida en la ETSI Caminos UPM, bajo la dirección de la prof. Clara Zamorano

Cátedra Adif - UPM



Actividades actuales:

- Prácticas para estudiantes UPM
- Trabajos Fin de Máster
- Actividades I+D+i (ERJU)
- Seminarios técnicos y conferencias

Colaboración Cátedra Adif-UPM – Instituto Magnetismo Aplicado

Primera colaboración Cátedra con el área de Innovación de Adif y con el Instituto de Magnetismo Aplicado de la UCM



Investigación del potencial del microhilo magnético para la auscultación de infraestructura ferroviaria (en ERJU-FP3).
Proyecto ideado y desarrollado por IMA-UCM y Adif



Apoyo inicial UPM: 1 TFM Máster ICCP con supervisión del equipo de investigación



Equipo

Miguel Rodríguez (Adif)

Pilar Marín (IMA-UCM)

Jorge Suárez (INECO)

Carlos Romero (UPM)

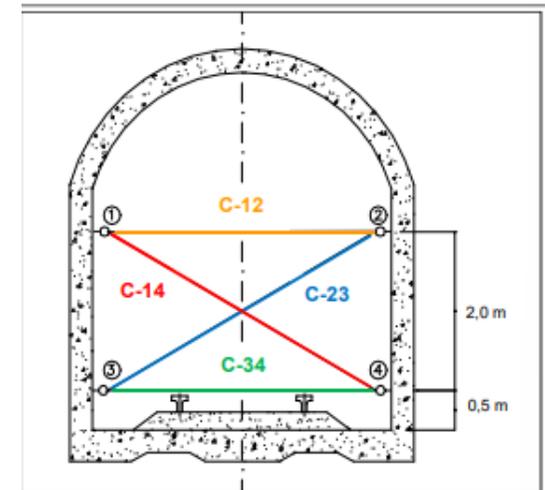
Andrea Palomar (UPM)

Aplicación del microhilo magnético. Objetivos

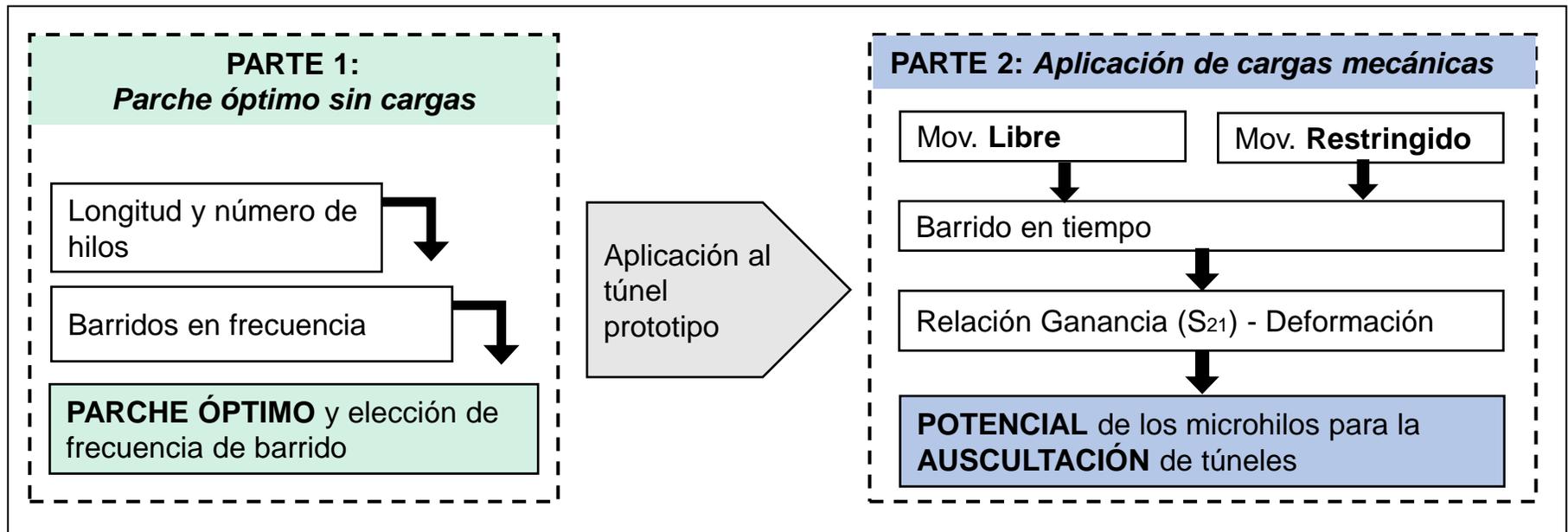
- **Objetivo - largo plazo:** utilizar microhilos magnéticos para *auscultar de forma continua* las convergencias de túneles ferroviarios ya construidos, sin necesidad de suprimir circulaciones
- **Objetivo - corto plazo:** confirmar el potencial de los microhilos magnéticos para medir deformaciones en estructuras de forma no invasiva.



Primeros pasos: ensayos reducidos en laboratorio



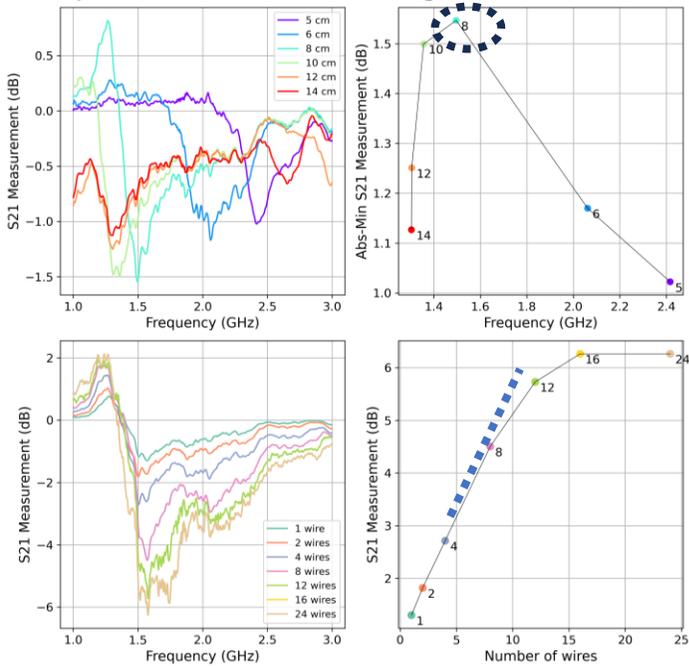
Aplicación del microhilo magnético. Método



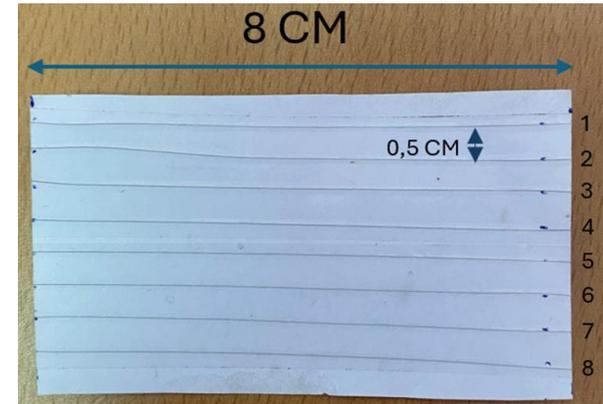


Parche óptimo sin cargas mecánicas

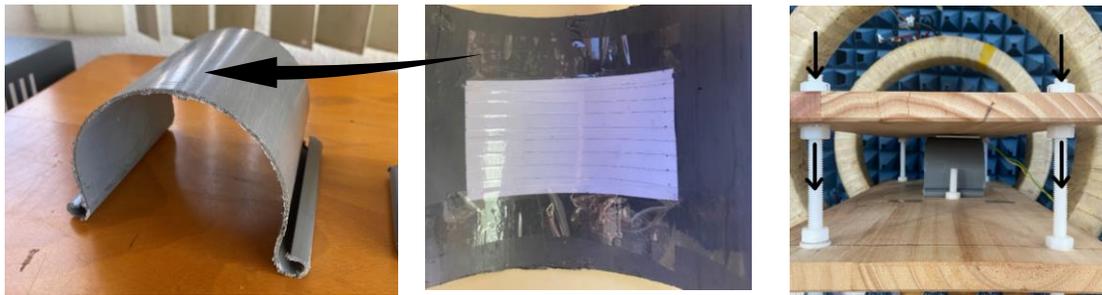
- Encontrar la **combinación** (L,n) de microhilos amorfos magnetorresistentes que genere la **mayor variación de ganancia (S₂₁)**



Óptimo: parche de 8 hilos, 8 cm a f=1.71 GHz



Aplicación de las cargas en el túnel prototipo

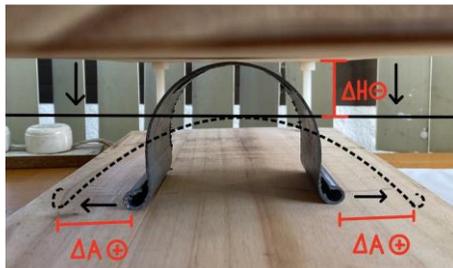


Prototipo: ‘túnel’ de PVC 8.6 cm alto y 9.6 cm ancho

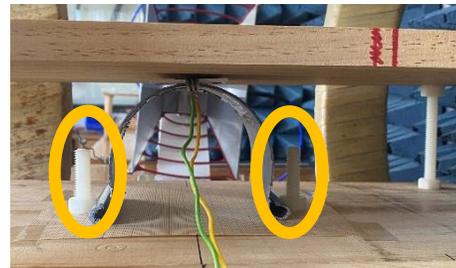
Parche: en el intradós del túnel

Carga: vertical sobre la clave, controlada con unos tornillos

Mov. Libre



Mov. Restringido



2 modos de movimiento transversal:

- Libre
- Restringido

Túnel real: situación intermedia

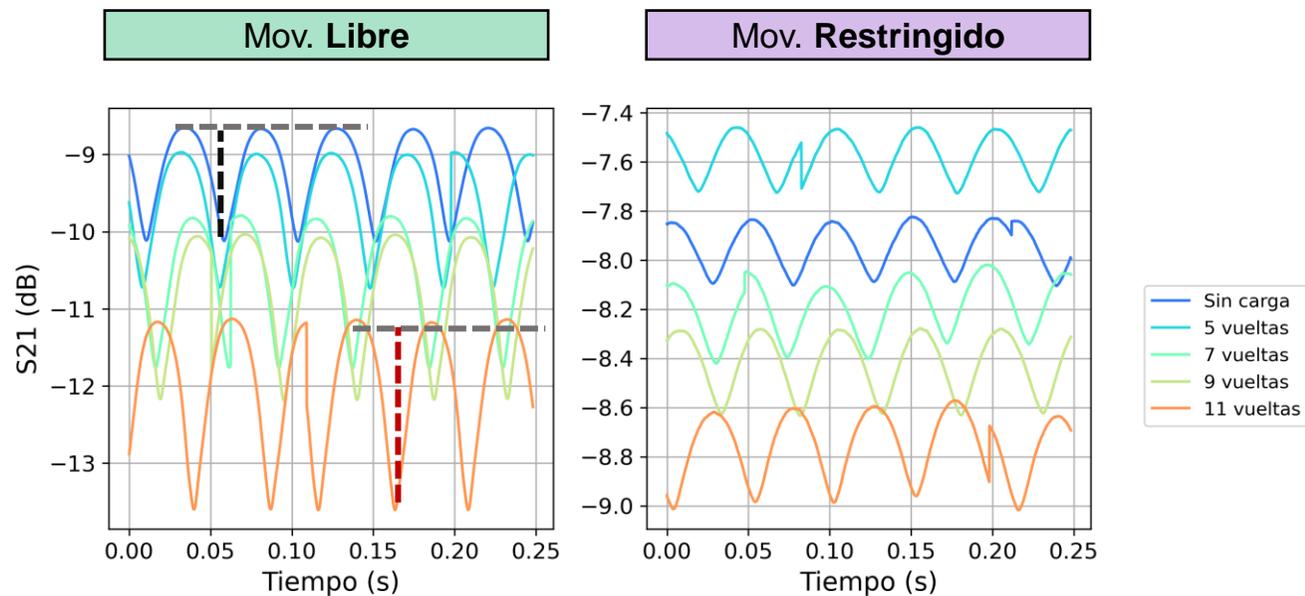
Aplicación de las cargas

A mayor descenso de la clave del túnel (n° vueltas):

- Mayor amplitud S21

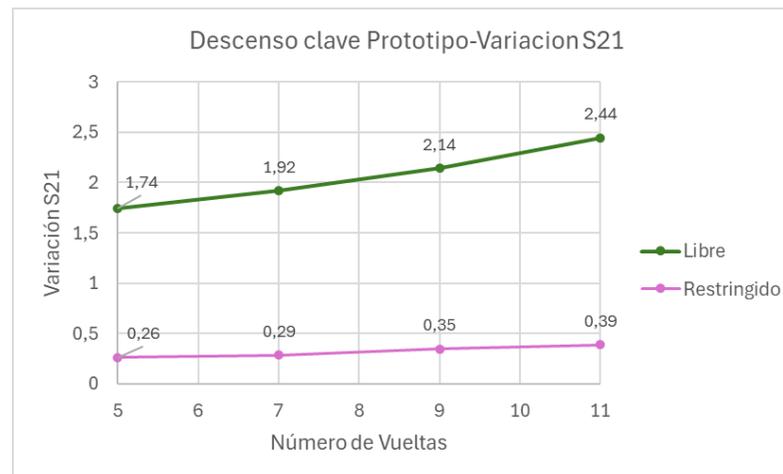
Entre los dos casos:

- La amplitud de los lóbulos y los valores absolutos de S21 son distintos



Comparación de los dos modos

- Claras diferencias en los resultados de ambos casos extremos de movimiento
- Mayor libertad de movimiento del túnel (modo libre) → mejor detección de S21 → **mejor detección de casos críticos de movimientos en el túnel**



Conclusiones y Futuros pasos

Principales resultados:

- Los microhilos tienen el potencial de poder medir deformaciones y tensiones en estructuras (ej. túneles) incluso si no se tracciona de forma directa el microhilo
- Los microhilos permiten detectar distintas situaciones de movimientos

Futuros pasos

- Modelos a mayor escala y materiales más parecidos a un túnel ferroviario real. P.ej.: hormigón, movimiento semi-restringido (~ media ladera), catenaria, etc.
- Distintas localizaciones de los parches de microhilos para medir distintas convergencias.



Más información

Carlos Romero

carlos.romeromorales@upm.es

ETSI Caminos UPM // Cátedra Adif-UPM

<https://blogs.upm.es/catedra-adif>

Equipo de investigación

Miguel Rodríguez (Adif)

Pilar Marín (UCM-IMA)

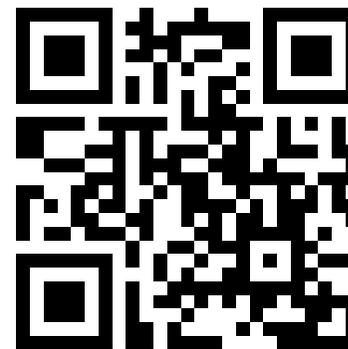
Jorge Suárez (INECO)

Andrea Palomar (UPM)

Carlos Romero (UPM)

TFM de Andrea Palomar

Aplicación del microhilo magnético a túneles ferroviarios



<https://short.upm.es/rhni0>

Parte 2

I+D+i para la construcción de vía

Nuevo sistema de vía en placa modular 3MB: demostración en vía real

Ponente: Carlos Herмосilla Carrasco (ACCIONA Construcción)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Nuevo sistema de vía en placa 3MB Demostración en vía real

Carlos Hermosilla Carrasco

Grupo OO.SS y FF.CC I+D+i Acciona Construcción



Granada, 17 Octubre 2024



Sistema de vía en placa "3MB"

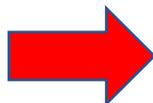
Dirección de Innovación Tecnológica.

SISTEMA DE VÍA EN PLACA “3MB”.

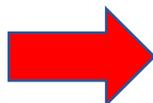
Trasfondo.



Investigación enfocada a la mejora de vía, estructuras y aparatos de vía



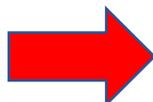
Diseño



**Fabricación y
Montaje**



In2Track3



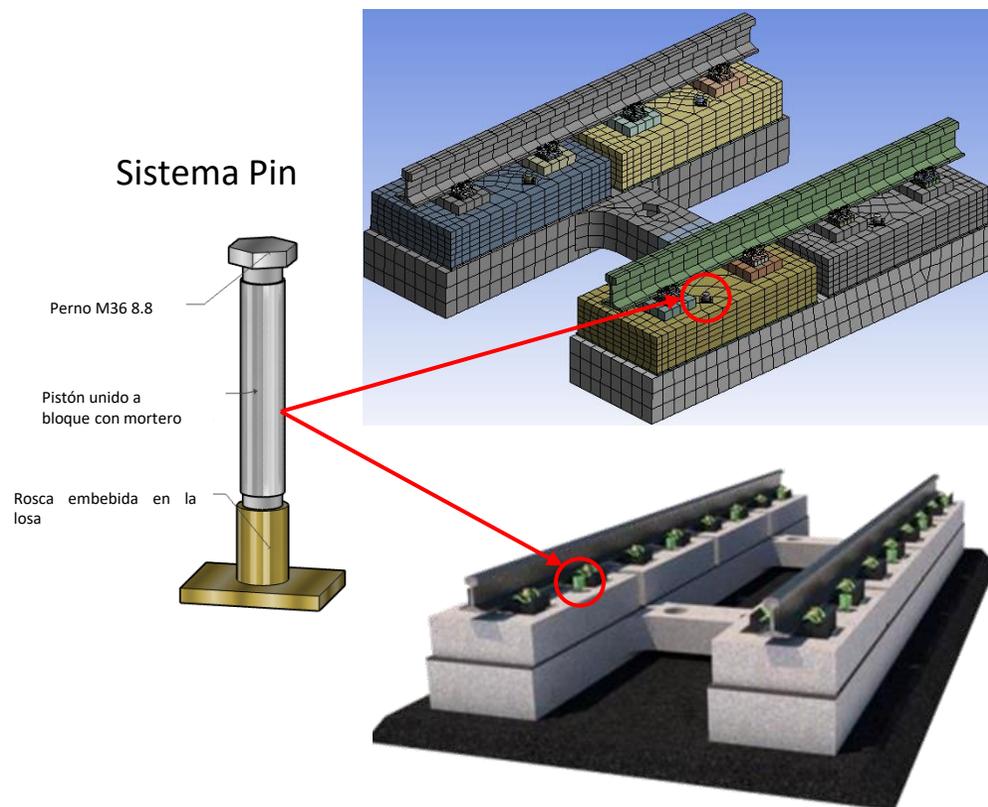
**Monitorización
y análisis**

SISTEMA DE VÍA EN PLACA “3MB”.

Concepto.

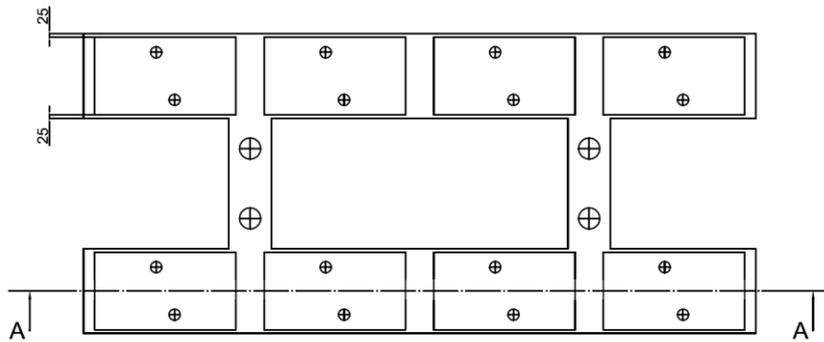
Sistema de vía en placa prefabricado:

- **Modular:** fácil montaje y nivelación
- **Multi-tráfico:** mercancías, alta velocidad y convencional.
- **Multi-bloque:** facilidad de mantenimiento y reparación.
- **Multi-vibración:** tres niveles elastoméricos.

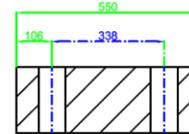


SISTEMA DE VÍA EN PLACA "3MB".

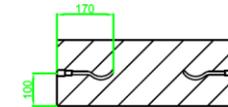
Concepto.



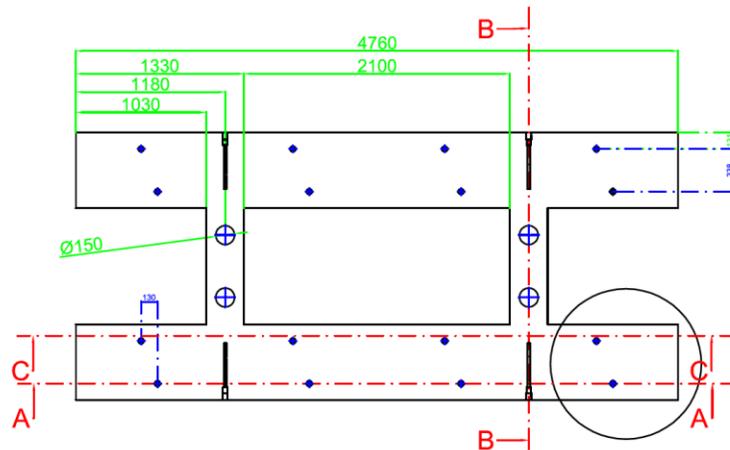
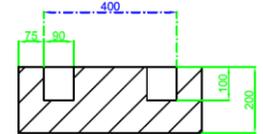
SECTION A-A



SECTION B-B



SECTION C-C

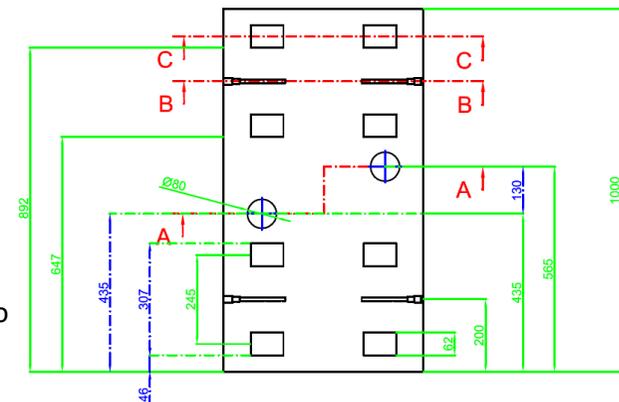


Hormigón en la losa: 1,5 m³
Cuantía de acero: 345 kg/losa.

Hormigón en el bloque: 0,1 m³.
Cuantía de acero: 9 kg/bloque

Área de elastómero: 4,4 m²/módulo

Volumen de mortero: 96 l/ módulo

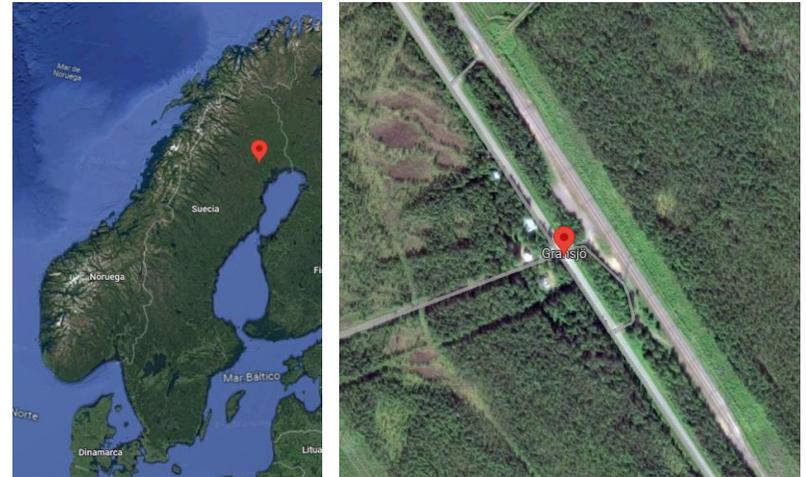


SISTEMA DE VÍA EN PLACA “3MB”.

Tramo de prueba.

- Emplazamiento: Gransjö. Boden. Sweden.
- Traffic: Mixto. Mercancías (Iron Ore Line) 32 t/eje y pasajeros hasta 130 km/h.
- Montaje en línea principal con tráfico real.
- Propietario y coordinador del tramo: Trafikverket.
- Gestor del tráfico: Autoridad Sueca de Transporte.
- Temperatura: -40°C y cubierto de nieve hasta Abril.
- Tiempo de posesión de la vía: 96 horas.
- Transición a balasto en ambos extremos.
- Longitud del tramo de prueba: 50 m.
- Subcontratista: BDX.
- Elastómeros proporcionados por Getzner (socio de proyecto)
- Periodo de prueba: 1 año (septiembre 2022- septiembre 2023).
- Prueba de montaje en junio de 2022.
- Componentes acopiados in situ 15 meses.

 Vysus Group



SISTEMA DE VÍA EN PLACA "3MB".

Montaje: preparación



SISTEMA DE VÍA EN PLACA “3MB”.

Montaje: instalación de capa de aislamiento



SISTEMA DE VÍA EN PLACA “3MB”.

Montaje: posicionamiento, alineamiento y nivelación



SISTEMA DE VÍA EN PLACA “3MB”.

Montaje: instalación de elementos de transición



SISTEMA DE VÍA EN PLACA "3MB".

Instalación: vertido de mortero en fijaciones y Sistema Pin



SISTEMA DE VÍA EN PLACA “3MB”.

Video mostrado en Innotrans 2022

Trafikverket and Shift2Rail
test Hybrid Track.



This project has received funding from the Shift2Rail Joint Undertaking (JU) under Grant Agreement No 101012456.



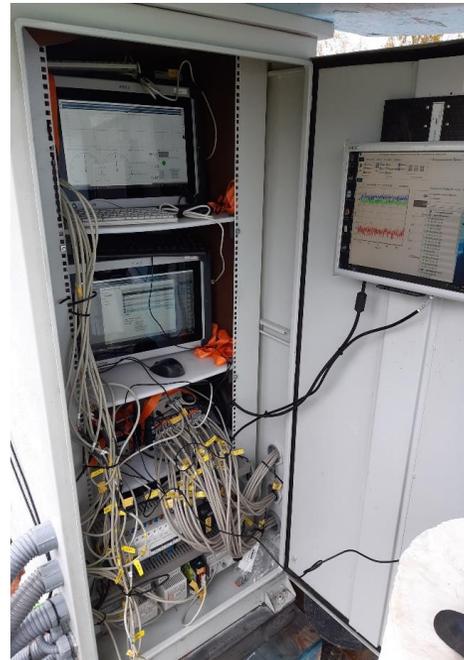
SISTEMA DE VÍA EN PLACA “3MB”.

Montaje: la vía entra en servicio a las 96 horas



SISTEMA DE VÍA EN PLACA "3MB".

Monitorización en remoto: galgas extensométricas y acelerómetros triaxiales.



Monitorización dinámica en 3 secciones:

- 2 acelerómetros uniaxiales en carril (H y V)
- 1 acelerómetro uniaxial en losa (V)
- 2 acelerómetros triaxiales en bloque

Monitorización estructural en 6 losas y 10 bloques

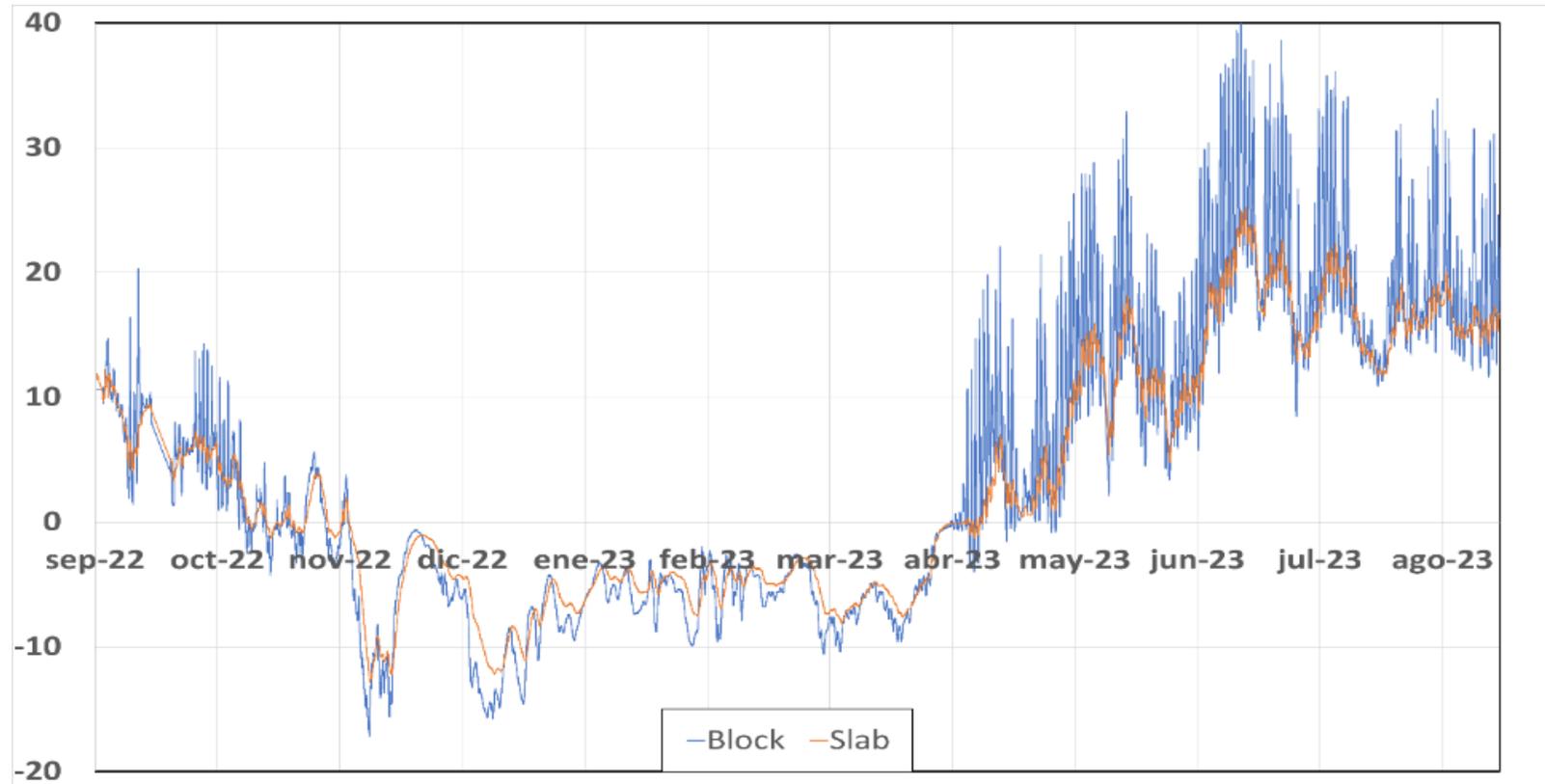
- 7 galgas por losa (flexión y cortante)
- 2 galgas por bloque (tensión en tirantes)

Sonda de temperatura en bloque y losa

Sistema de acceso remoto a datos con subida de datos a la nube

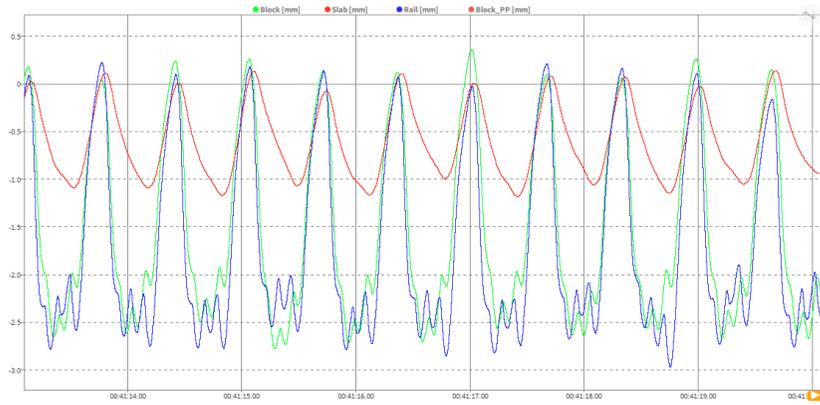
SISTEMA DE VÍA EN PLACA "3MB".

Registro de temperaturas en bloque y losa

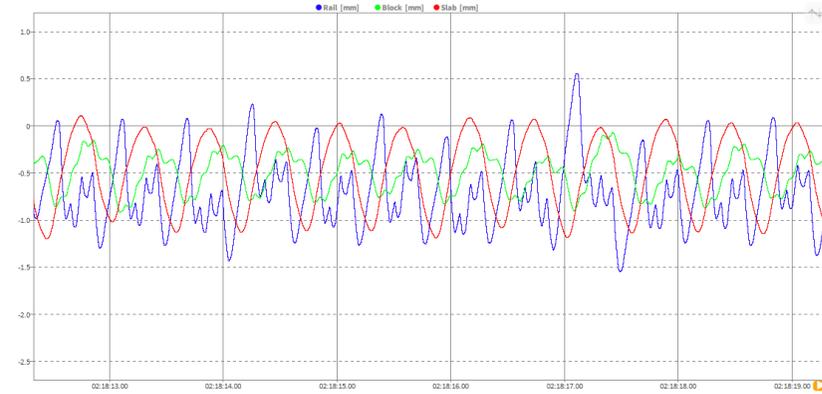


SISTEMA DE VÍA EN PLACA "3MB".

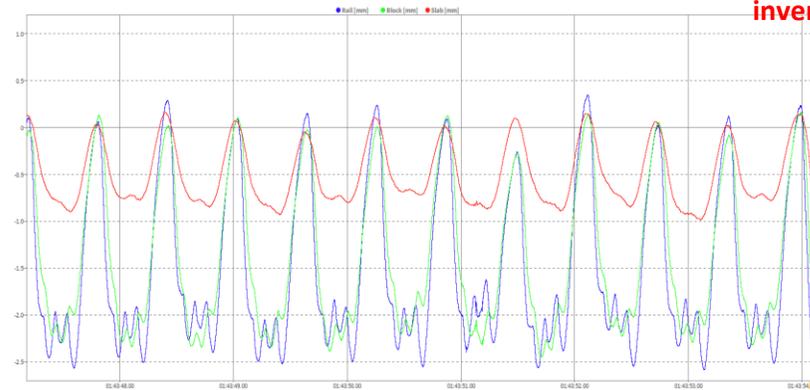
Desplazamientos en losa, bloque y carril bajo tráfico pesado (32t/eje).



Comportamiento base



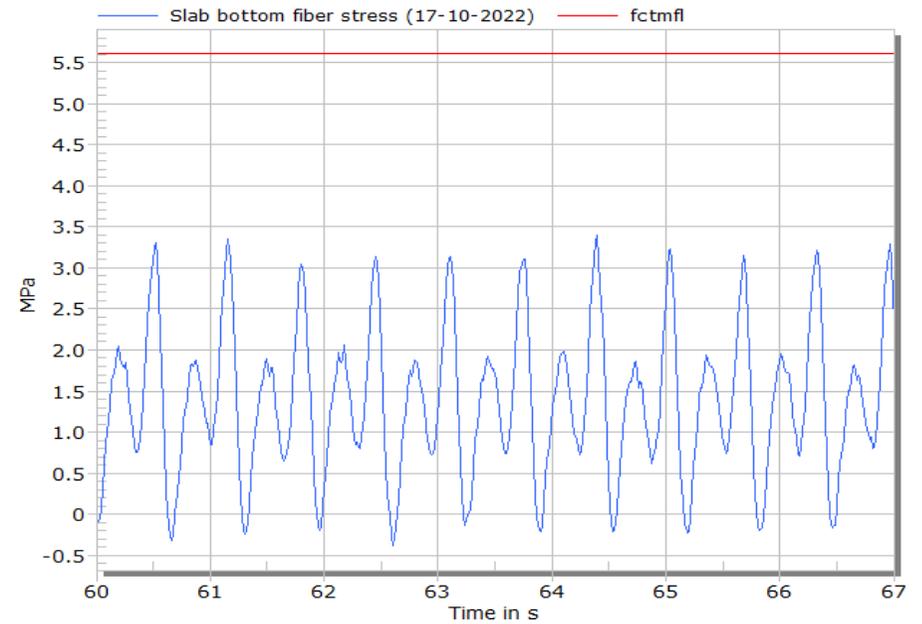
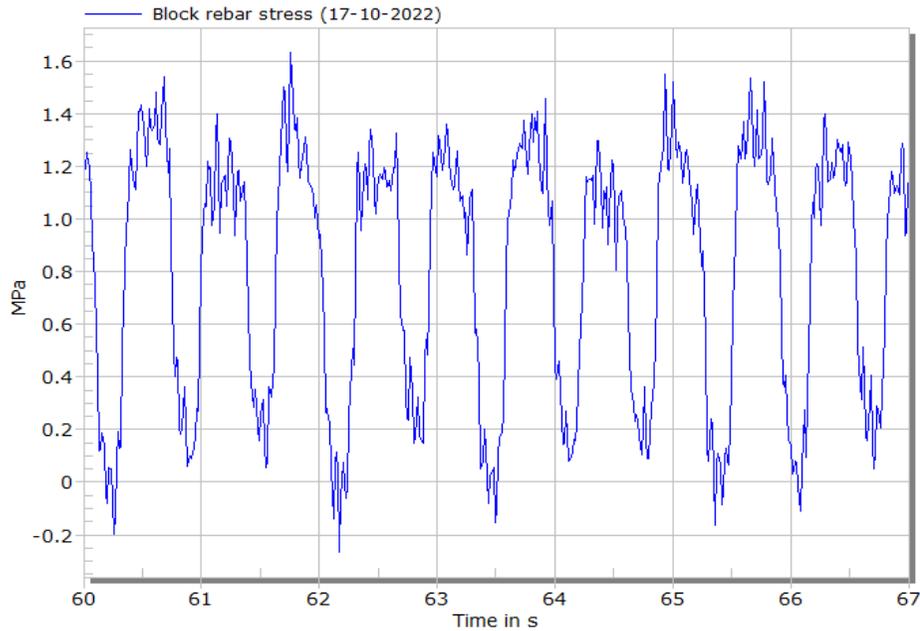
**Comportamiento
inernal**



Comportamiento tras deshielo

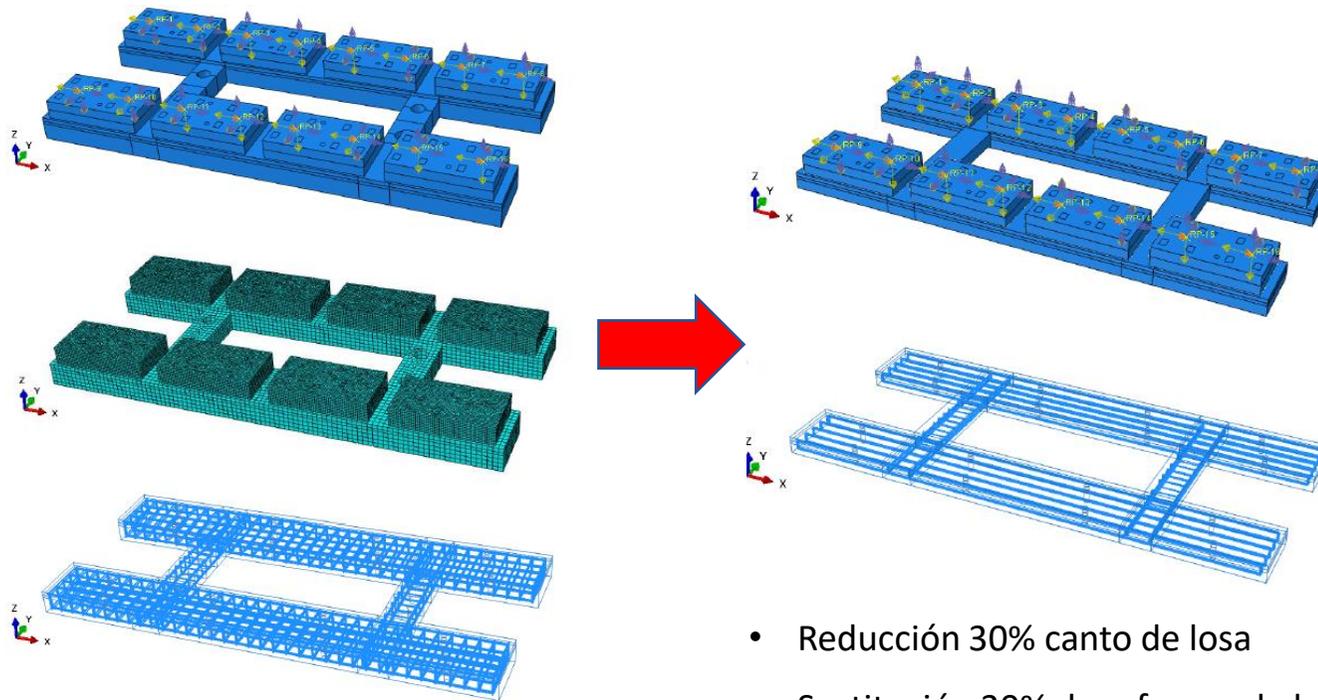
SISTEMA DE VÍA EN PLACA "3MB".

Respuesta estructural de bloque y losa.



SISTEMA DE VÍA EN PLACA "3MB".

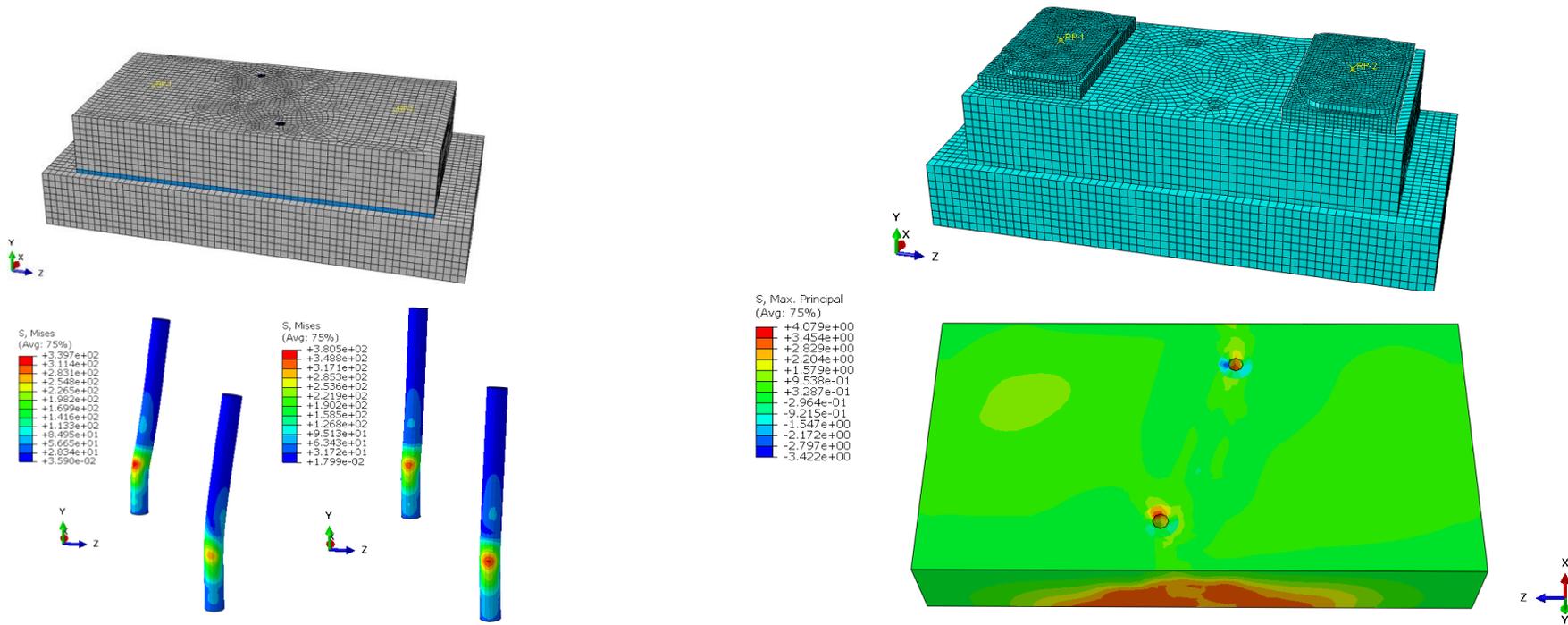
Optimización numérica de componentes (I)



- Reducción 30% canto de losa
- Sustitución 30% de refuerzo de losa por fibra de acero

SISTEMA DE VÍA EN PLACA "3MB".

Optimización numérica de componentes (II).



Reducción Sistema Pin: M36 a M24

- Reducción 12,5% canto
- Sustitución del 100% de refuerzo por fibras de acero



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

¡Gracias por su atención!

Carlos Hermosilla Carrasco

Grupo OO.SS y FF.CC I+D+i Acciona Construcción



Granada, 17 Octubre 2024

Sub-balasto sostenible con capacidad de amortiguamiento para vías de ferrocarril de altas prestaciones

*Ponente: Oswaldo J. Guerrero Bustamante
(LabIC.UGR – U. Granada)*



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Subbalasto sostenible con capacidad de amortiguación para vías de ferrocarril de altas prestaciones.



Oswaldo Guerrero Bustamante

*Investigador Grupo LabIC
Universidad de Granada*

LABIC.UGR



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Granada, 17 Octubre 2024

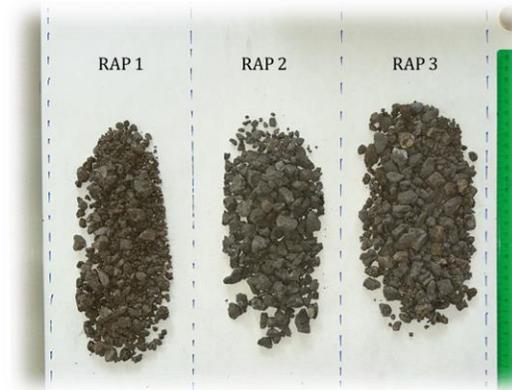
I. Introducción

II. Objetivos

III. Metodología

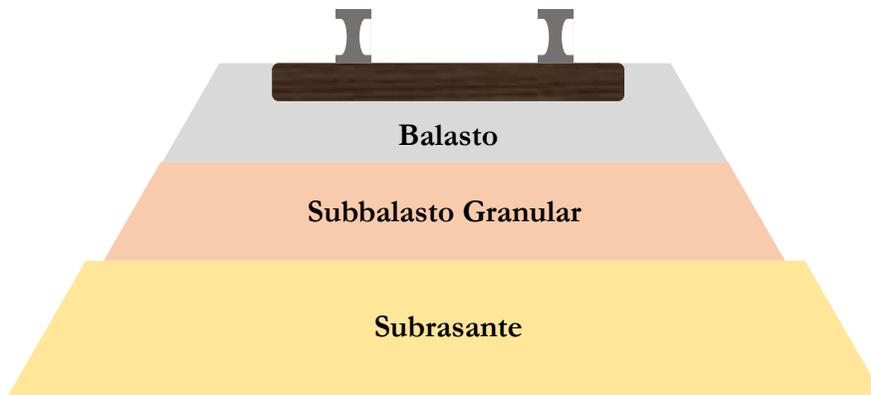
IV. Resultados

V. Conclusiones





Desarrollo de materiales de **altas prestaciones mecánicas y funcionales** con marcado **carácter sostenible**



Ventajas ↑

- ✓ Protección de áridos.
- ✓ Aumento de la **impermeabilidad** de las capas.
- ✓ Mejor **distribución de cargas**.

Desventajas ↓

- ✓ Consumos de **materias primas y energía**.
- ✓ **Emisiones** de gases de efecto invernadero.
- ✓ **Mayores costes**.

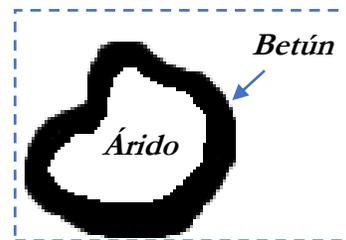
MASAI



< 140 °C



< 15% - 30%
CO₂
NO_x



RAP
> 20%



< 25%

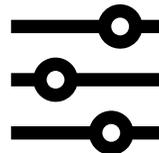


Desarrollo de **subbalasto sostenible con propiedades antivibración** para su uso en infraestructuras ferroviarias.



Capacidad de ajustar

Capacidad Portante



Amortiguamiento

E1

Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



E2

Diseño de ECO-Subbalasto:

Materiales bituminosos sostenibles, de alta durabilidad y anti-vibración



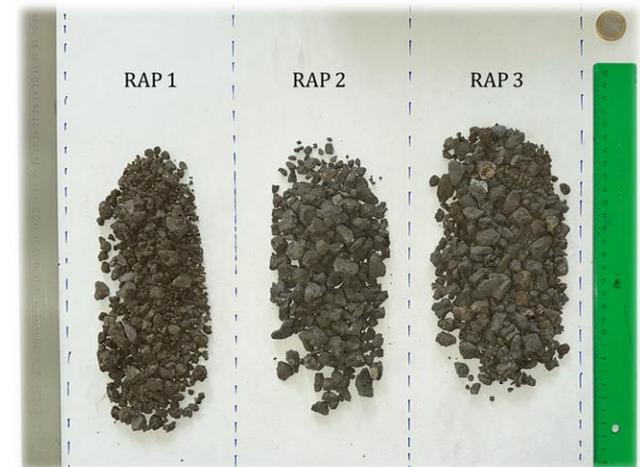
E3

Comportamiento a Escala Real



E1

Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular

**Material Granular**

E1

Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



E1

Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



E2

Diseño de ECO-Subbalasto:

Materiales bituminosos sostenibles, de alta durabilidad y anti-vibración



Subbalasto Granular



Subbalasto Bituminoso



ECO-Subbalasto
Material Bituminoso

E1

Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



E2

Diseño de ECO-Subbalasto:

Materiales bituminosos sostenibles, de alta durabilidad y anti-vibración



Inclusión de caucho

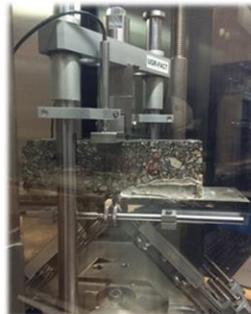


Tª compactación



Tipo ligante

Tipo de Filler



E1

Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



E2

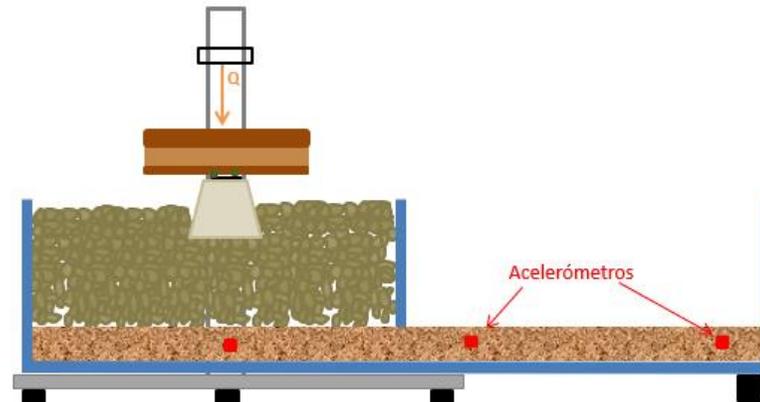
Diseño de ECO-Subbalasto:

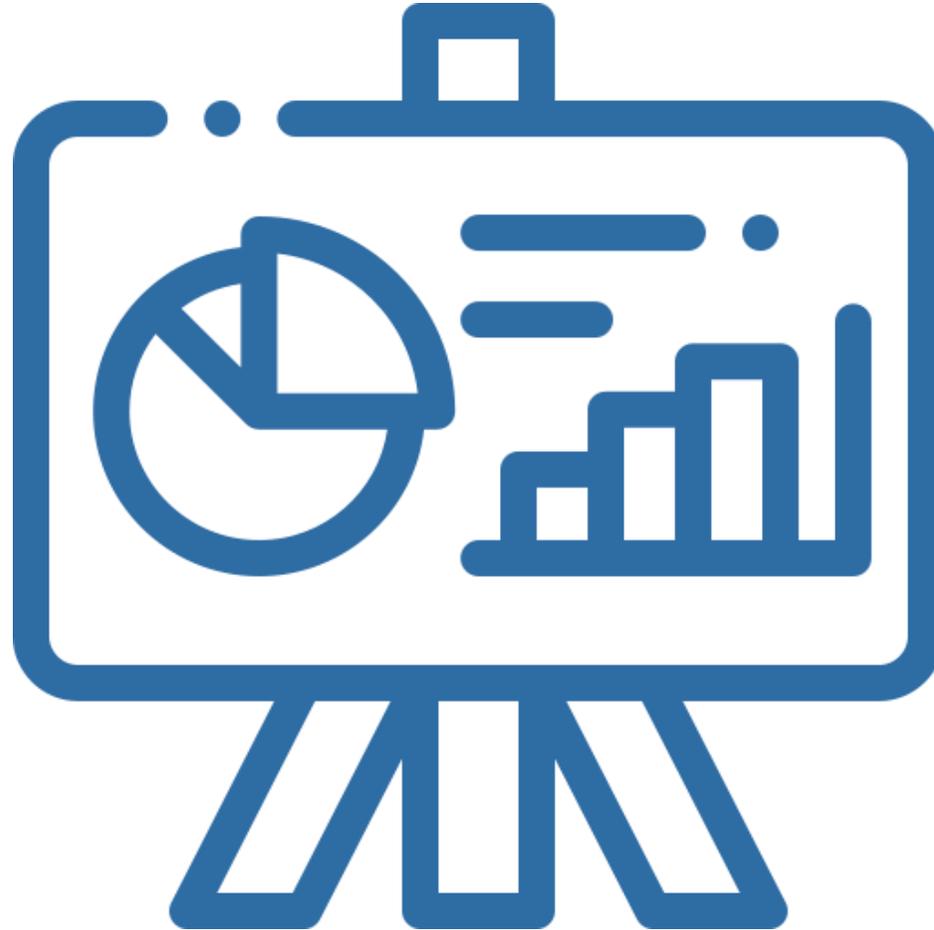
Materiales bituminosos sostenibles, de alta durabilidad y anti-vibración



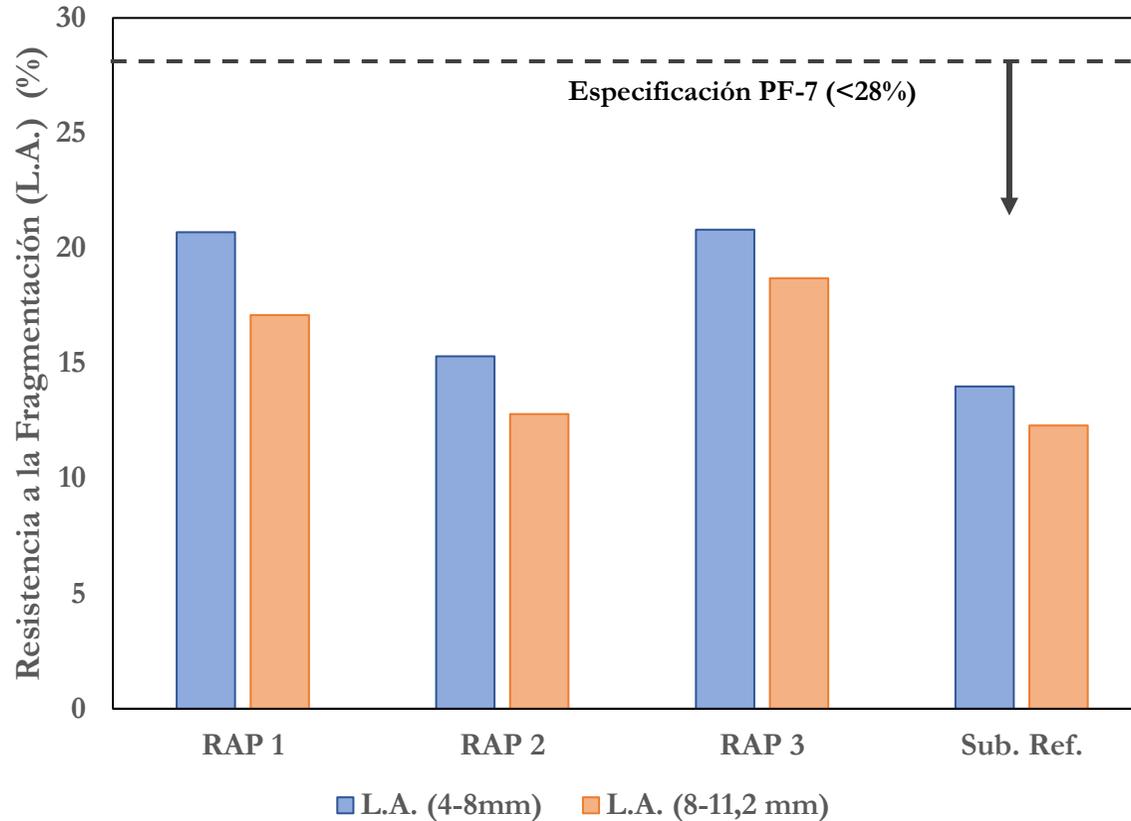
E3

Comportamiento a Escala Real

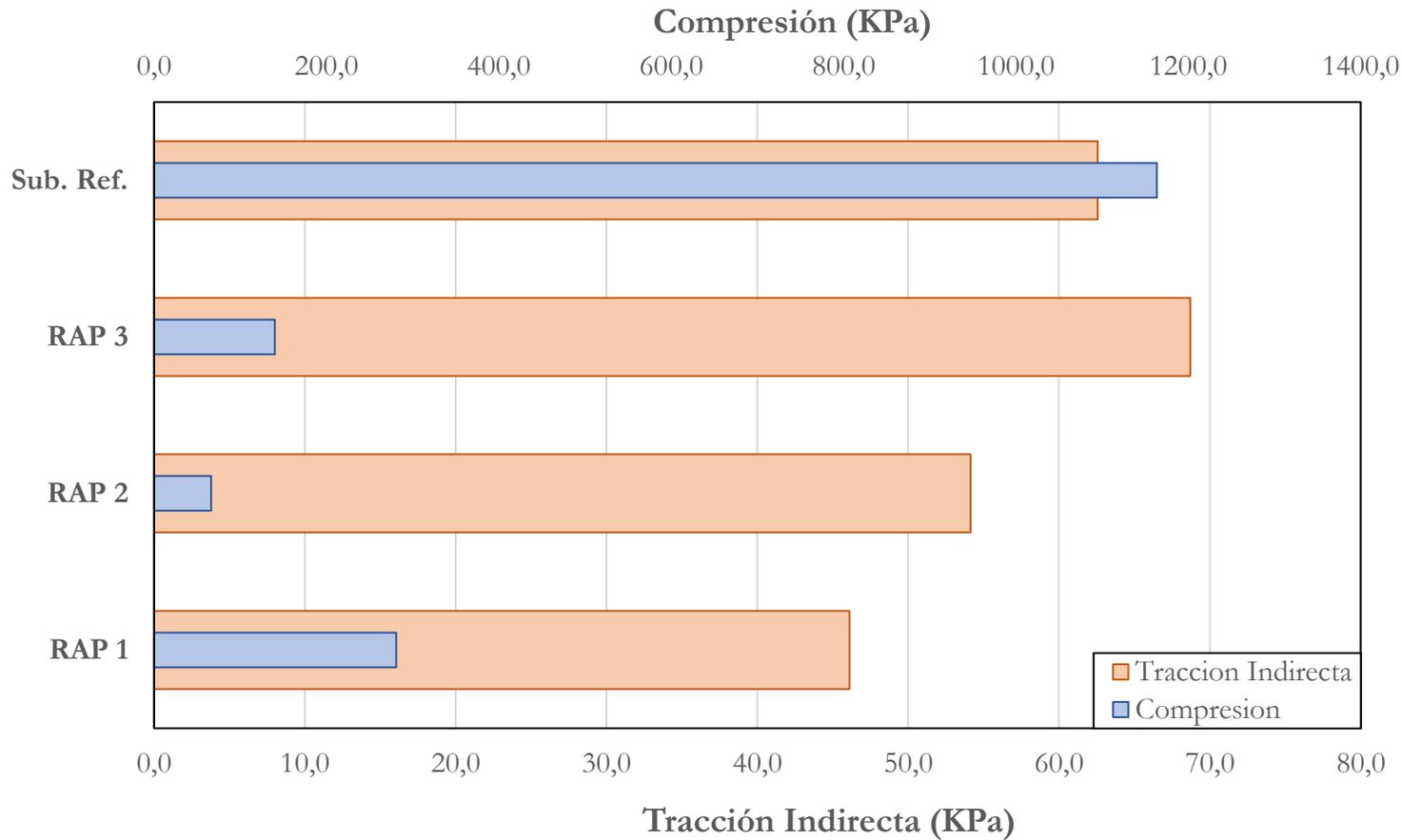




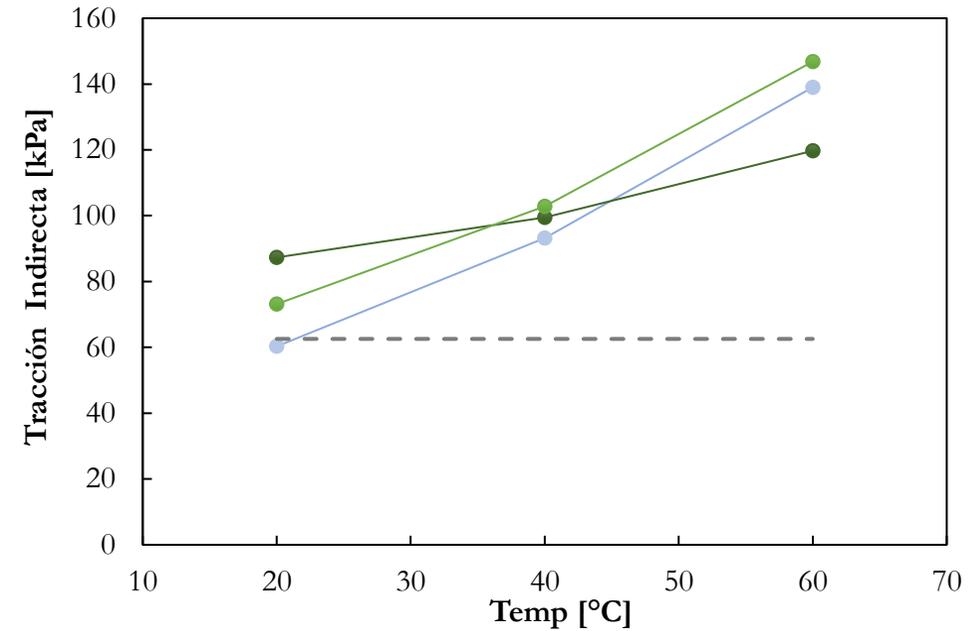
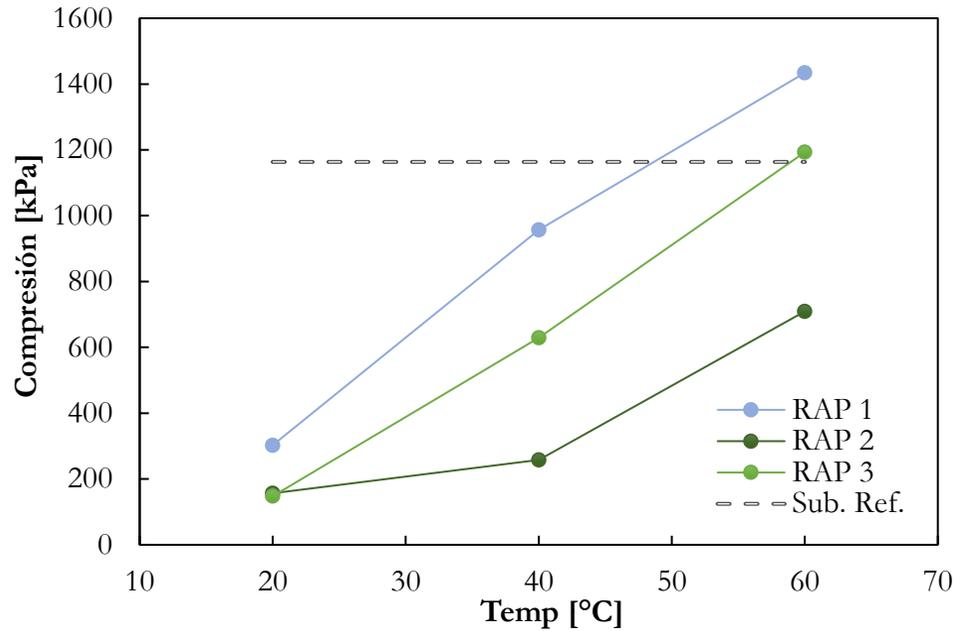
Etapa 1: Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



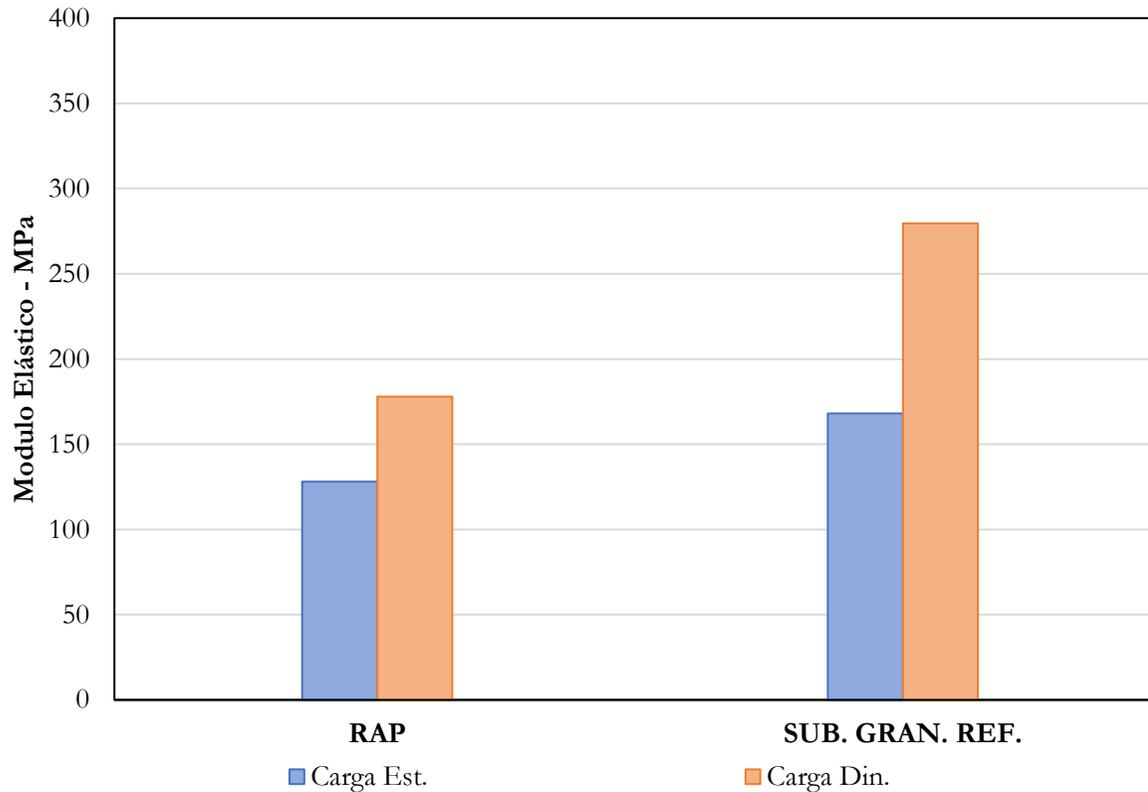
Etapa 1: Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



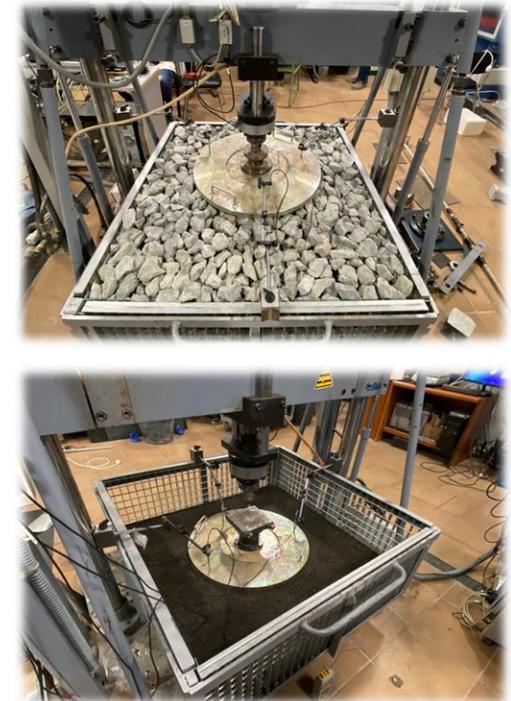
Etapa 1: Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



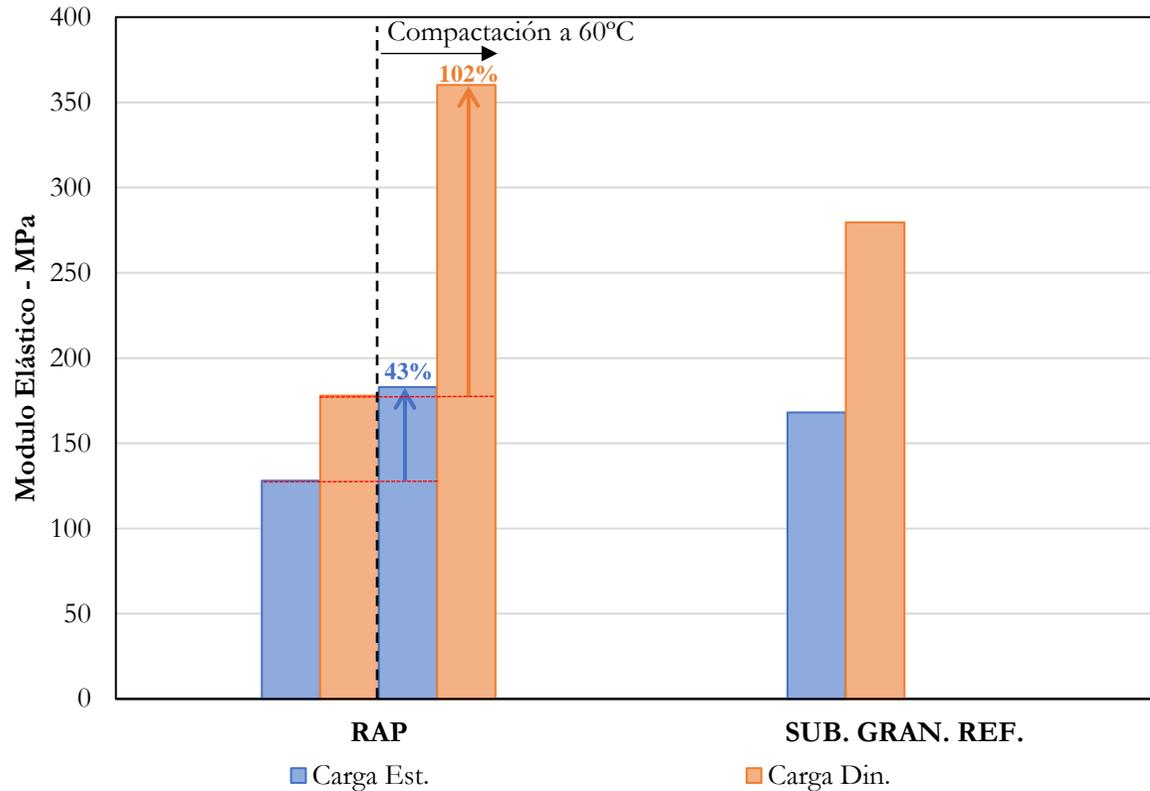
Etapa 1: Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



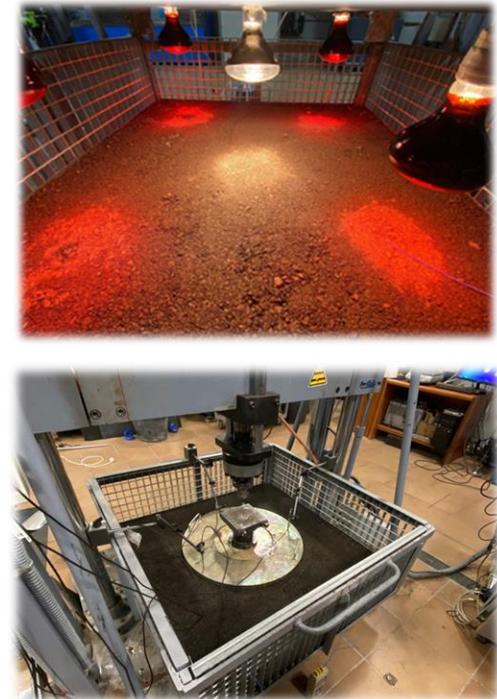
Placa de carga D = 600mm



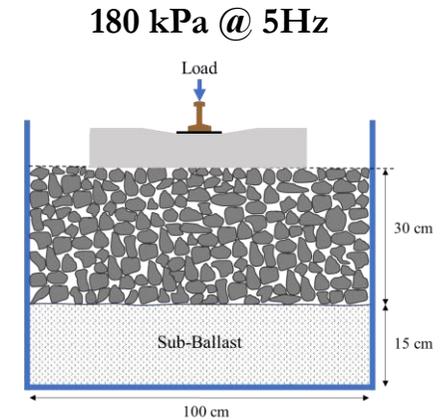
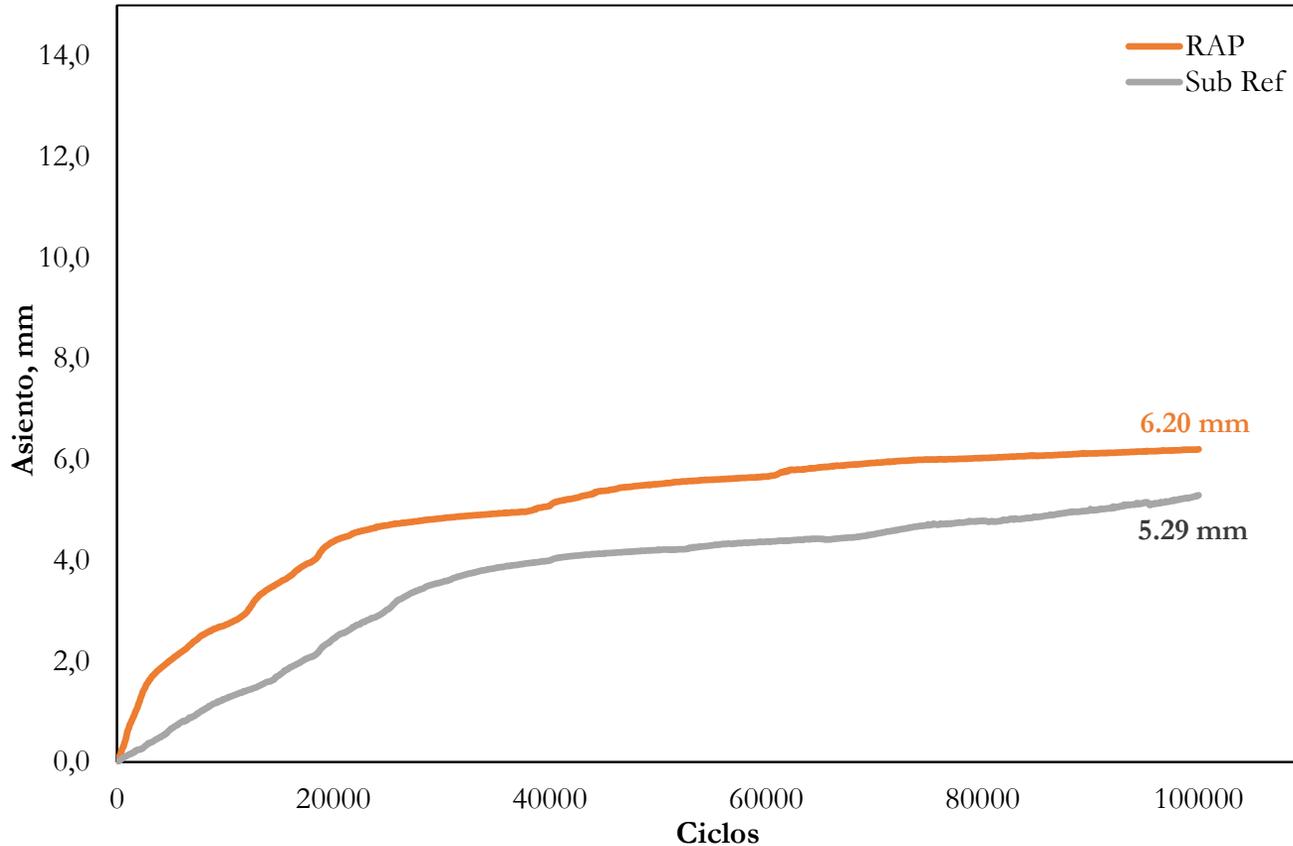
Etapa 1: Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular



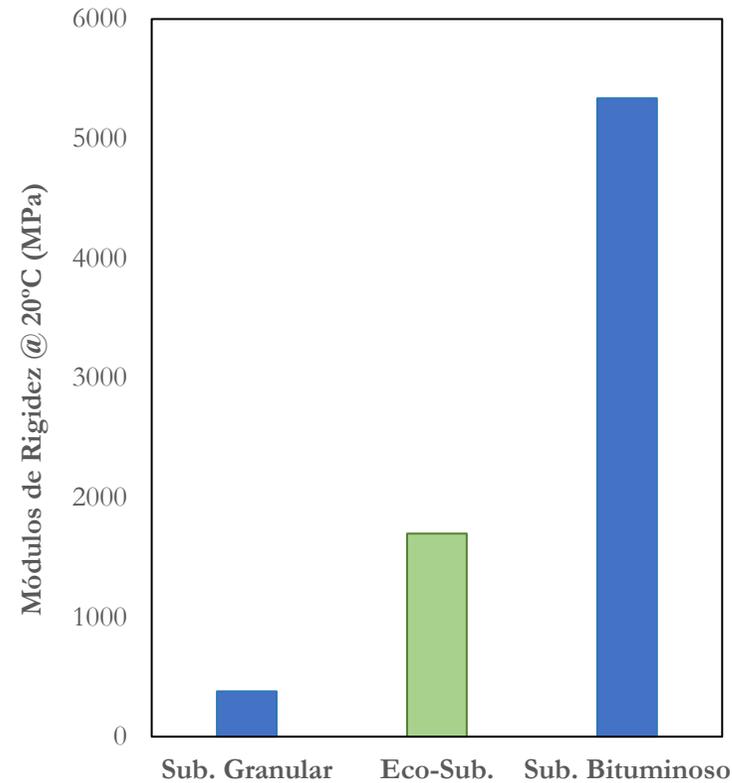
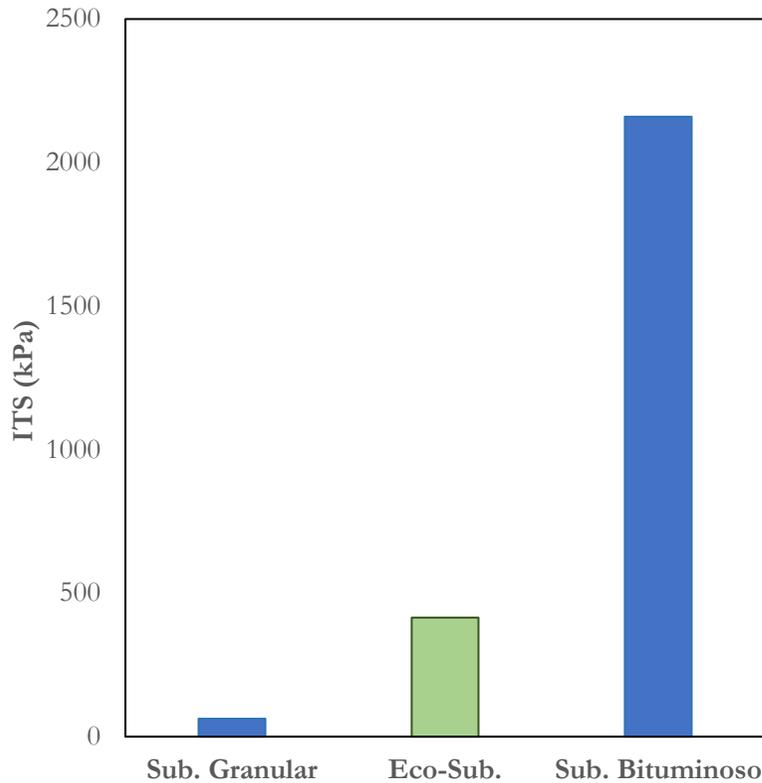
RAP Compactado a 60°C
Calentado con lámparas infrarrojas
250W



Etapa 1: Viabilidad de usar RAP como áridos en capa de sub-balasto granular

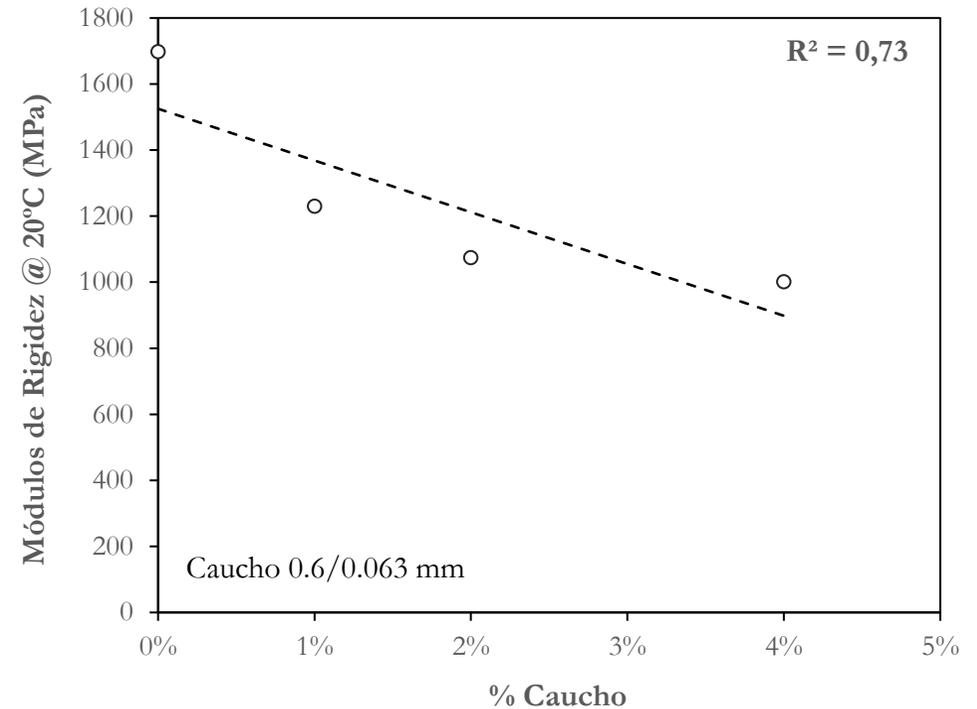
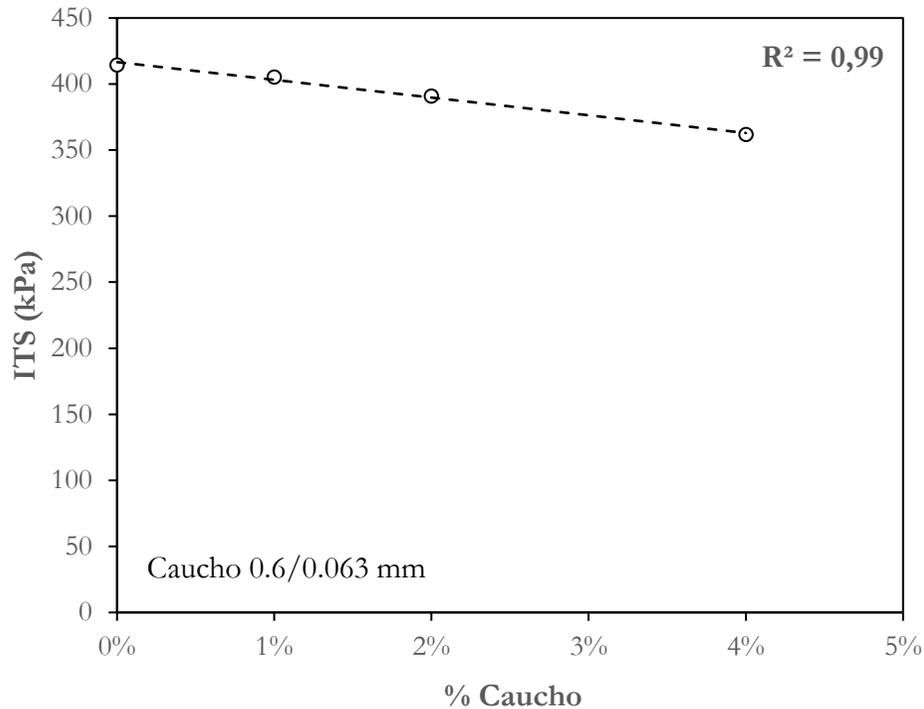


Etapa 2: Diseño de ECO-Subbalasto: Mezclas Bituminosas



Etapa 2: Diseño de ECO-Subbalasto: Mezclas Bituminosas

Influencia del Contenido de Caucho





El RAP utilizado en esta investigación mostró **características físicas y mecánicas** adecuadas para su uso como **subbalasto granular en FF.CC.**

La **compactación a temperaturas ambientales altas** mejora el **comportamiento mecánico** del RAP gracias a la capacidad de adhesión de la película de betún reciclado que recubre los agregados.

El uso de RAP como subbalasto ofreció una **capacidad portante y resistencia comparable al subbalasto de alto rendimiento.**

Las **mezclas bituminosas sostenibles** presentan una **mejora en la resistencia mecánica** en comparación con el **subbalasto granular.**



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Oswaldo Guerrero Bustamante

Laboratorio de Ingeniería de la Construcción Universidad de Granada

oswaldoguerrero@ugr.es

LABIC.UGR



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Prolongación de la vida útil de la superestructura ferroviaria y atenuación de vibraciones mediante el uso de elastómeros innovadores

Ponente: Alberto Pérez Ortolá

(Calenberg Ingenieure – Schwihag Ibérica)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Prolongación de la vida útil de la infraestructura ferroviaria y atenuación de vibraciones mediante el uso de elastómeros innovadores

Alberto Pérez Ortolá

Gerente SCHWILHAG Ibérica. Representantes de CALENBERG

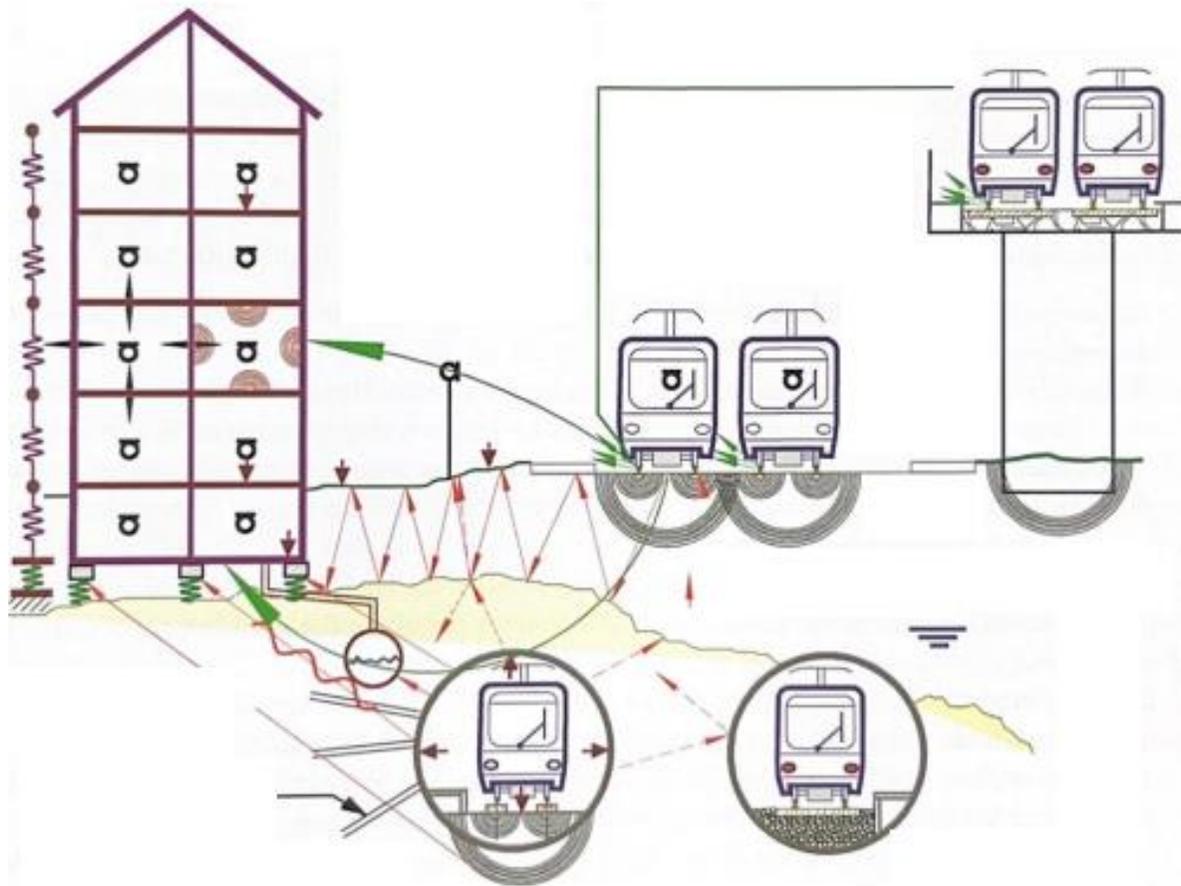


Granada, 17 Octubre 2024

INDEX

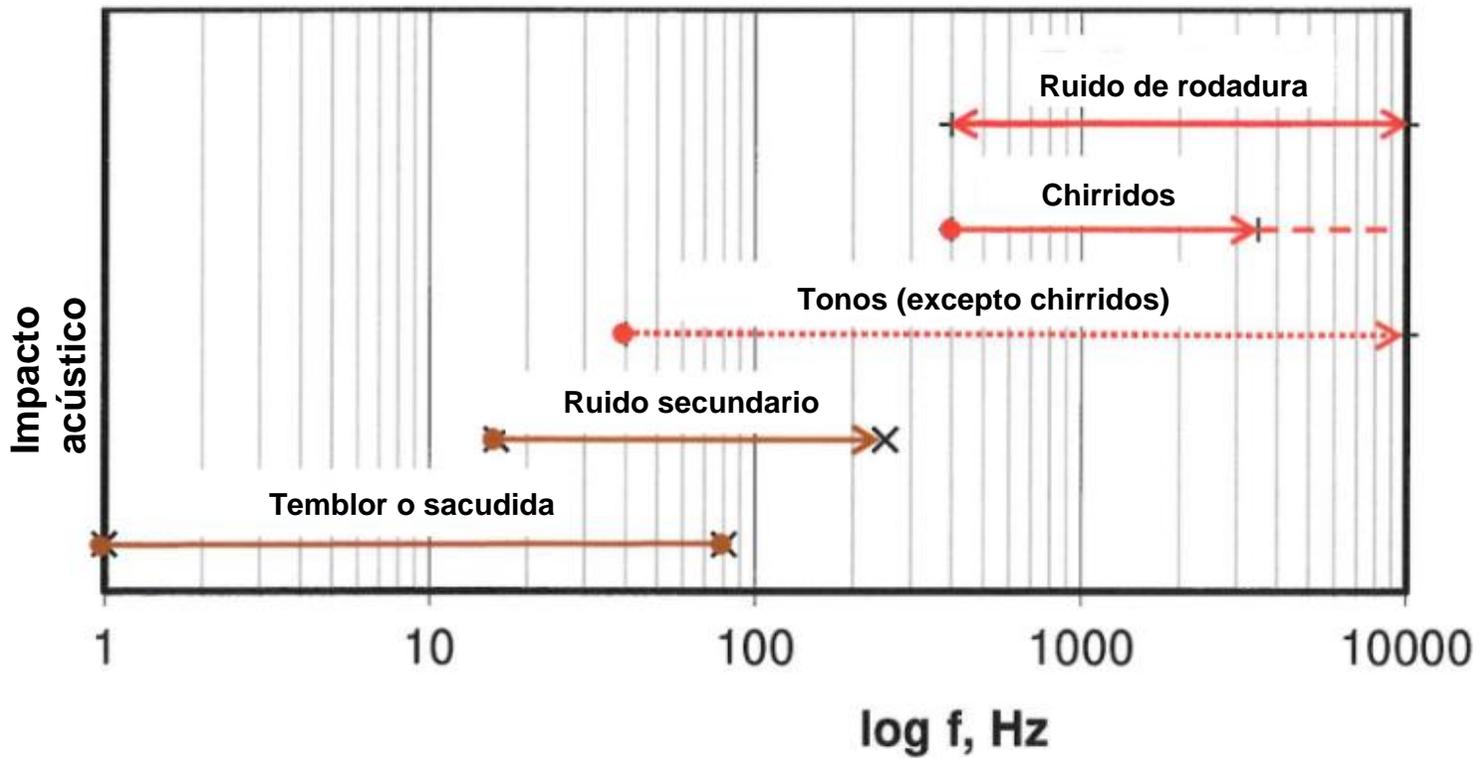
1. Generación de ruido y vibraciones
2. Rangos de frecuencia e impacto acústico
3. Principio físico de las medidas de atenuación de vibraciones
4. Componentes elásticos en la superestructura ferroviaria
5. Aplicación práctica: Caso Nieuwegein, Utrecht (Países Bajos)

1. Generación de ruido y vibraciones



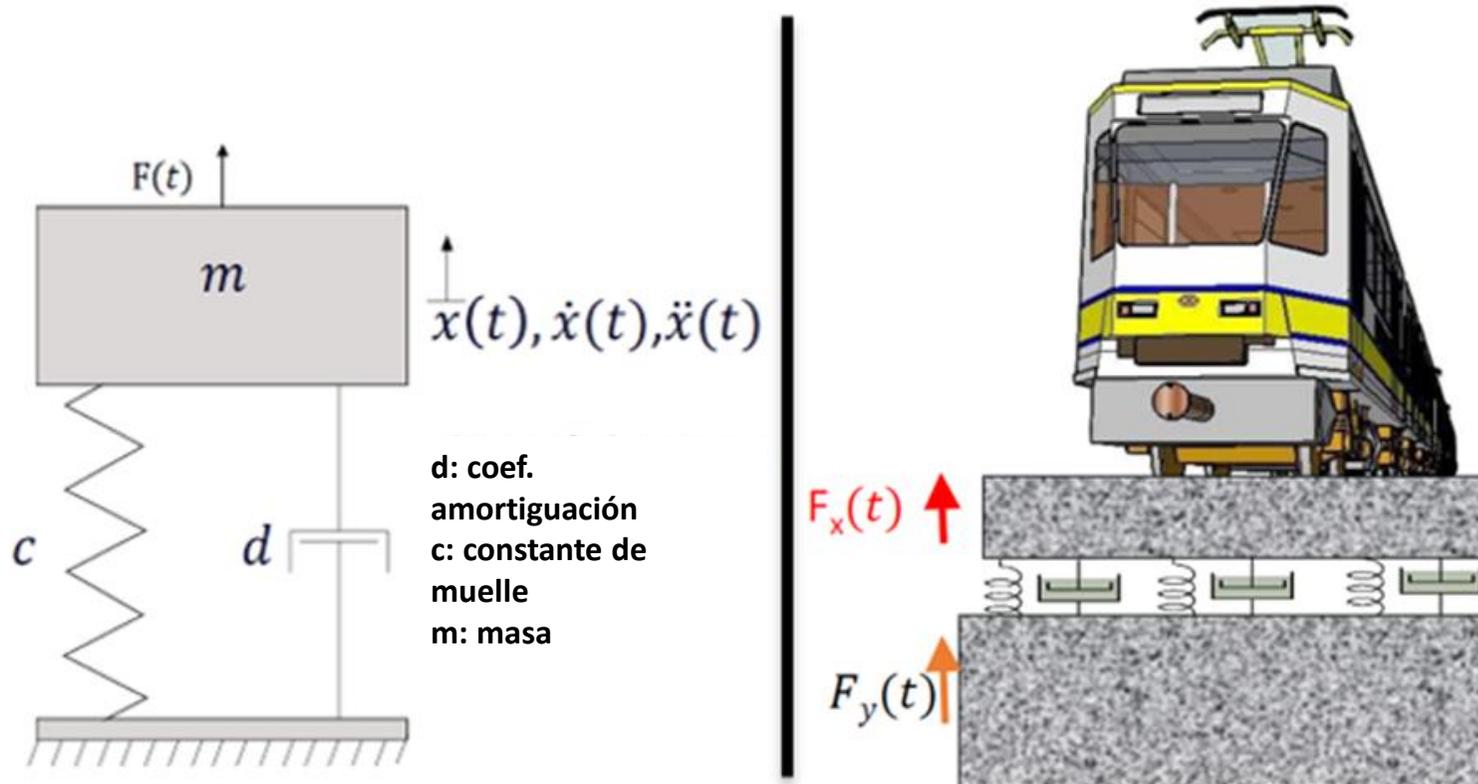
-  Medición de ruido
-  Medición de vibraciones

2. Rangos de frecuencia e impacto acústico



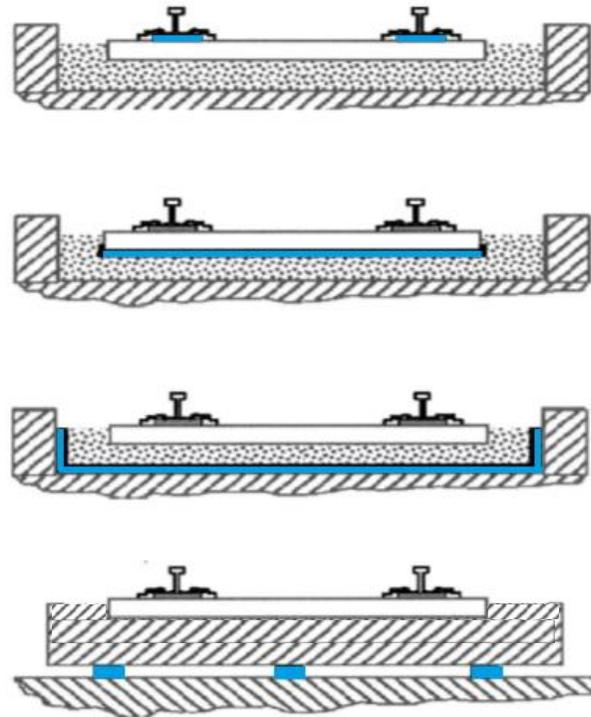
Rangos de frecuencia para diferentes tipos de inmisiónes en sistemas ferroviarios

3. Principio físico de las medidas de atenuación de las vibraciones



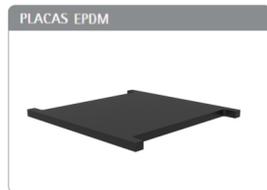
Modelo físico simplificado

4. Componentes elásticos en la superestructura ferroviaria



Elasticidad en la superestructura ferroviaria

4. Componentes elásticos en la superestructura ferroviaria



Fijaciones (carril)



Manta bajo balasto / losa



Productos especiales

5. Aplicación práctica: Caso Nieuwegein, Utrecht (Países Bajos)

Nieuwegein, Utrecht (Países Bajos)

Proyecto de referencia : Nieuwegein, Utrecht

- Zona urbana densamente poblada
- Estudio de vibraciones dictaminó la necesidad de un sistema con $F_{nat}=10\text{Hz} \pm 1$

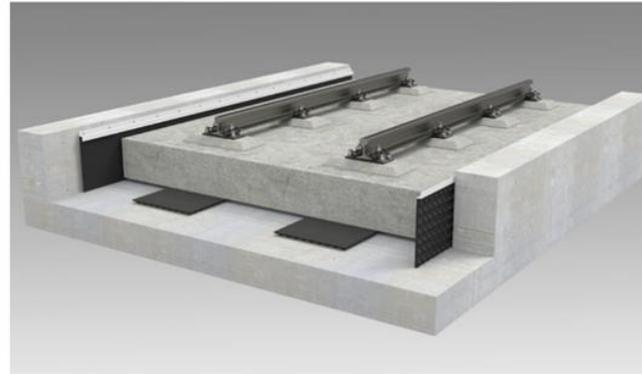
5. Aplicación práctica: Caso Nieuwegein, Utrecht (Países Bajos)

Proyecto Utrecht – Losa flotante con manta USM 1000 (bicapa).

Full-surface elastic support



Strip-shaped elastic support

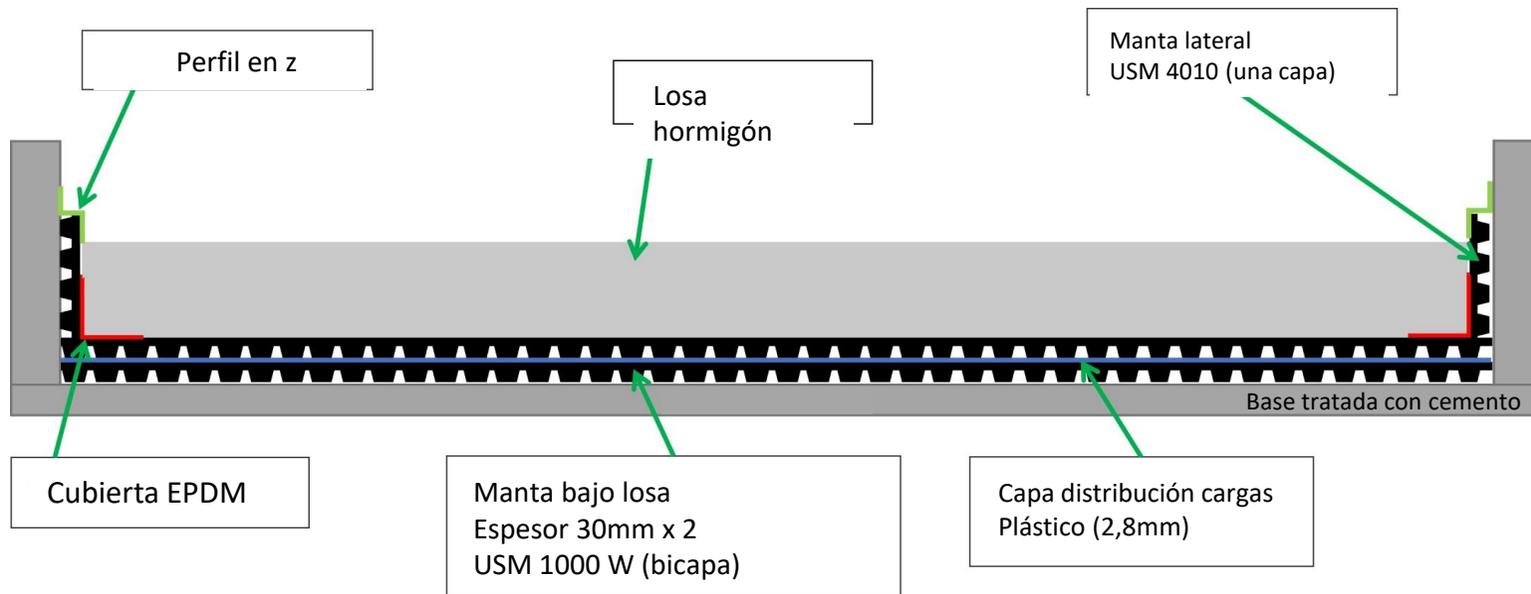


Point-shaped elastic support



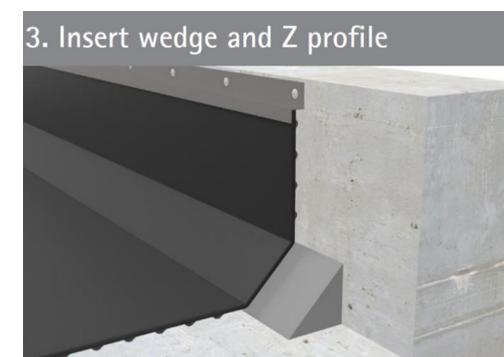
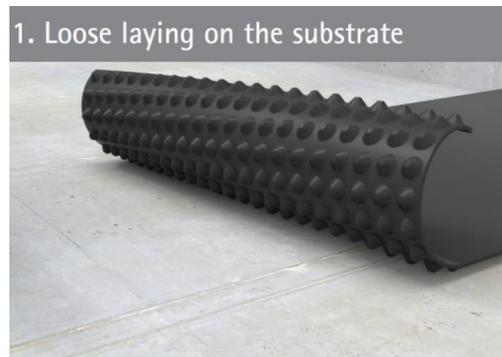
5. Aplicación práctica: Caso Nieuwegein, Utrecht (Países Bajos)

Proyecto Utrecht – Losa flotante con manta USM 1000 (bicapa).



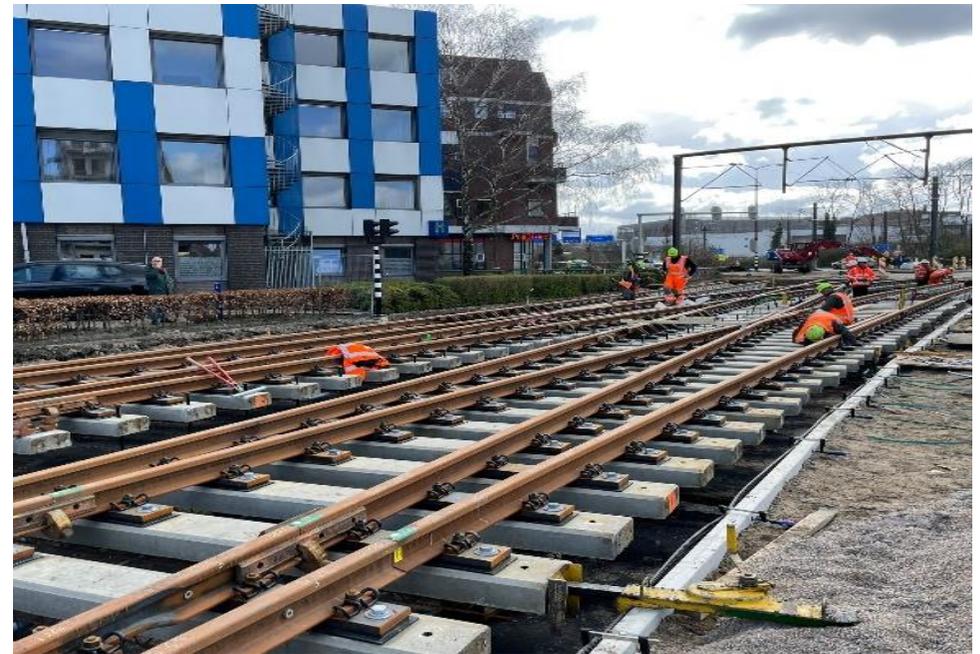
5. Aplicación práctica: Caso Nieuwegein, Utrecht (Países Bajos)

Proyecto Utrecht – Losa flotante con manta USM 1000 (bicapa).

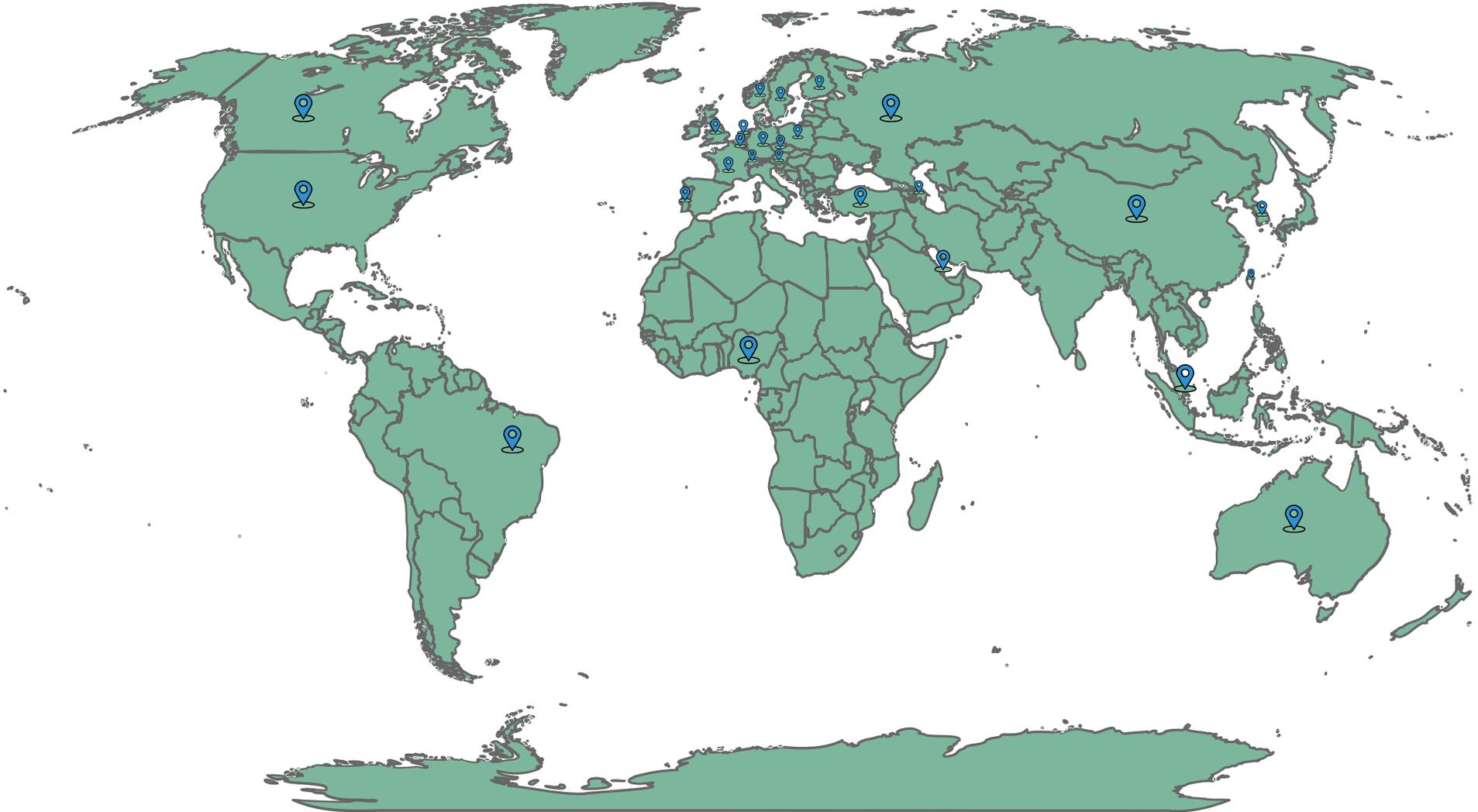


5. Aplicación práctica: Caso Nieuwegein, Utrecht (Países Bajos)

Proyecto Utrecht – Losa flotante con manta USM 1000 (bicapa).



6. CALENBERG



Sistema Calmmoon Rail: Reducción de ruido aéreo ferroviario

Ponente: Guenther Koller (SEKISUI)



Sistema Calmmoon Rail

Reducción ruido aéreo ferroviario



Dr. Günther Koller

Koocoo Technology & Consulting GmbH

Granada, 17 Octubre 2024



RAILWAY TECHNOLOGY

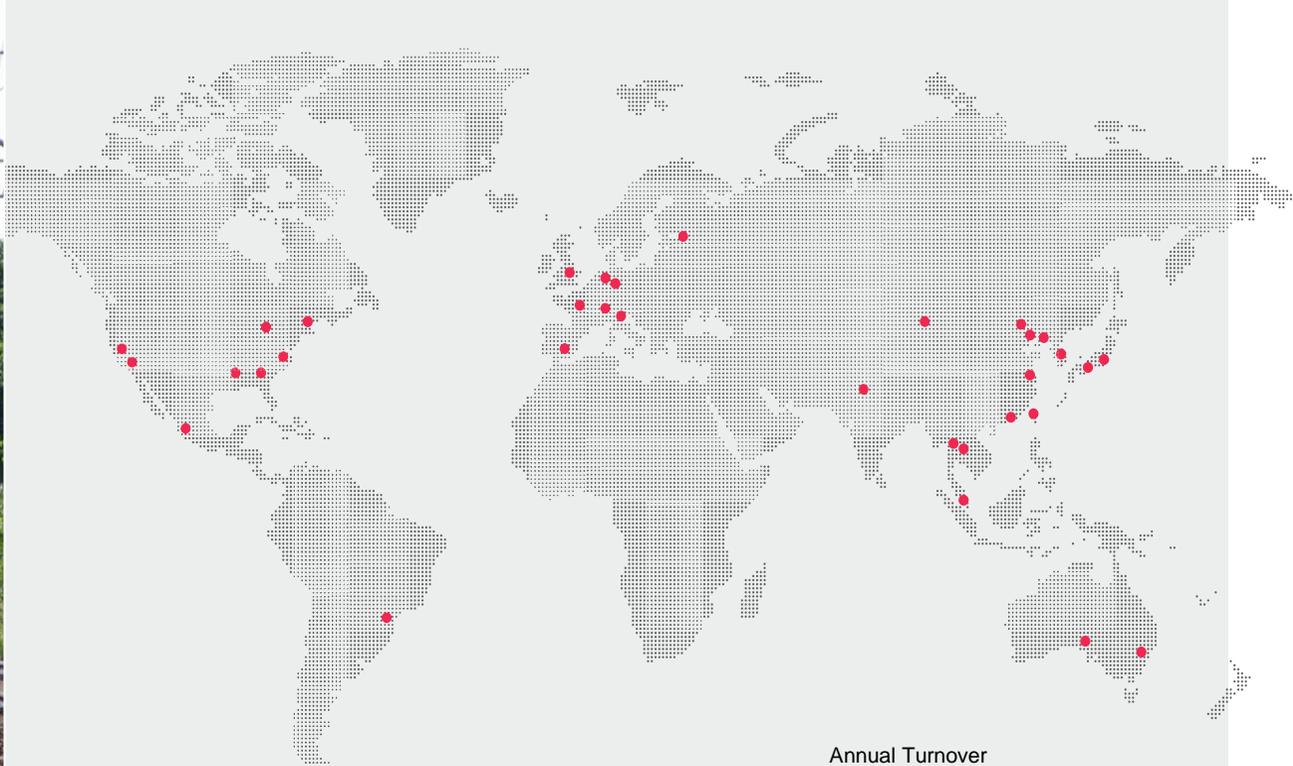
State of the Art

Calmmoon Rail Rail Web Shielding

I+D+i en Materiales y Tecnologías para la Construcción y Mantenimiento de Infraestructuras Ferroviarias – Granada-Spain – October 2024

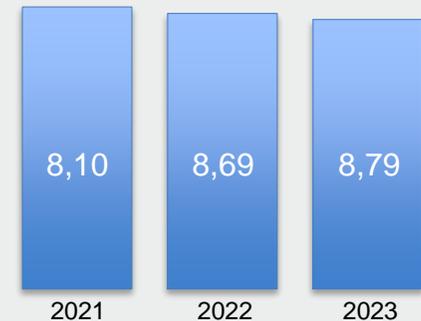
SEKISUI





Over 75 years leading manufacturer of synthetic products
Worldwide more than 200 subsidiaries
Approx. 27,000 employees

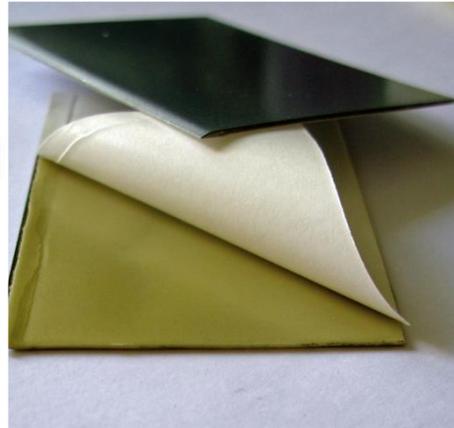
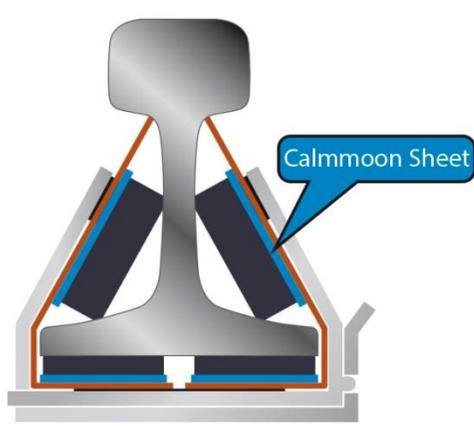
Annual Turnover
SEKISUI Chemical Co. Ltd.
[Billion €] 1€= 143Yen



SEKISUI Chemical Co., Ltd.

SEKISUI

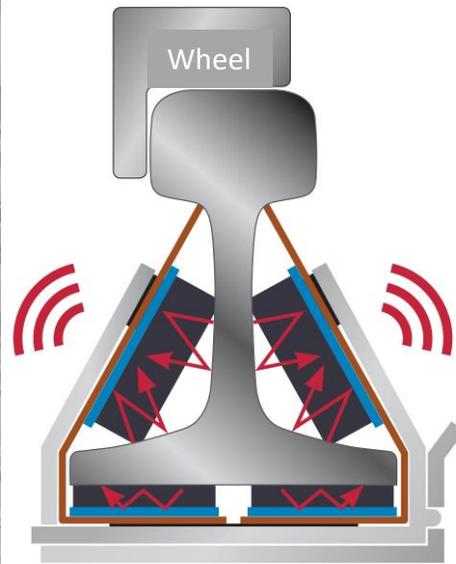




Technology

- Cover - galvanised steel sheet
 - Specialised form and fixing points
- Calmmoon Sheet – optimized chemical noise reduction
- Noise absorbing foam
- 2No. clip fastenings in each crib between sleepers
- Mass 4kg per meter of Calmmoon rail
- For use with all rail profiles
- No influence on rail vibration TDR
- Specially developed to reduce rail noise emission

Calmmoon Rail - Technology



Mode of operation

Cover – galvanised steel sheet

- Reduces the rail noise radiation

Foam

- Reduces the reflected noise from the rail web

Calmmoon Technology

- Reduction of cover vibration
- Reduction of rail noise radiation
- Transforms noise energy into “heat“ energy

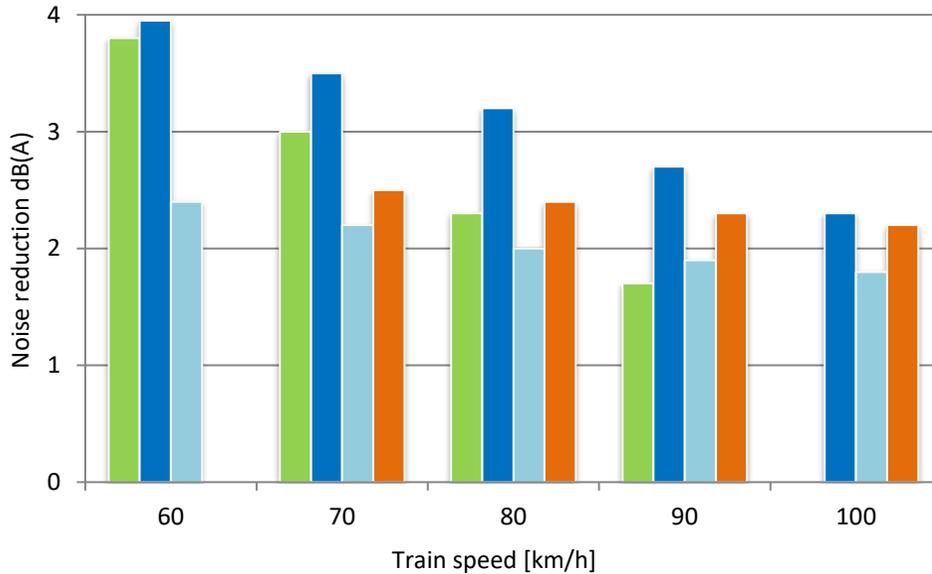
Air interspace

- Several noise reflections between Calmmoon Rail and the rail

Calmmoon Rail – Mode of operation



- freight trains [dB(A)]
- ÖBB S-train - class 4020 [dB(A)]
- ÖBB regional doubledeck train - class 8033 [dB(A)]
- ÖBB S-train - class 4024 [dB(A)]



Long-term measurement Deutsch Wagram

- Spring/Summer 2009
- 3 month track trial by ÖBB
- 2,615 train passes measured
- TDR [500 – 2000 Hz] 3.5dB/m
- Noise attenuation of railway noise was between 2 and 4dB
- ÖBB –Austrian Federal Railways



Anlage 1 zu Bauvertrag



Vertraglich geschuldetes Bausoll zu Vorhaben TEI-M-B-520/11/274474
KP Lärm B Mainz und Koblenz, Einbau Schienenstegbedämpfer im Moseltal / Rheintal auf den
Strecken 2630, 3010 und 3507, Lose 1 bis 5

In der vorliegenden Ausschreibung beabsichtigt die DB Netz AG innovative Lärmschutzsysteme in den Ortsdurchfahrten Nr. 98 (Löf), 94 (Braubach), 95 (Kaub), 93 (Rhens), 103 (Lorch) einzubauen und zu testen. **Der dabei zu erzielende Reduktionswert der Schallemission muss ≥ 2 dB(A) betragen.** Dieser Wert wird durch eine dokumentierte Messung (Vorher-Nachher Messung) nach festgelegtem Schema im unmittelbaren Baufeld durchgeführt. Ergibt diese Messung weniger als die geforderten ≥ 2 dB(A) wurde der geschuldete Werkerfolg nicht erreicht und das Produkt ist in einem vom AG bestimmten Zeitraum wieder auszubauen. Der AN erhält weder für den erfolgten Einbau noch den Ausbau eine Vergütung. Interne Kosten welche aufgrund des Ausbaus der SSB entstehen gehen zu Lasten des AN.

Um den Werkerfolg für Schienendämpfer (SSD) größer 2 dB(A) zu garantieren, sind folgenden Randbedingungen und Nachweisführungen vom AN zu erfüllen. Das Gleis muss vor Einbau der SSD eine vertikale TDR (Gleisabklingrate) aufweisen, die im Mittel für die Terzfrequenzen 500 Hz bis 2 kHz kleiner 2 dB/m (DeziBel pro Meter) beträgt.

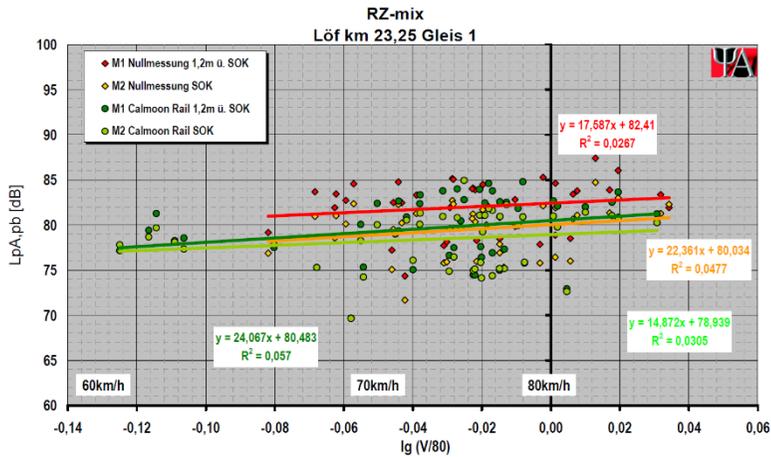
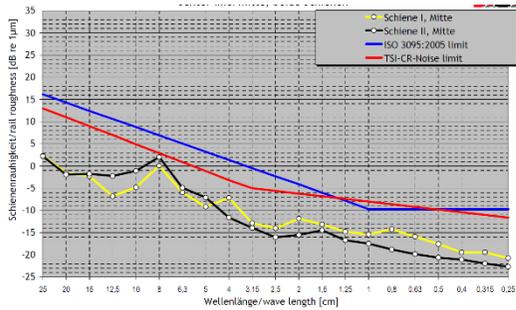
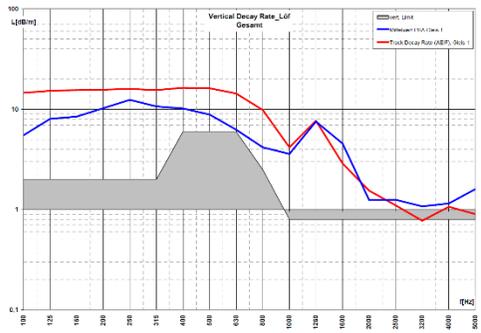
Hierzu ist eine normgerechte (EN 154610:2008) vertikale TDR-Messung einer Schiene vor dem SSD-Einbau durchzuführen.

Terms & Conditions of Contract

- Railway noise attenuation must be ≥ 2 dB(A)
- Experience from noise attenuation measurements with rail dampers:
 - Vertical TDR [500 – 2000 Hz] must be less than 2dB/m
 - If TDR is in this range then 2dB(A) noise attenuation achievable

Field test

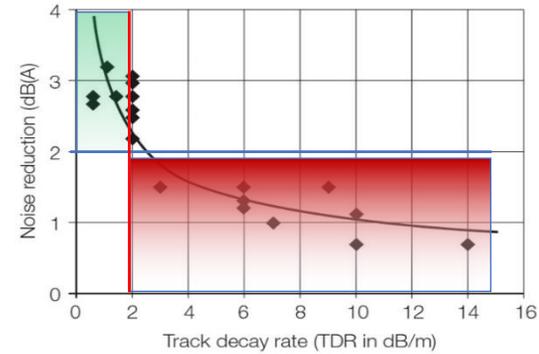
Löf/Mosel 2011 – Project of DB AG



Measurement results noise

- average vertical **TDR** [500 – 2000Hz] AEIF = **8.1dB/m**
 - Measured TDR was bigger than required 2dB/m
- Rail roughness below ISO and TSI standards

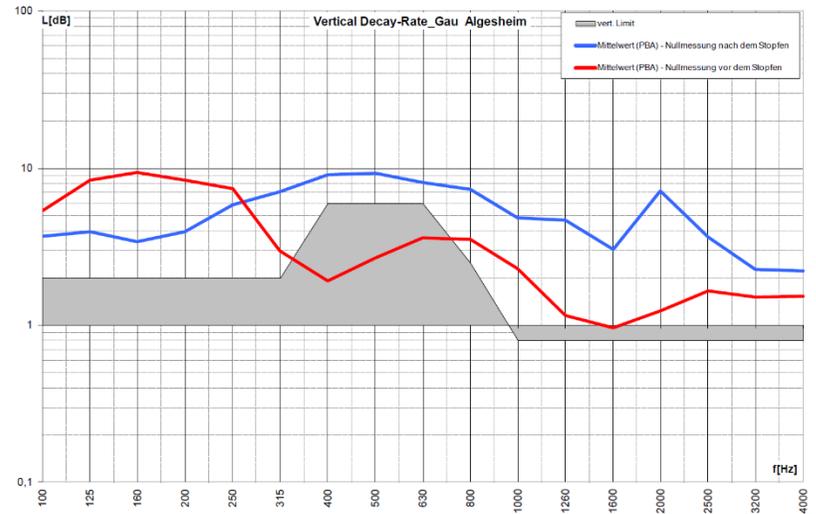
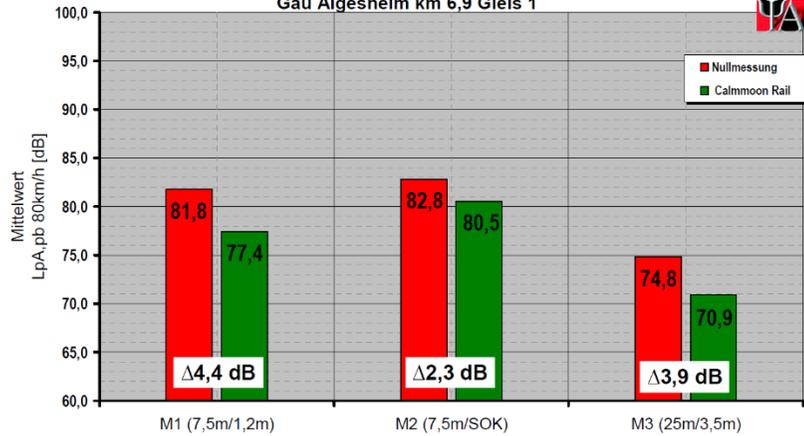
Performance chart for RWD – rail web dampers
According to DB Systemtechnik



Train type	Train passes		Average noise reduction measurement = 7.5/1.2m Related to v=80km/h
	Zero Measurement	Calmoon Rail	
Freight train	51	57	1.9
Passenger train	39	47	2.0

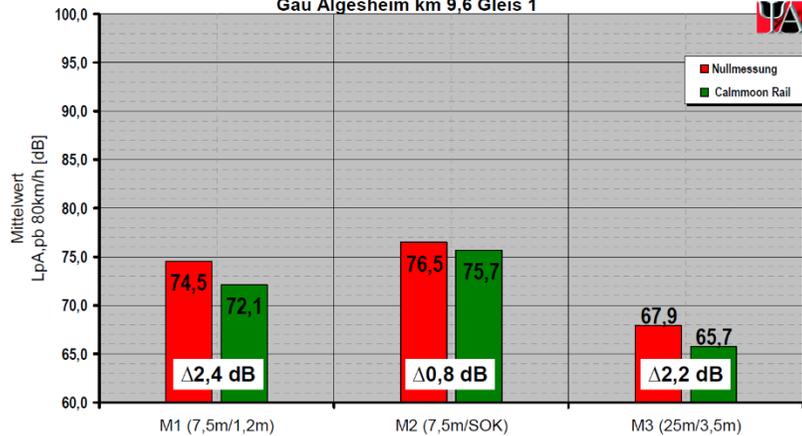
80-33

Gau Algesheim km 6,9 Gleis 1



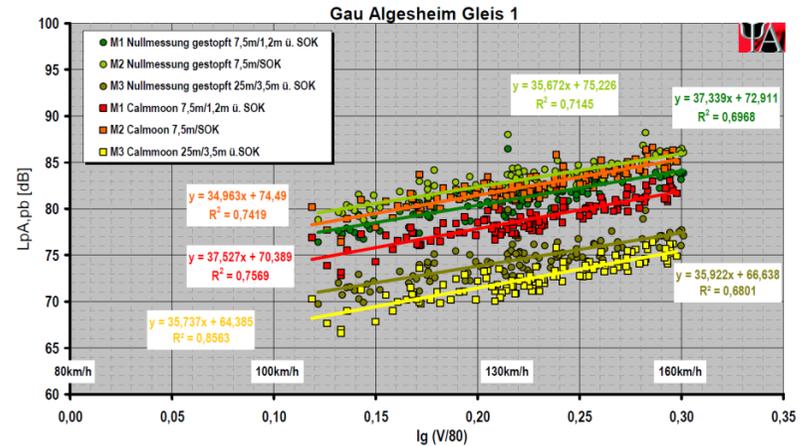
DB460 "Desiro"

Gau Algesheim km 9,6 Gleis 1



DB460 "Desiro"

Gau Algesheim Gleis 1





DB NETZE

Abstract of the
Final Report
15.06.2012

Innovative measures for preventing noise and vibration on the track



Title	Total track length	Construction costs	Construction costs per km	Accounting service life	Annual cost per km (construction costs)	Annual maint. cost per km	Annual maint. difficulties per km	Annual total cost per km	Reduction contribution
	[km]	[EUR '000]	[EUR '000/km]	[Years]	[EUR '000/km a]	[EUR '000/km a]	[EUR '000/km a]	[EUR '000/km a]	[dB]
Rail web damper (RWD)	92.4	20,902.1	226.2	13	17.4	Currently unknown	10.7	28.1	2

Table 8: Cost effectiveness considerations of the RWD technology

Evaluation of innovative noise reduction technologies by German Infrastructure Ministry and DB AG

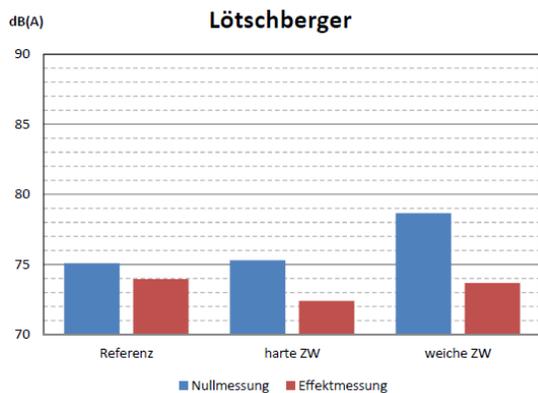
- KP II program (2010 – 2012) was financed by German Ministry
- 16No. different technologies for railway noise attenuation were tested by DB projects
- Calmmoon Rail was installed:
 - **12No. projects**
 - **In sum at 40km track**
- Measurement results of DB AG showed an **average noise attenuation performance for Calmmoon Rail of 3dB**
- From 5No. Rail damper (2 dB) technologies and one rail shielding (3 dB) technology **only Calmmoon Rail meets the Schall 03 Regulations (2012)**

Title	Total track length	Construction costs	Construction costs per km	Accounting service life	Annual cost per km (construction costs)	Annual maint. cost per km	Annual maint. difficulties per km	Annual total cost per km	Reduction contribution
	[km]	[EUR '000]	[EUR '000/km]	[Years]	[EUR '000/km a]	[EUR '000/km a]	[EUR '000/km a]	[EUR '000/km a]	[dB]
Rail web shielding	39.8	6,516.0	163.7	13	12.6	Currently unknown	11.7	24.3	3

Table 11: Overview of cost effectiveness of the RWS technology

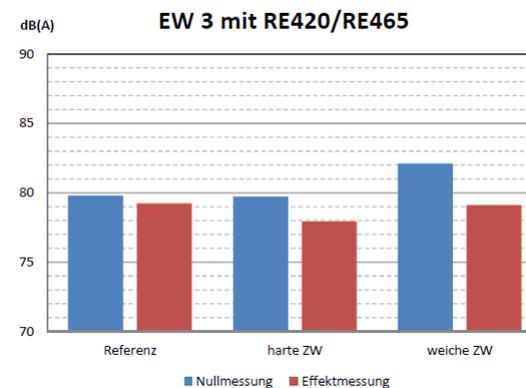
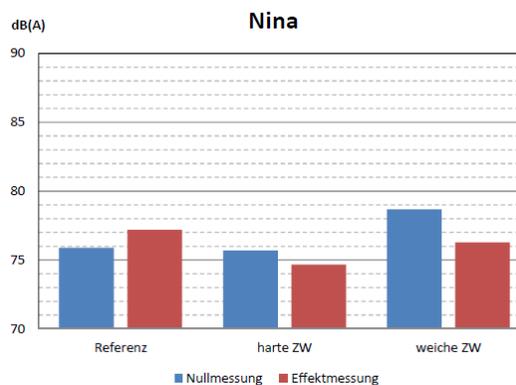
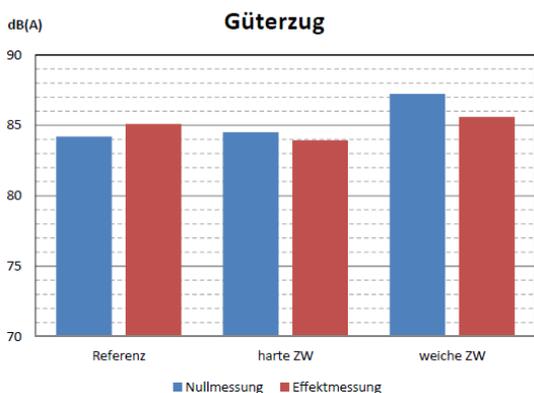
Result KP II – BMVBS / DB

Cyclical program of Ministry to evaluate new innovative railway noise reducing technologies

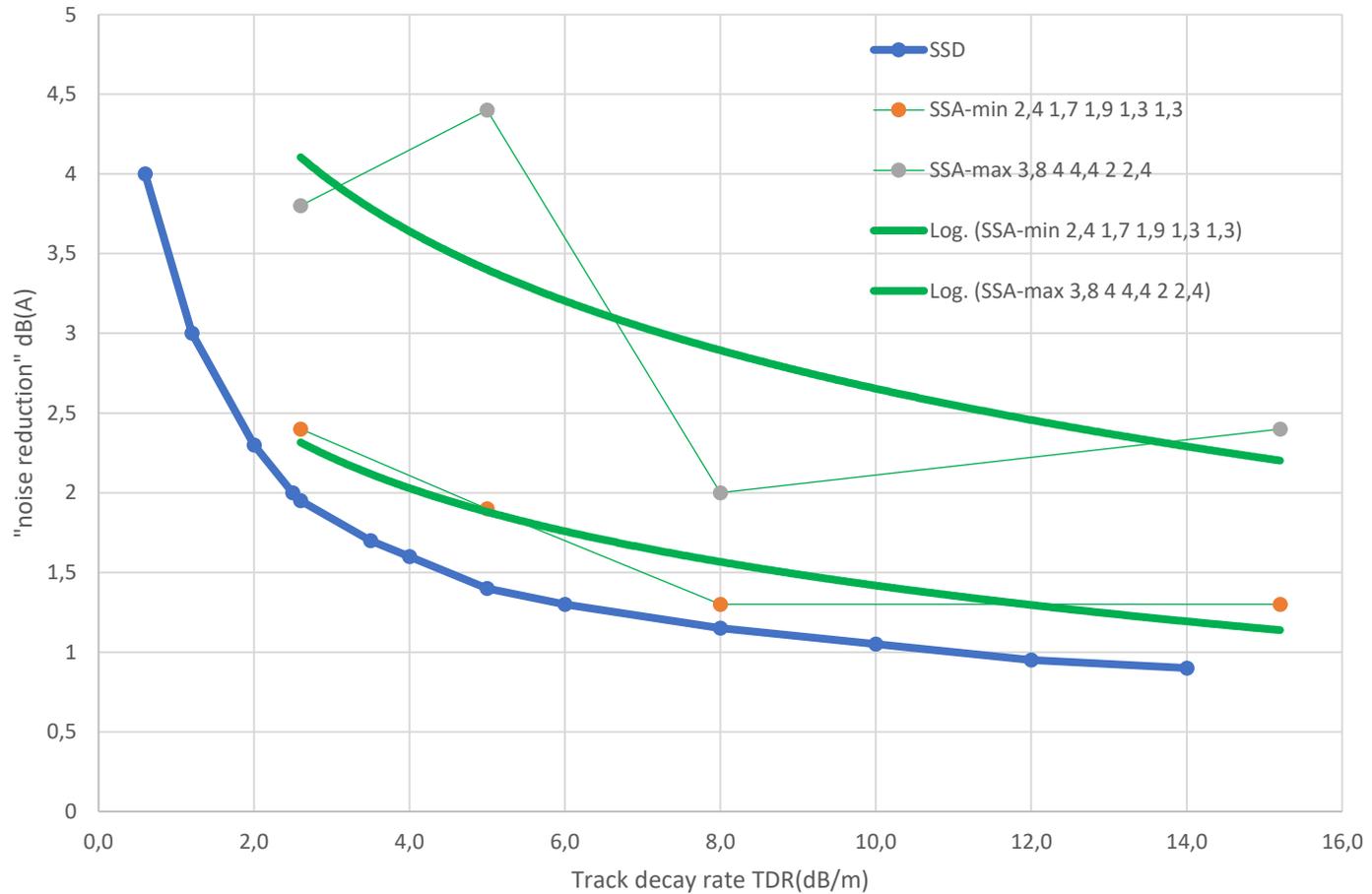


Train type	Hard rail pad	Soft rail pad
Lötschberger	-1,78 dB	-3,84 dB
EW 3 and RE420/RE465	-1,25 dB	-2,45 dB
Freight Train (Güterzug)	-1,48 dB	-2,54 dB
Nina	-2,35 dB	-3,72 dB

TDR with soft rail pad was **2.4 dB/m**
TDR with hard rail pad was **15.2 dB/m**



Performance rail damper SSD and rail shielding SSA - in relation to the TDR – field tests



Performance Rail damper / Rail shielding / TDR

Distribution



Opening



Ballast removal



First fastening



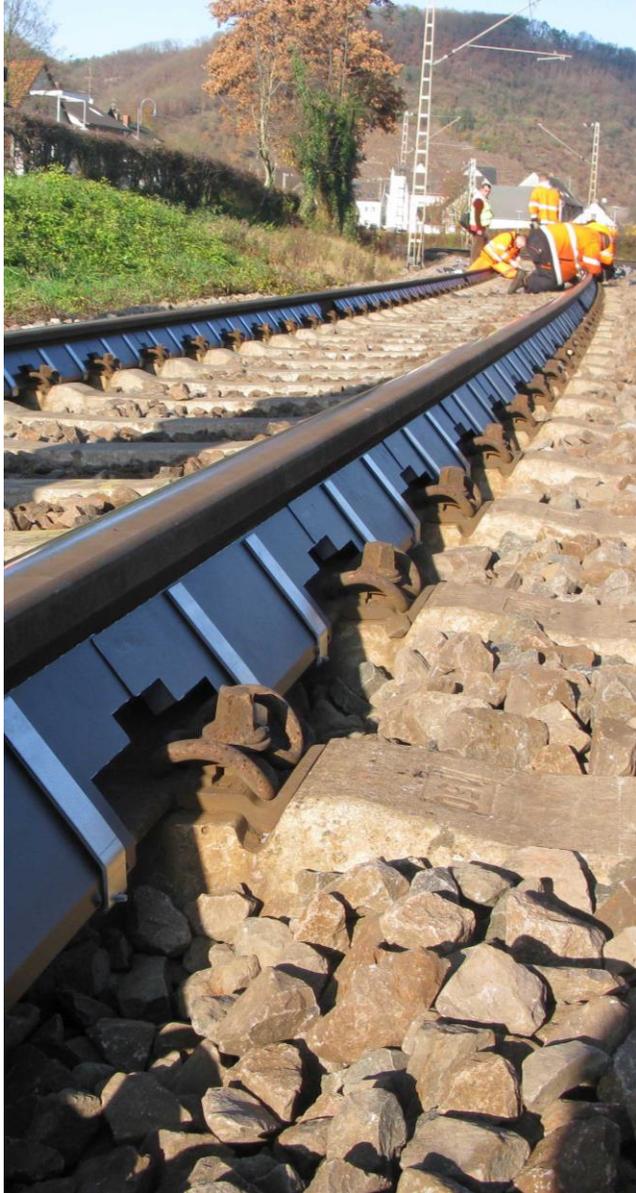
Second fastening



Finished



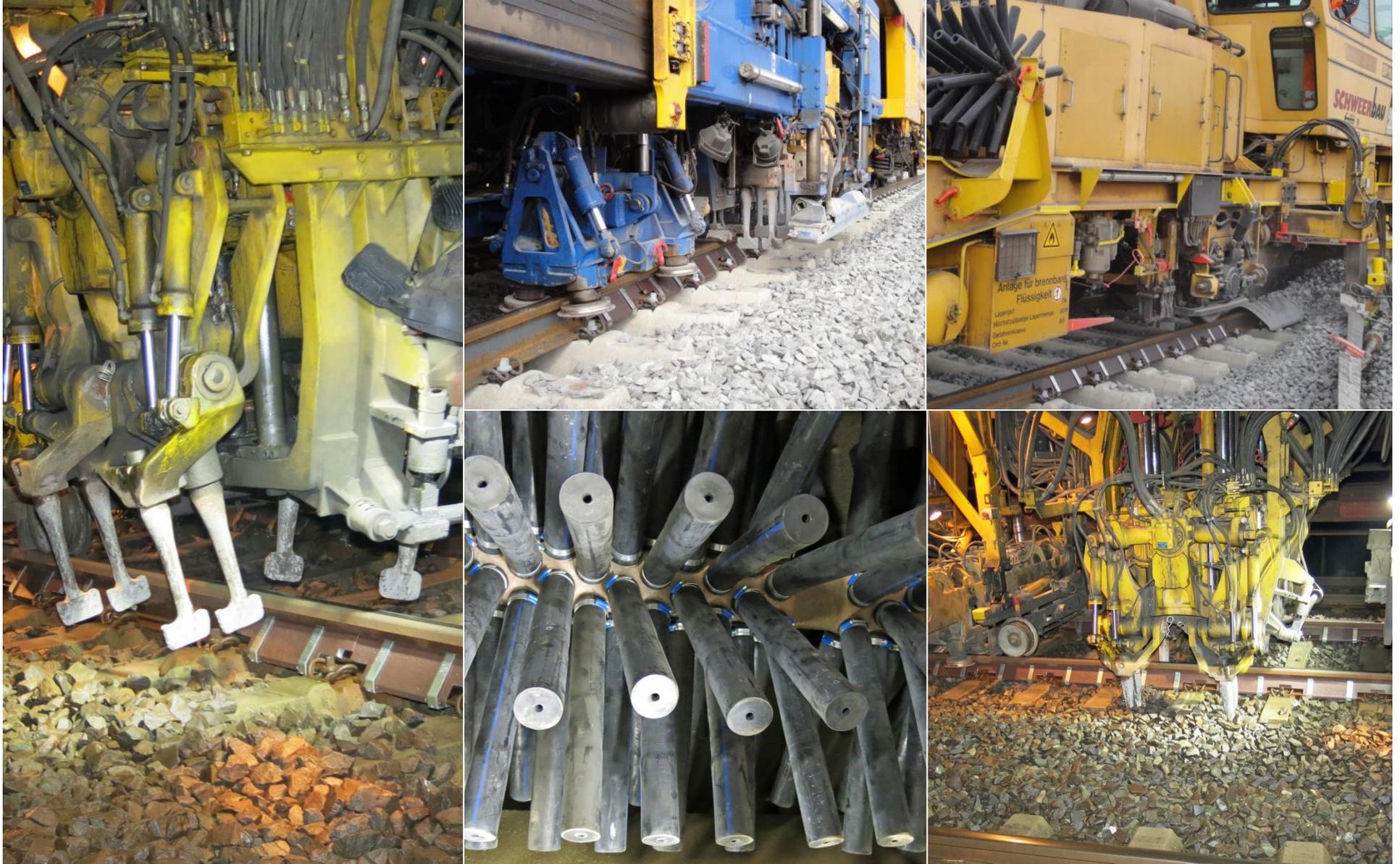
CALMMOON RAIL - Installation



Project's DB AG — 80km track up to 2014



Project's DB AG — 80km track up to 2014



Track maintenance – without removing Calmmoon



Thank you
for thinking of our future

RAILWAY TECHNOLOGY

State
of the Art

Koocoo technology & consulting GmbH
Hauptplatz 136
3053 Brand-Laaben
Austria

TEL: +43-(0)676 960 69 54
E-Mail: office@koocoo.eu
www.koocoo.at

TramERS GB5

Ponente: Rafael Martínez Moriano (Eiffage)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

TramERS *GB5*®

Tram Embedded Rail System GB5®



RAFAEL MARTÍNEZ – EIFFAGE CONSTRUCCIÓN
JULIEN VAN ROMPU – EIFFAGE ROUTE



Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

INTRODUCCIÓN: LA INNOVACIÓN EN LOS TRENES LIGEROS



1807. El Swansea and Mumbles Railway Galés



1879. Primer tranvía eléctrico de Ernst Werner von Siemens.



Edad de Oro. Comienzos siglo XX. Coche motor del tranvía de Sóller, España.



Tranvía de Granada (Años 70) hasta Comienzos siglo XXI (2017). Metro de Granada, España.



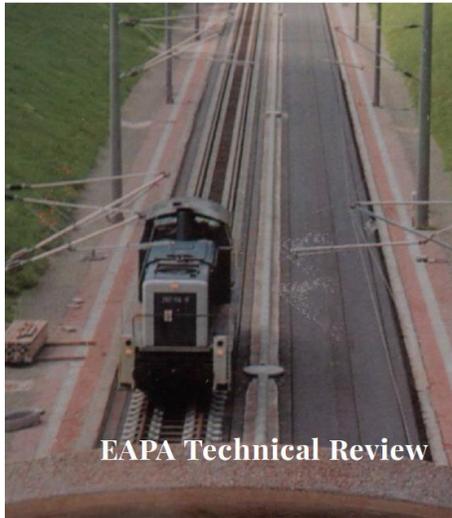
II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

CONTEXTO



Asphalt in Railway Tracks



EAPA Technical Review



Figure 14. A paver with a special profile screed paving the top layer for the ATD-system to hold the sleepers in place later on [Source Voegelé]



Figure 15. Placing the sleepers on the completed asphalt supporting layer [51]

- ✓ There are numerous ongoing investigations to develop new methods and designs for slab track with asphalt.
- ✓ A wide range of asphalt materials have been used in different implementations.
- ✓ Asphalt mixtures have been shown to provide good technical alternatives for several elements of traditional railway construction.



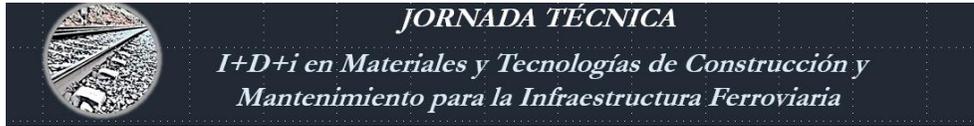


II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

CONTEXTO

Hace ya 3 años



Bitutran



MARTÍNEZ – EIFFAGE
CA DE VALENCIA



Granada, 27 Octubre 2021



- ✓ Solución innovadora capaz de atenuar las vibraciones producidas por un tren en servicio en una vía de tranvía.

- ✓ Solución innovadora durable: más de 11 años en funcionamiento y sin necesidad de mantenimiento de vía.



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

La vía en placa TramERS GB5[®]

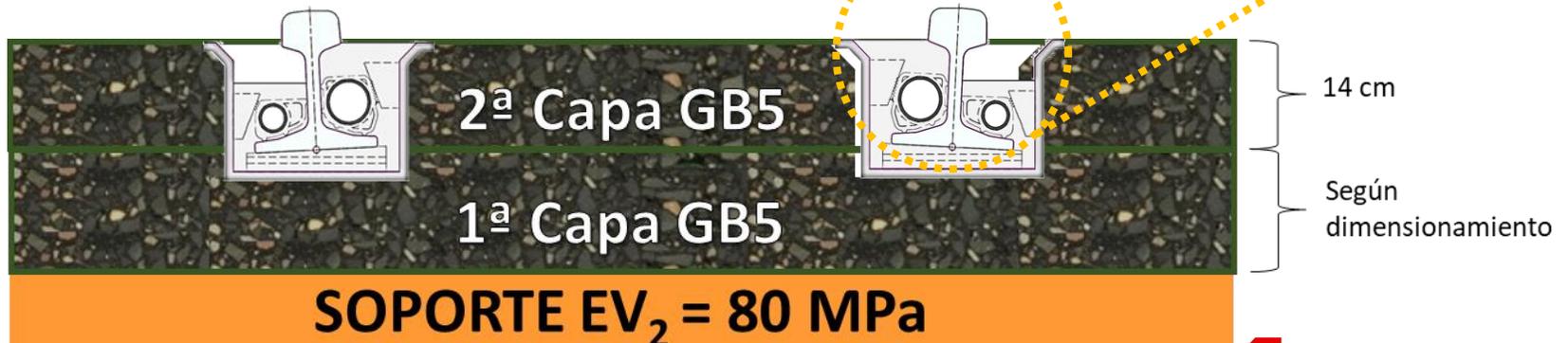
OBJETIVO: DESARROLLAR UNA NUEVA VÍA EN PLACA PARA TRANVÍA MEDIANTE EL EMPLEO DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE ALTAS PRESTACIONES (GB5[®])

Corkelast[®]



GB5[®]

Esquema



EIFFAGE edilon|sedra

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

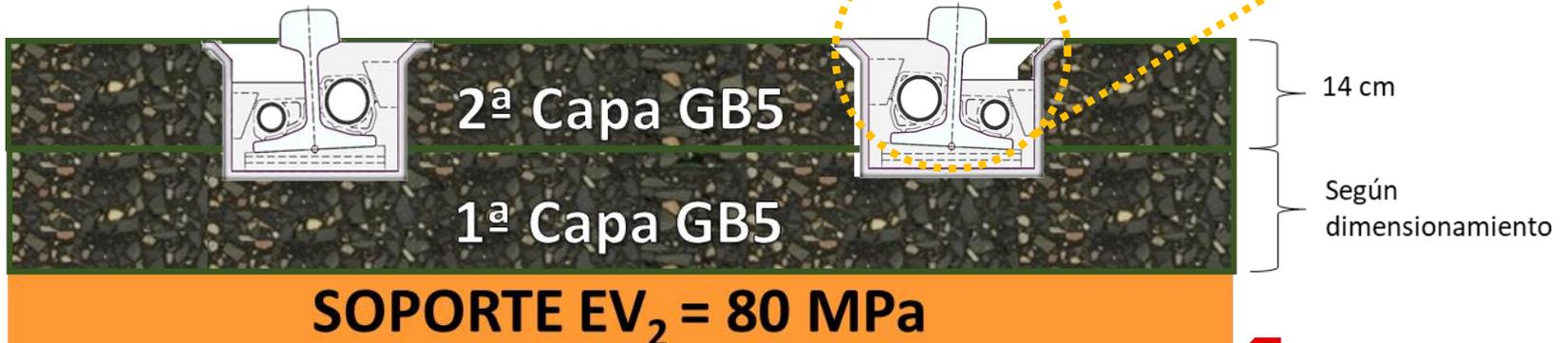
La vía en placa TramERS GB5[®]

- Reducción de plazos de ejecución y Aseguramiento de los planes de trabajo
- Simplificación de la logística de los trabajos
- Disminución de las tareas de mantenimiento
- Reducción de vibraciones y Atenuación de ruido de tráfico ferroviario
- Optimización de las áreas urbanas y Versatilidad

Corkelast[®]



Esquema



EIFFAGE edilon|sedra

Granada, 17 Octubre 2024



JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Fases de construcción TramERS GB5[®]

Preparación capa
soporte

Ejecución
mezcla GB5

Fresado de
canales

Colocación
de railes

Ejecución de
la resina

Apertura al
tráfico



Soporte





II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



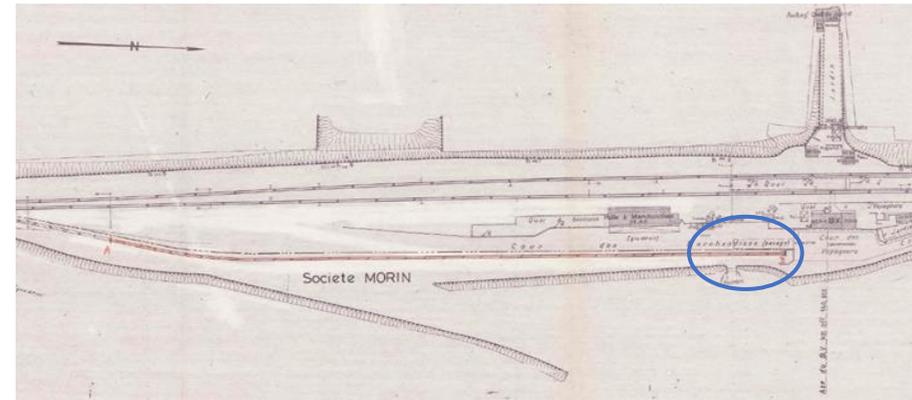
Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

Proyecto « Instalación Terminal Conectada (ITE) Montescourt »

Objetivo: Reducir el impacto medioambiental relacionado con el transporte de áridos desde la cantera de Corbigny, permitiendo el suministro por ferrocarril a la planta de Montescourt.

Objeto de la operación: reactivación de la ITE → reparación de la vía en 1.700 m + construcción de los últimos 36 metros de TramERS GB5®



 **EIFFAGE** edilon|sedra

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

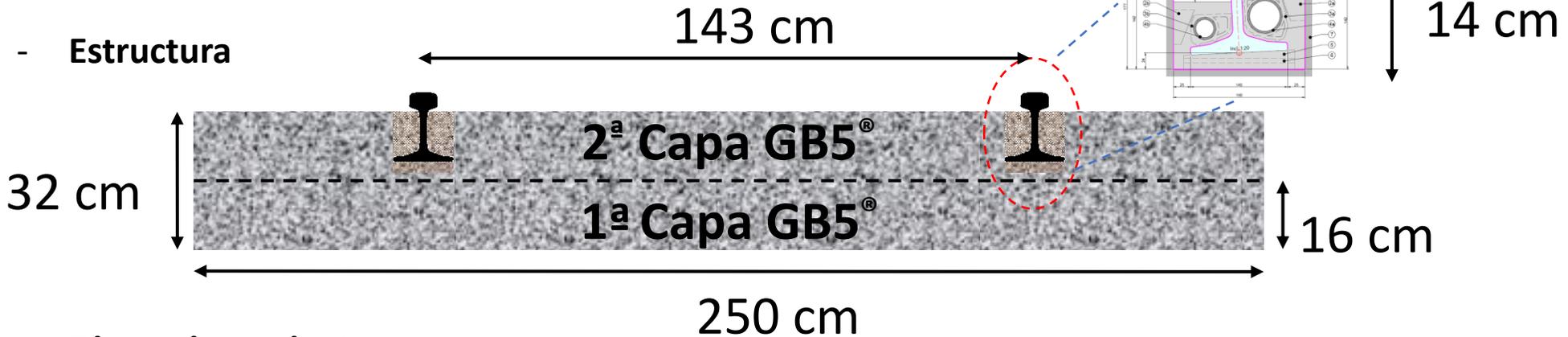
*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Proyecto « ITE Montescourt »



- Dimensionamiento:

- Realizado con el software Alizé
- Hipótesis de transmisión de cargas validadas por Edilon)(Sedra



- Formulación de mezcla asfáltica GB5®:

- GB5® 0/20 con RAP 20% y PMB (Biprène® 43)
- Diseñado y estudiado en laboratorio específicamente para el sistema “ERS GB5®”

 **EIFFAGE** edilon) sedra

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica



EIFFAGE edilon|sedra

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica



 **EIFFAGE** edilon) sedra

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



EIFFAGE edilon|sedra

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles



EIFFAGE edilon|sedra

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

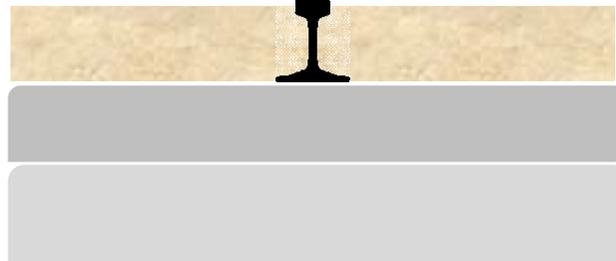
LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Comparación del dimensionamiento

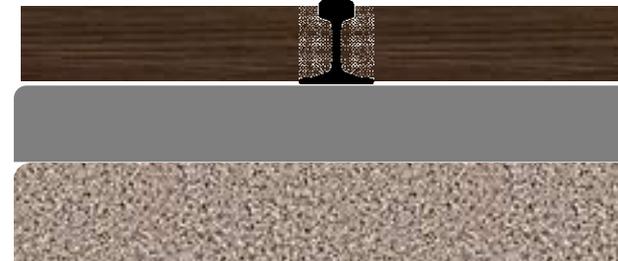
15 cm Hormigón embebido de rail



19 cm BC5 (H-32)

26 cm BC3 (H-25)

Capa de forma 80 MPa



15 cm GB5 embebido de rail

22 cm GB5

25 cm GNT (Grava no tratada)

Capa de forma 80 MPa

- Modelización de 137 tranvías/día durante 30 años
- Necesidad de una capa de forma de como mínimo 80 MPa
- En principio, no se considera adecuado para zonas de parada (esfuerzos estáticos)



 **EIFFAGE** edilon|sedra

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

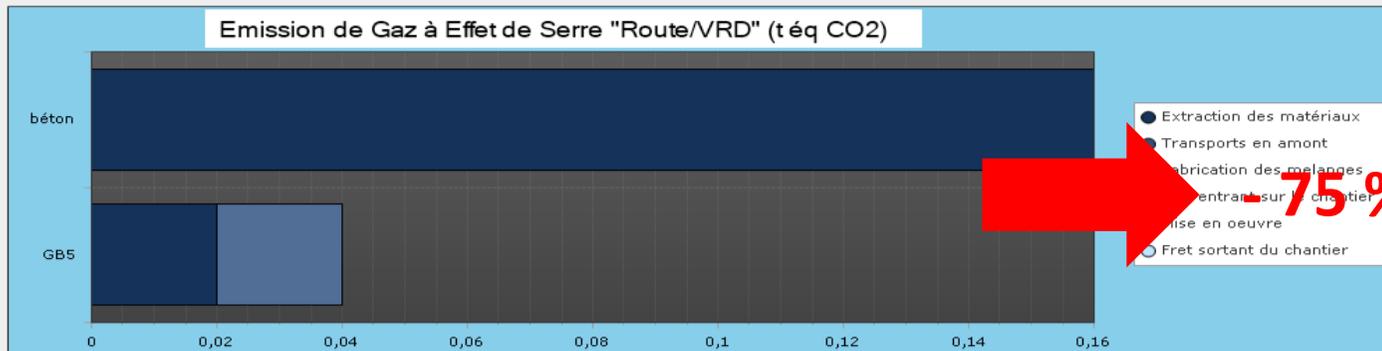
I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

Comparativa medioambiental: SEVE

Indicateur : émission de Gaz à Effet de Serre

((en tonnes équivalent CO2))

CO ₂		Emissions de gaz à effet de serre (t éq CO2)							Comparaison / Base
		Extraction des matériaux	Transports en amont	Fabrication des melanges	Fret entrant sur le chantier	Mise en oeuvre	Fret sortant du chantier	Sous-total	
béton	Route/VRD	0.16	0	0	0	0	0	0.16	
GB5	Route/VRD	0.02	0	0.02	0	0	0	0.04	-75%



- Cálculo en 1m² sólo en la parte "material"
- Con componentes convencionales de "cemento" y "betún"



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

CONCLUSIONES:

- **TramERS GB5[®]** es una nueva solución de vía en placa para tranvías de gran durabilidad desarrollada por las empresas francesas EIFFAGE infraestructuras (actividades viarias y ferroviarias) y edilon)(sedra.
- **Ventajas específicas de la vía en placa TramERS GB5[®]**: hasta un 20% de material reciclado (RAP) y reducción de espesores debido a su alto módulo.
- **Aspectos ambientales favorables** a nivel de huella del carbono de los materiales.
- **Otros aspectos a considerar**: plazos, logística, ruidos y vibraciones, etc.



JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*



GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

rafael.martinezmoriano@eiffage.com

Sistemas de fijación de carril adherizados de Pandrol con modularidad de rigidez óptima

Ponente: Rubén Ripoll (Pandrol Ibérica)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR

UNIVERSIDAD
DE GRANADA

PTFE



Secretaría Técnica
Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

Sistemas de fijación vulcanizados de PANDROL con capacidad de modular la rigidez óptima para la vía

Rubén Ripoll

rubenripoll@pandrol.com

Technical Manager -Pandrol Ibérica

Bonded plates Global Product Manager

- *Advanced degree in Industrial engineering (mechanical spec.) from the Polytechnic University of Catalonia.*

- *Master in Operations Management and Innovation Strategy from ESADE business school.*

PANDROL

Granada, 17 Octubre 2024

Delachaux group /

A family-owned company created in 1902, the Delachaux Group is a global player in mission-critical engineered solutions



About us...

PANDROL



FRAUSCHER

DCX CHROME

© GROUPE DELACHAUX



1700 employees at more than 40 sites

At the heart of over 400 railways in over 100 countries

100 years experience in the railways

40 years experience in the railways infrastructure control



World Speed Record

for conventional trains 574.8 km/h

Longest Heavy Haul

track in the world 2000 km

World Highest Track

Tibet Line, China, 5,200m



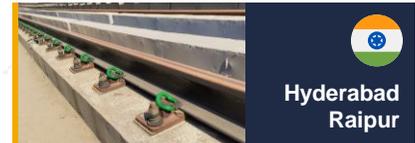
BONDED PLATES MANUFACTURING IN SPAIN



TESTING LABORATORY (UK)



Key locations:



Close to our Customers



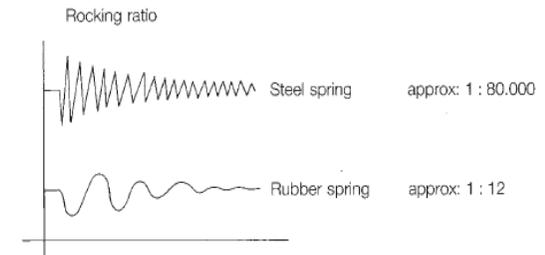
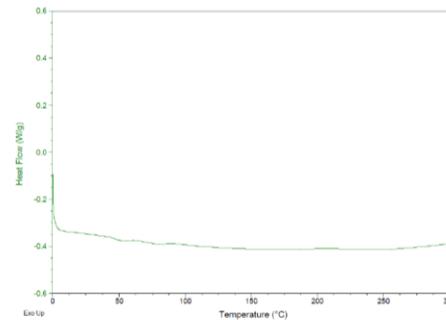
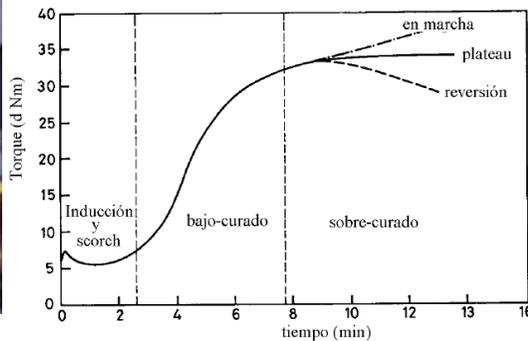
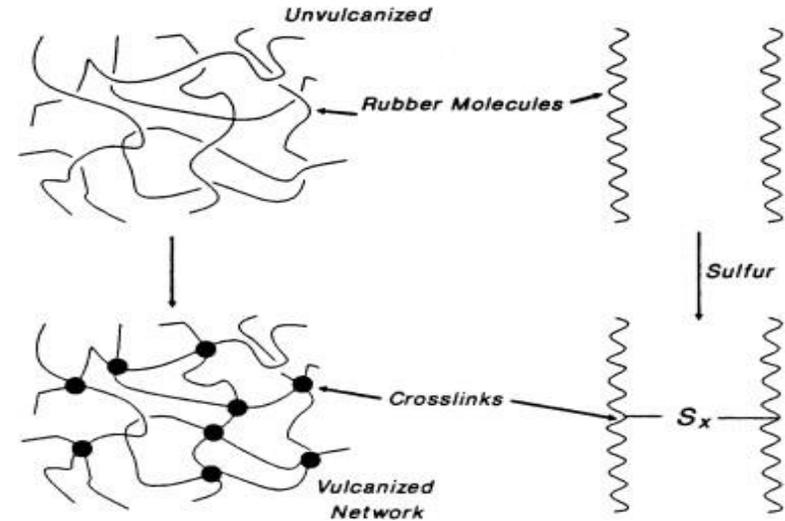
Vulcanization process



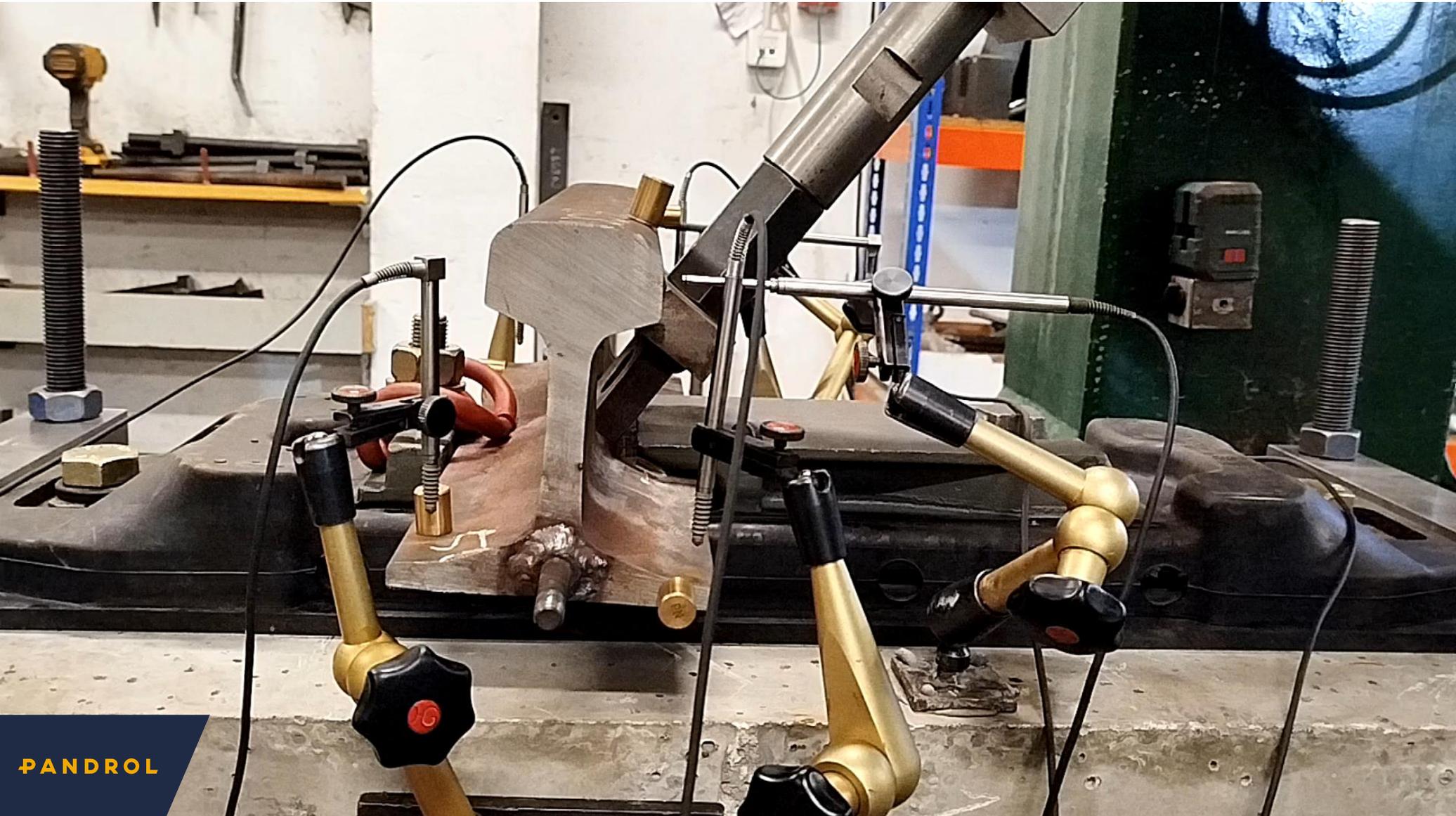
Vulcanization process

During the vulcanization, heat is applied to a piece of “non resilient” raw polymeric compound which is able to exhibit its natural elastic properties and is able to withstand the effect of external forces (both physical and chemical).

Being able to cross the link the polymer chains it is possible to manufacture a product which is able to fully use the natural properties of a polymer and which is able to resist permanent deformation by external forces applied to it.



8. Muestra 40111.



PANDROL



PANDROL



PANDROL





PANDROL



P



PANDROL

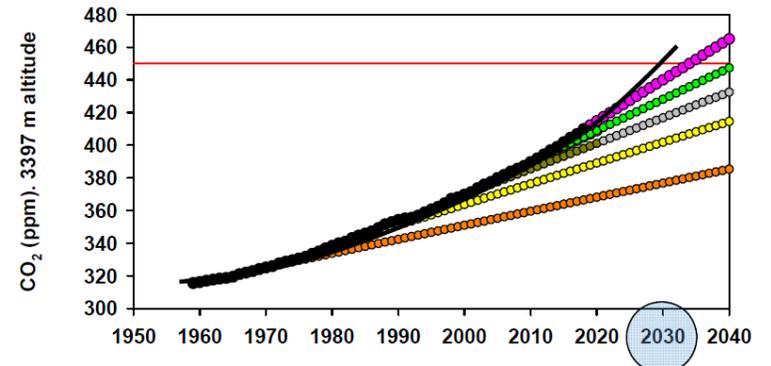
$$\text{VALUE} = \frac{\text{NEED} \quad \text{🍏🍏🍏🍏}}{\text{PRICE}} \quad \pm \text{SERVICE} - \text{DAMAGE (PPP)}$$



COP26

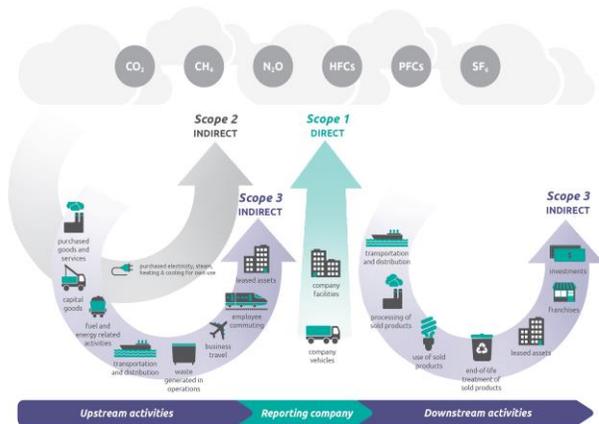
UNFCCC COP26
2021 Glasgow (UK)

Atmospheric CO₂
Mauna Loa Observatory (NOAA), 3397 m altitude
(december data)





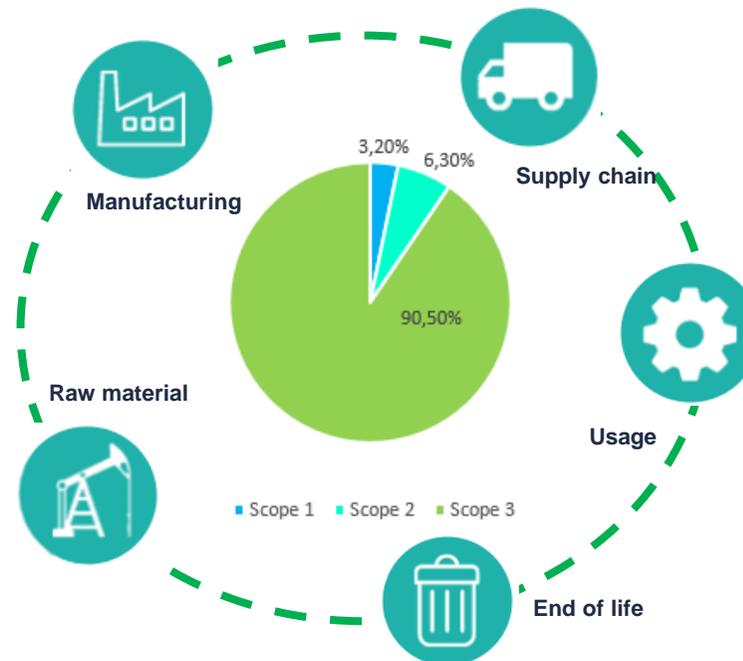
PANDROL SUSTAINABILITY. Actions on carbon management



Reduce greenhouse gas emissions

- Scopes 1&2 : reduce by **4,2%** Linear Annual Reduction by 2030 (baseline 2019)
- Scope 3 : reduce by **25%** 2030 versus 2023

Total corporate 2019 carbon footprint = 424 kt CO₂e



- ✓ Energy : less & better
 - Improve measurement (smart-metering)
 - Photovoltaic panels in plants (first one started in Q1/2022)
 - Use of Origin Guaranteed renewable electricity
 - Activity KPIs
- ✓ Main suppliers' CO2 engagement (targets & roadmaps for sourcing decision & strategy)
- ✓ Use of recycled materials
- ✓ Investigations & actions on : Reduce / Reuse / Recycle
- ✓ SW platform for more accurate suppliers' GHG reporting
- ✓ FRET21 (loading rate, river transport, Sourcing process)

1	2	3
Scope 1	Scope 2	Scope 3
Direct emissions	Indirect emissions	Indirect emissions
<p>Direct emissions that are owned or controlled by a company.</p> <p>Emissions from sources that an organisation owns or controls directly.</p> <p>Example From burning fuel in the company's fleet of vehicles (if they're not electrically powered).</p>	<p>Indirect emissions that are a consequence of a company's activities but occur from sources not owned or controlled by it.</p> <p>Emissions a company causes indirectly that come from where the energy it purchases and uses is produced.</p> <p>Example The emissions caused by the generation of electricity that's used in the company's buildings.</p>	<p>All emissions not covered in scope 1 or 2, created by a company's value chain.</p> <p>Example When the company buys, uses and disposes of products from suppliers.</p>

VALUE PROPOSAL

01

Low stiffness range

02

Acoustic-vibration response

03

Corrugation prevention

04

Durability

05

Corrosion protection

06

Electr. Isolation

07

Easy to install

08

Compact

09

Transitions

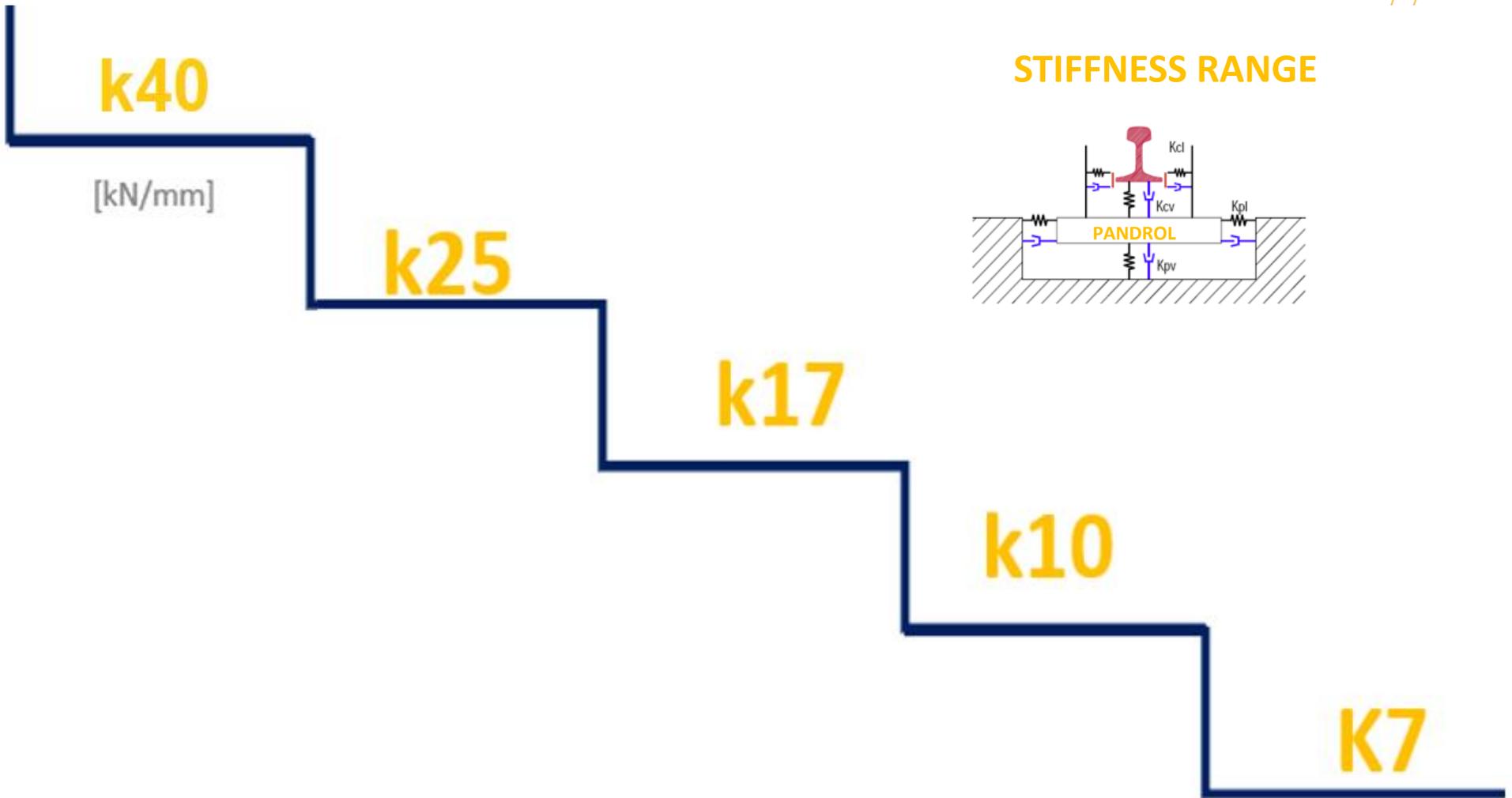
10

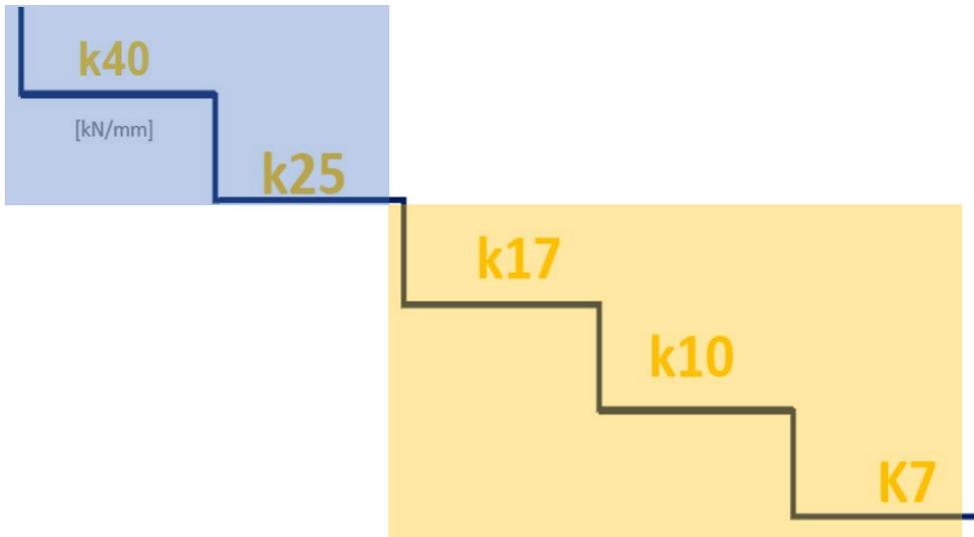
Guard rail version

11

Turnouts

INCREASE SAFETY
REDUCE IMPACT ON DYNAMICS & ECONOMICAL
NO MAINTENANCE





k25



k17



k10



PANDROL



k7

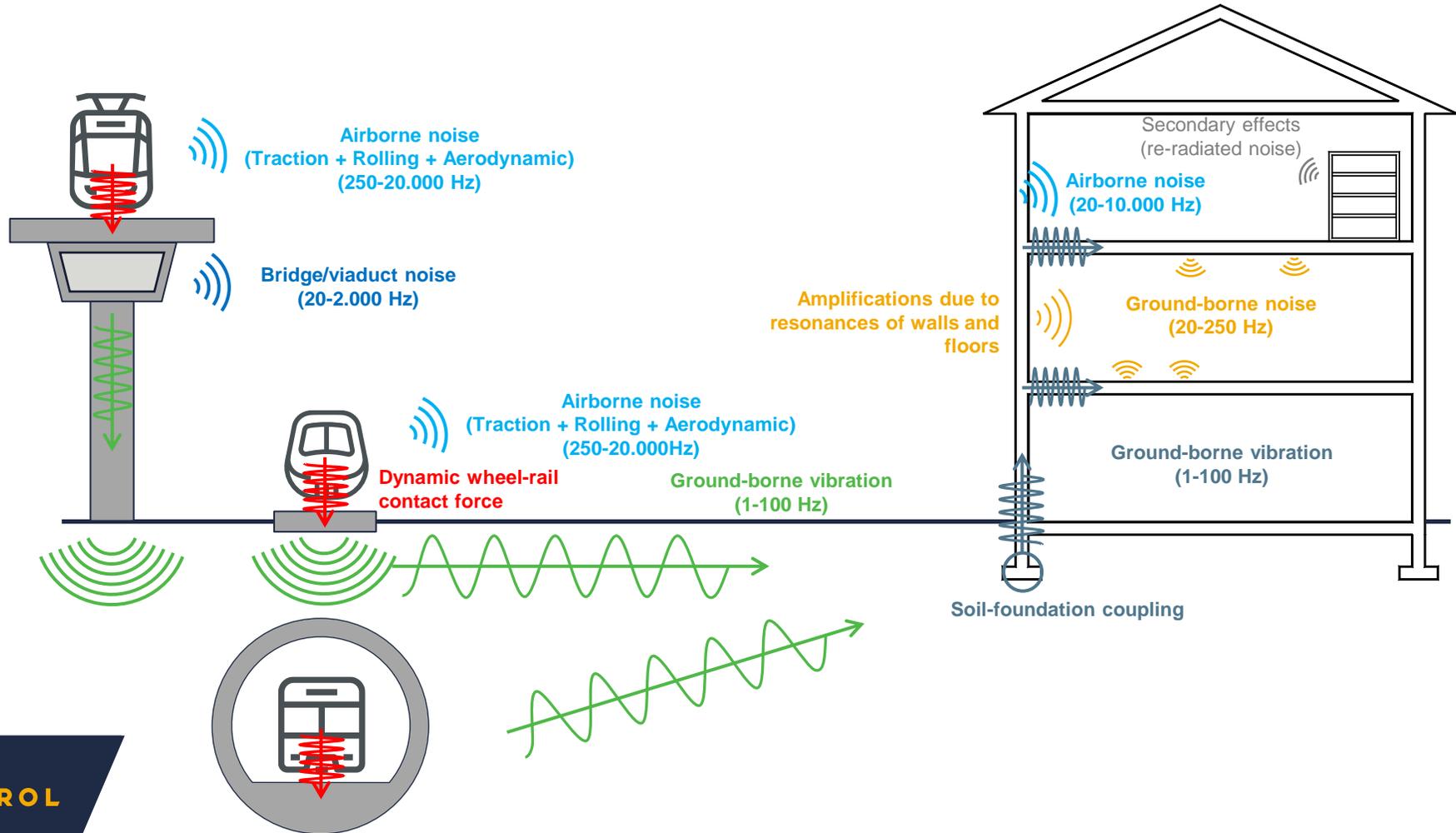
PANDROL



PANDROL

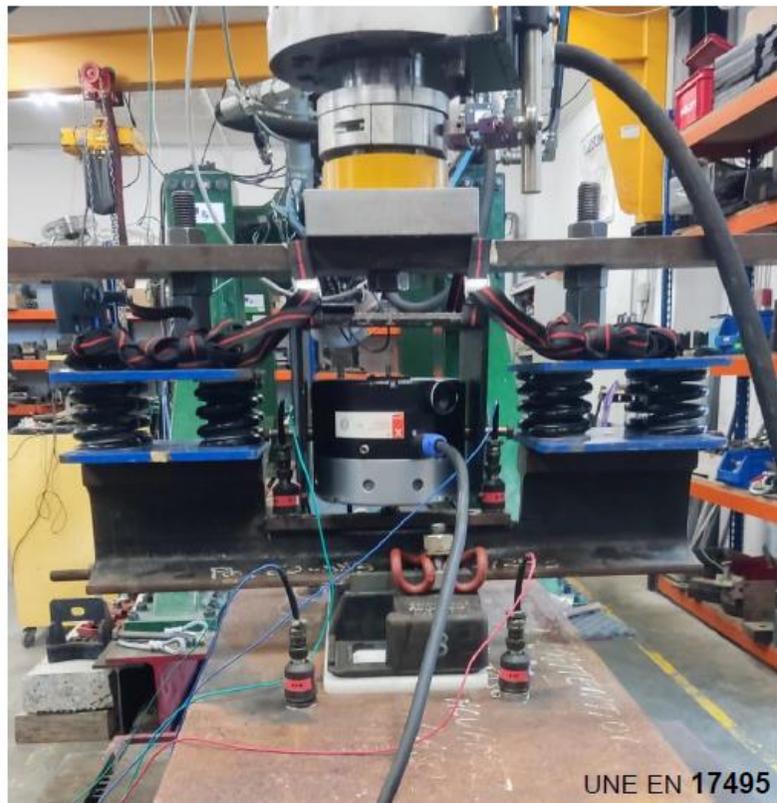
et/s
euskal trenbide sarea

Noise and vibration





Noise and vibration

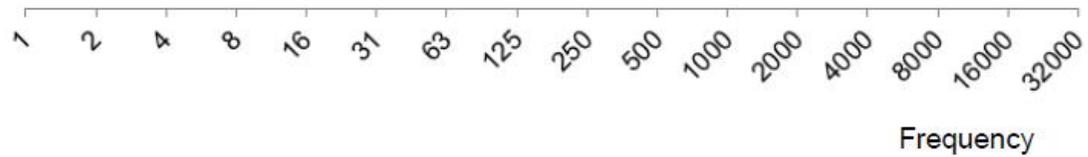


UNE EN 17495

Ground-borne vibration
(1-100 Hz)

Ground-borne
noise (20-250 Hz)

Airborne noise
(20-20.000 Hz)



Case	Component	Preload values kN	Minimum frequency range (one-third octave bands) Hz	Preferred frequency range (one-third octave bands) Hz
Rolling noise / train interior rolling noise (1)	Rail pad	18	80 - 400	50 - 1.250
	Fastening assembly or baseplate pad	5		
Bridge noise (2)	Rail pad	18; 35; 50; 68	80 - 400	25 - 2 000
	Fastening assembly or baseplate pad	5; 18; 35; 50		
Ground borne noise (3)	Rail pad	18; 35; 50; 68	50 - 200	10 - 400
	Fastening assembly or baseplate pad	5; 18; 35; 50		

Ejemplo orientativo niveles límite de emisión especificados en proyecto

Tipo de receptor	Niveles de vibración			
	Eventos frecuentes ¹		Eventos ocasionales ²	
	VdB (ref. $25.4 \cdot 10^{-9}$ m/s)	mm/s	VdB (ref. $25.4 \cdot 10^{-9}$ m/s)	mm/s
Categoría 1: Edificios en los que la vibración puede interferir con la operación interior. Hospitales y centros de investigación	65	0.045	65	0.045
Categoría 2: Residencial urbana y no urbana	72	0.1	80	0.254
Categoría 3: Terrenos institucionales con uso predominantemente diurno Uso comercial, escuelas y mezquitas	75	0.143	83	0.359
Otras categorías:				
Salas de conciertos, estudios de televisión y grabación	65	0.045	65	0.045
Teatros y Auditorios	72	0.1	80	0.254
Industrial y Rural	N/A	N/A	N/A	N/A

Valores límite de vibración en el interior de las edificaciones aplicables al proyecto.

Zona de aplicación	Valores límite de inmisión, dBA	
	L _d (7h-22h)	L _n (22h-7h)
Zona de protección especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Valores límite de inmisión sonora exterior aplicables al proyecto.

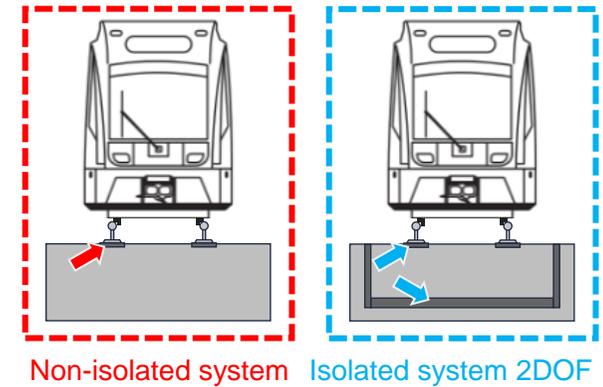
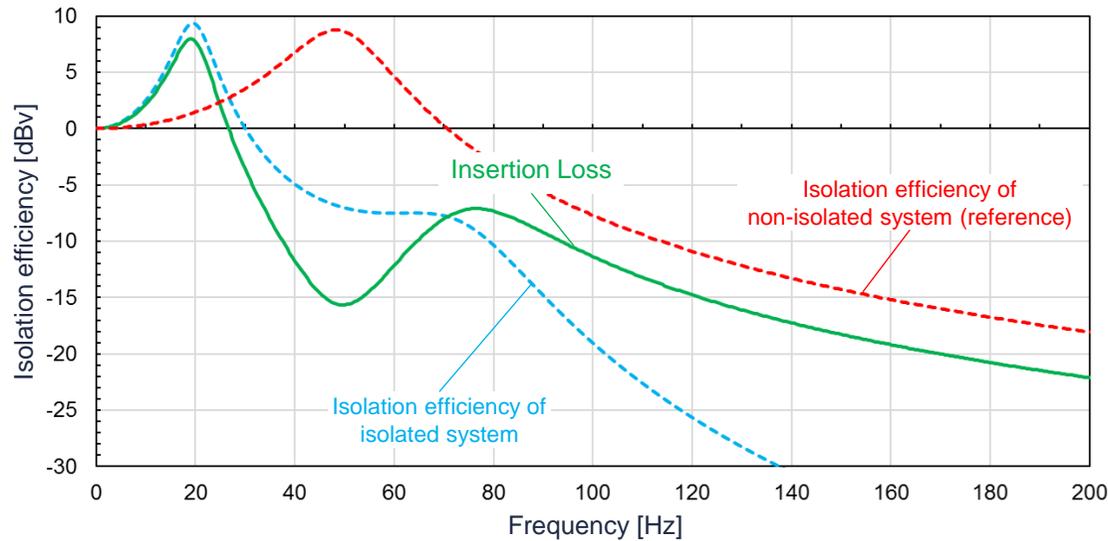
Categoría de uso del terreno	Niveles de impacto de ruido secundario dBA (ref $2 \cdot 10^{-5}$)		
	Eventos frecuentes ¹	Eventos ocasionales ²	Eventos infrecuentes
Categoría 1: Edificios en los que la vibración puede interferir con la operación interior.	N/A	N/A	N/A
Categoría 2: Residencias y edificios en los que la gente duerme normalmente	35	38	43
Categoría 3: Terrenos institucionales con uso predominantemente diurno	40	43	48

Valores límite de ruido secundario en el interior de las edificaciones aplicables al proyecto.

Rail Track Vibration Mitigation

Track isolation principles

- **Insertion loss (IL)** determines the performance of a mitigation measure
- IL is a comparison between 2 systems, not a “property” of a system:

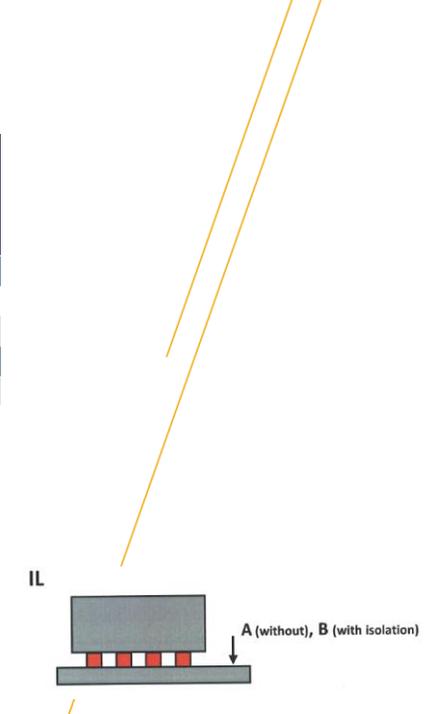
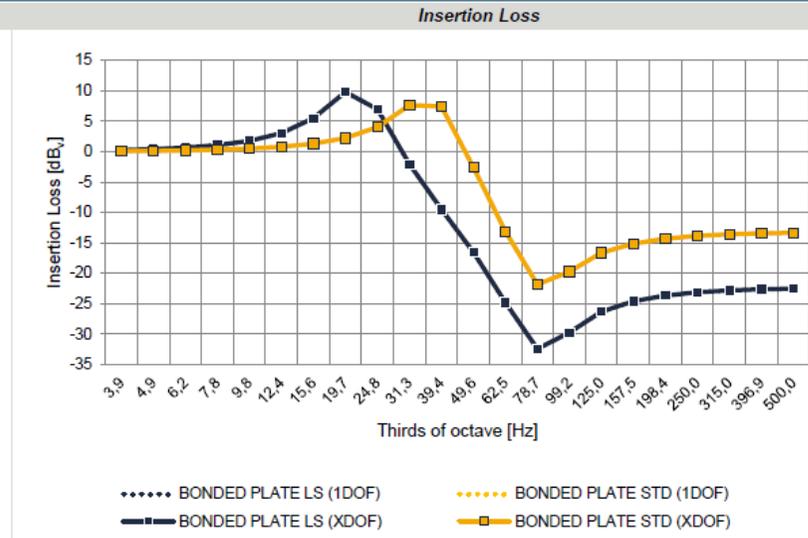
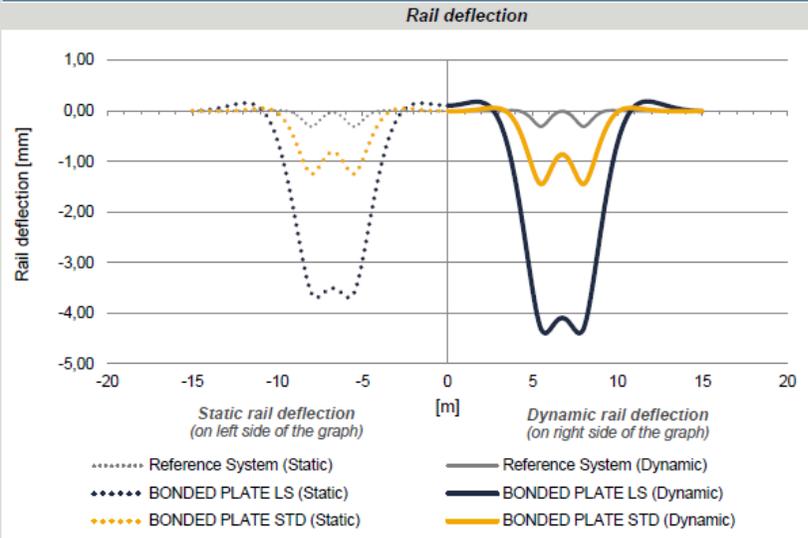


$$IL = dBv_2 - dBv_1$$

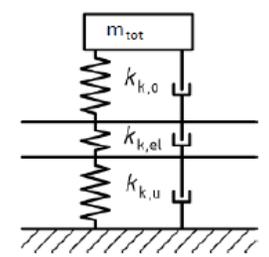
General Project information

Project Number	Country	Project Name	Customer	Customer
Author	Date	Calculation Case	Calculation Case	Program Version
				5.2.2

Outputs



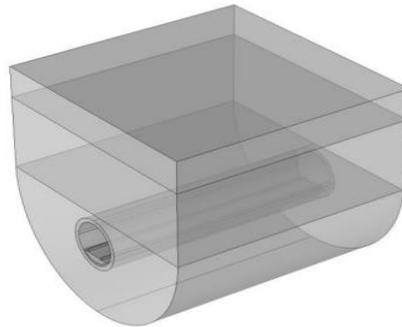
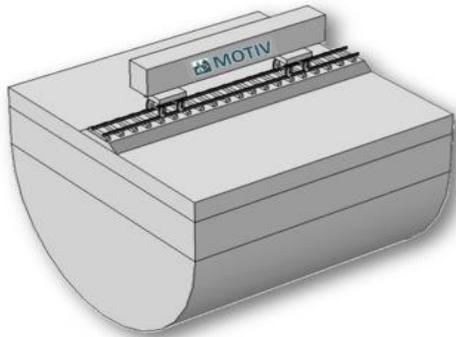
Eisenmann parameters for dynamic deflection calculations					
Standard deviation, t	3,0	3,0	3,0		
Track condition, φ	10 %	10 %	10 %		
Dyn. Amplification Factor	1,34	1,34	1,34		
Equivalent track stiffness (track deflection by one single axle)					
Static	520,89 kN/mm	43,37 kN/mm	128,63 kN/mm		
Total deflection at rail head					
Static	0,31 mm	3,69 mm	1,24 mm		
Dynamic	0,31 mm	4,39 mm	1,45 mm		
Results vibration					
		1DOF	XDOF	1DOF	XDOF
First resonance frequency		21,6 Hz	21,6 Hz	36,3 Hz	36,3 Hz
Insertion loss at			63 Hz	-25,5 dB _v	-25,5 dB _v
Insertion loss between	8	and	250 Hz	-21,0 dB _v	-21,0 dB _v
				-11,8 dB _v	-11,8 dB _v





Rail Track Vibration Mitigation

PANDROL MOTIV (Modelling Of Train Induced Vibration)



PANDROL



MOTIV - Track Parameters

Select track form: **Floating slab track**

Width of track/ground interaction area, m: 3.2

Rail properties (per rail)

Rail Type	MS1 (2005)
Rail mass per unit length, kg/m	60.21
Rail moment of inertia, cm ⁴	3030.3
Rail Young's Modulus, GPa	205

Rail fastener properties (per fastener, per rail)

Rail fastener spacing, m	0.65
Rail fastener stiffness, kN/mm	130
Rail fastener damping factor	0.1

Rail fastener type of damping: Hysteretic

Floating slab bearings type of damping: Hysteretic

Slab properties

Floating slab mass per unit length, kg/m	3720
Floating slab bending stiffness, MN/m ²	233.2
Floating slab damping loss factor	0.02
Support slab bed mass per unit length, kg/m	2000
Support slab bed bending stiffness, MN/m ²	1.0
Support slab bed damping loss factor	0.02

Slab bearings properties

Slab bearings stiffness per unit length, MN/m ²	400
Slab bearings damping loss factor	0.2

OK Cancel Apply Help (F1)

MOTIV: Frequency dependency configuration

Enable frequency dependent material stiffness and damping

Load

Frequency vector in Hz: 0 10 20 40 100 200 282

Stiffness vector (MN/m²): 5.1 15 21 27 36 36

Damping loss vector: 0.3 0.25 0.2 0.2 0.2 0.12

Stiffness, MN/m² vs Frequency, Hz

Frequency, Hz	Stiffness, MN/m ²
0	5.1
10	15
20	21
40	27
100	36
200	36
282	36

Loss factor vs Frequency, Hz

Frequency, Hz	Loss factor
0	0.3
10	0.25
20	0.2
40	0.2
100	0.2
200	0.12
282	0.12

OK Cancel Apply & Plot

PANDROL



DURABILITY

PANDROL

Fuente original TMB LINKEDLIN

LIFE TIME > 30 Years



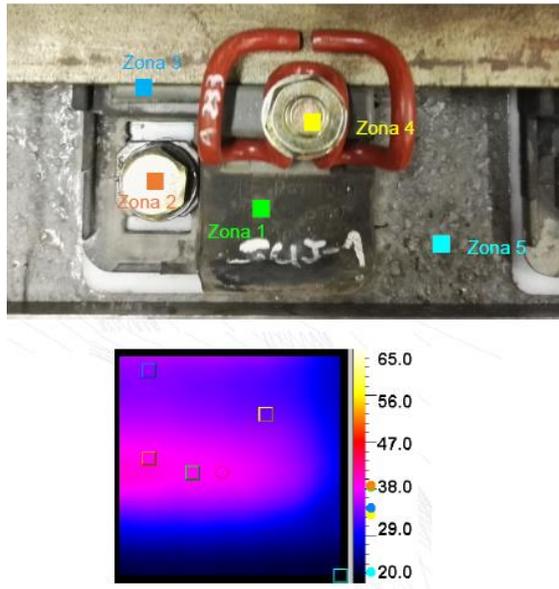
TEST AFTER **20** YEARS IN SERVICE



TESTING SEVERE CONDITIONS



3 Million cycles catB K25 EXTRA LOAD



6 Million catB K7



8 Million CAT B K8-10





II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR

UNIVERSIDAD
DE GRANADA

PTFE

Secretaría Técnica
Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles



*...sistemas vulcanizados de menor peso, con
reducción de huella de carbono, ofreciendo la
rigidez adecuada para minimizar el impacto y
costes en la infraestructura y material móvil de
forma segura.*

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Parte 3

Experiencias en I+D+i para el diseño y mantenimiento de vías

Rail Báltica: Contribución a los ODS desde el diseño ferroviario

Ponente: Borja Manzano (IDOM)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica



Rail Baltica: Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) desde el diseño ferroviario

Borja Manzano Hidalgo

- BIM Manager & Sustainability Lead en Infraestructuras Ferroviarias -

IDOM

Granada, 17 Octubre 2024



Naciones Unidas

Los ODS constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo.



Los ODS
nos
inspiran.

Caso práctico - Rail Báltica - Estonia



Co-financed by the Connecting Europe
Facility of the European Union

11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

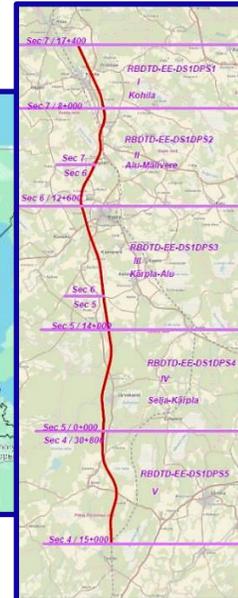


META

11-A



Apoyamos los vínculos entre zonas urbanas, periurbanas y rurales



EE1: Pärnu-Rapla

Corredor Ferroviario **70 Km**
Ancho internacional **1435 mm**

- **DPS1: Kohila** (9 Km)
- **DPS2: Alu-Mälivere** (14 Km)
- **DPS3: Kärpla-Alu** (17 Km)
- **DPS4: Selja-Kärpla** (14 Km)
- **DPS5: Tootsi-Selja** (16 Km)

11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



META 11-2



Proporcionamos acceso al transporte público

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Integración en corredor TEN-T Mar Norte-Báltico



5 M pasajeros/año
16 M T/año



11

CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



META

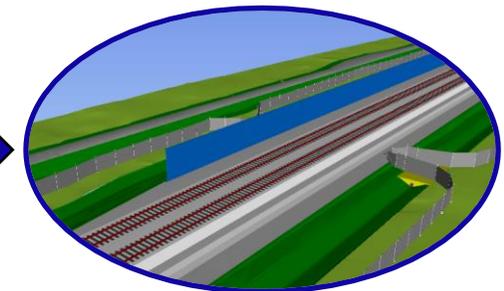
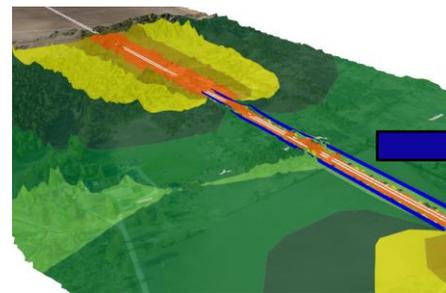
11-4



Protegemos el Patrimonio Cultural y Natural

	SCORE		
	Preliminary Design	Alternative 1	Alternative 2
C6 - Line capacity	0,00	4,00	0,00
C7 - Impact on Railway Fleet	4,00	4,00	4,00
C8 - Operation Energy consumption	4,00	3,67	3,67
C9 - Train operator's cost (OPEX)	4,00	3,67	3,67
C10 - Train operation management	0,80	4,00	4,00
C11 - Infrastructure Maintenance Management	0,60	3,00	0,60
C12 - Infrastructure Maintenance Cost (OPEX)	9,90	7,86	10,00
C13 - Train Operation Management	0,40	2,00	0,40
C14 - Infrastructure CAPEX	12,00	10,57	11,75
C15 - Land Plots	2,00	2,00	2,00
C16 - Number of Roads/Railways/Water Courses Interfaces	2,00	2,00	2,00
C17 - Number of Utility Interfaces	2,00	2,00	2,00
C18 - Railway on Structures	0,23	2,00	2,00
C19 - Land plots with Residential/Commercial Buildings	5,00	5,00	5,00
C20 - Number of archaeological/heritage (Listed Buildings) affected	1,00	1,00	1,00
C21 - Public utilities and properties affected	2,00	2,00	2,00
C22 - Environmental impact: Embodied Energy	2,00	1,76	1,96
C23 - Environmental Impact: CO2 emission and air pollution reduction	3,00	2,75	2,75
C24 - Environmental Impact on Flora, Fauna and Territories	2,00	2,00	2,00
TOTAL	80,94	95,29	87,80

	SCORE		
	Preliminary Design	Alternative 1	Alternative 2
C1 - Safety for People and Goods	1,00	5,00	2,00
C2 - Security	3,00	3,00	3,00
C3 - Passenger train runtime and commercial speed	10,00	10,00	10,00
C4 - Freight Train runtime and commercial speed	10,00	10,00	10,00
C5 - Network effects of seamless travel in passenger /freight supply chain	0,00	2,00	2,00

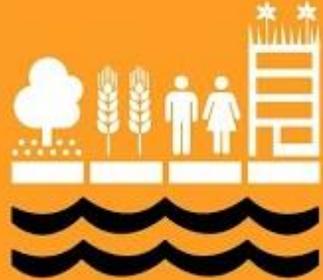


22 km Barreras Acústicas

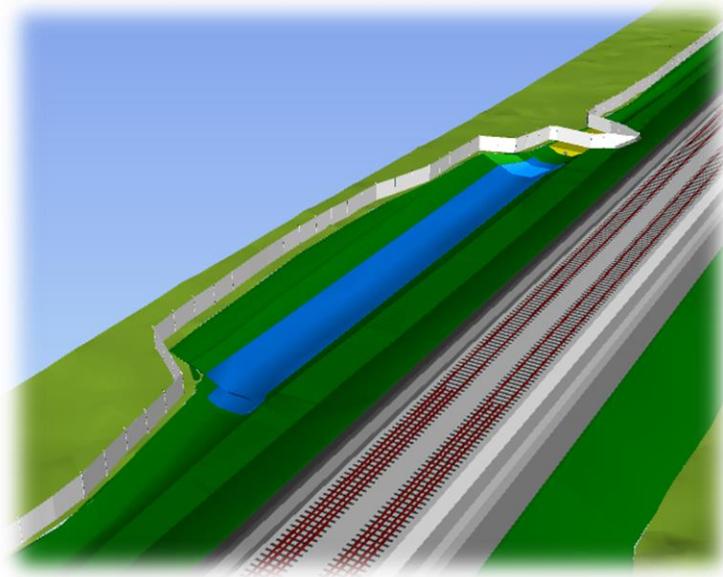
11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



META 11-5



Reducimos la vulnerabilidad frente a los efectos adversos derivados de desastres naturales



Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)

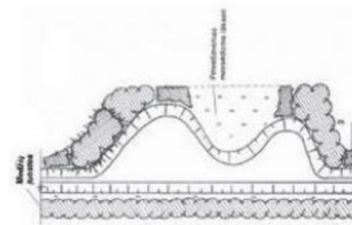


Figure 69. Concept design of pond solution at DPS1.

**Capacidad Total
11.400 m³**

9

INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURAS



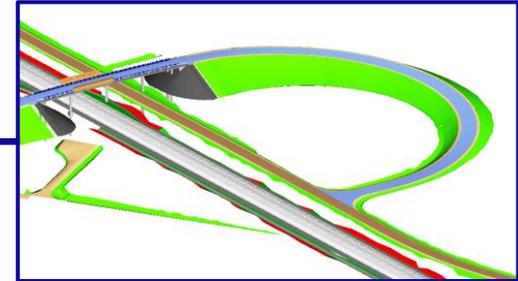
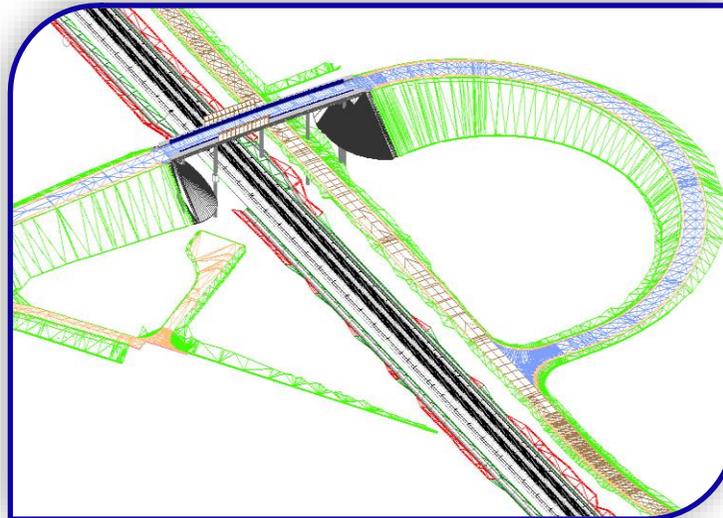
META

9-1



*Desarrollamos una
infraestructura
sostenible*

**Building Information
Modelling (BIM)**



9

INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURAS

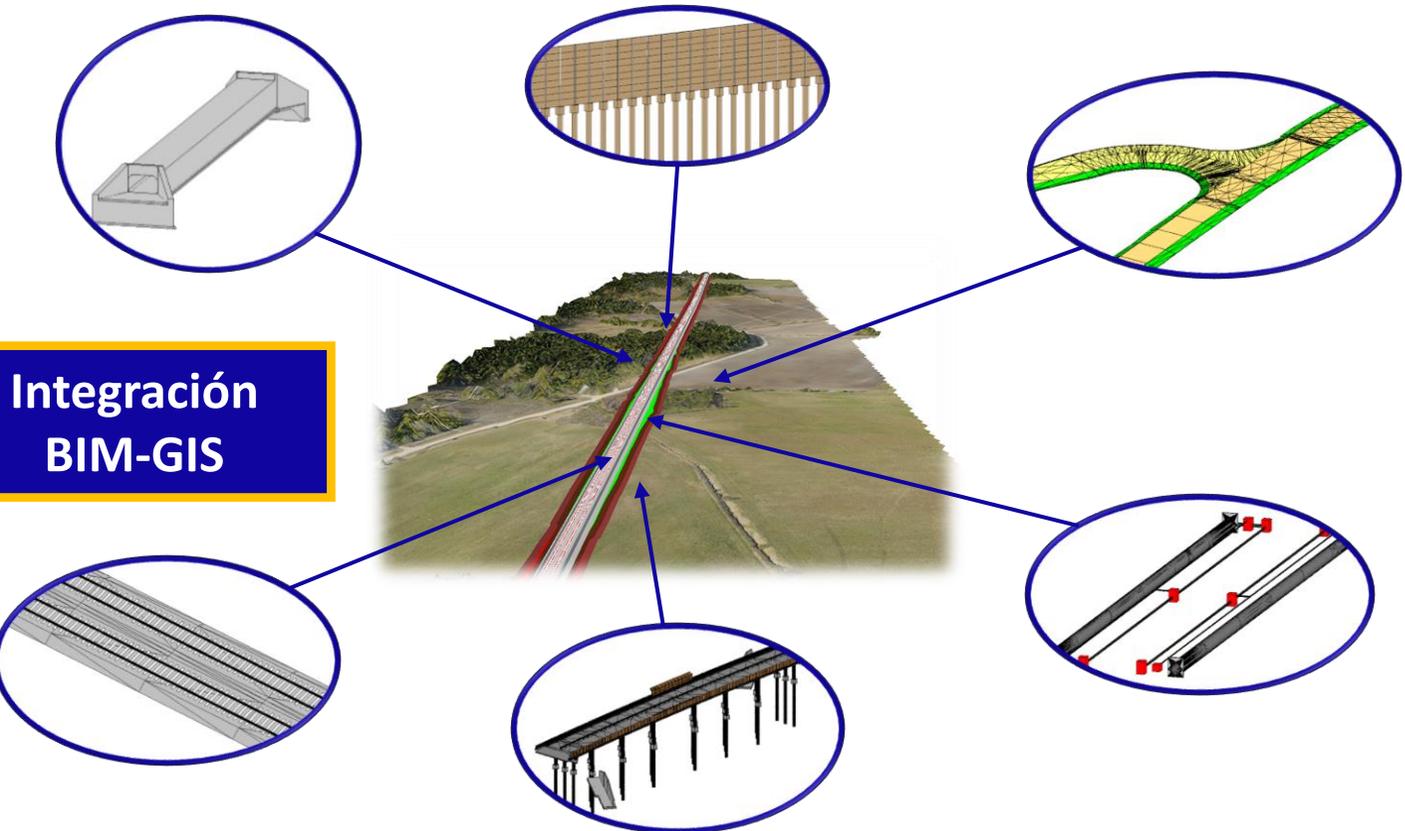


META

9-4



Modernizamos la infraestructura y promovemos la adopción de procesos sostenibles mediante la digitalización



9

INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURAS

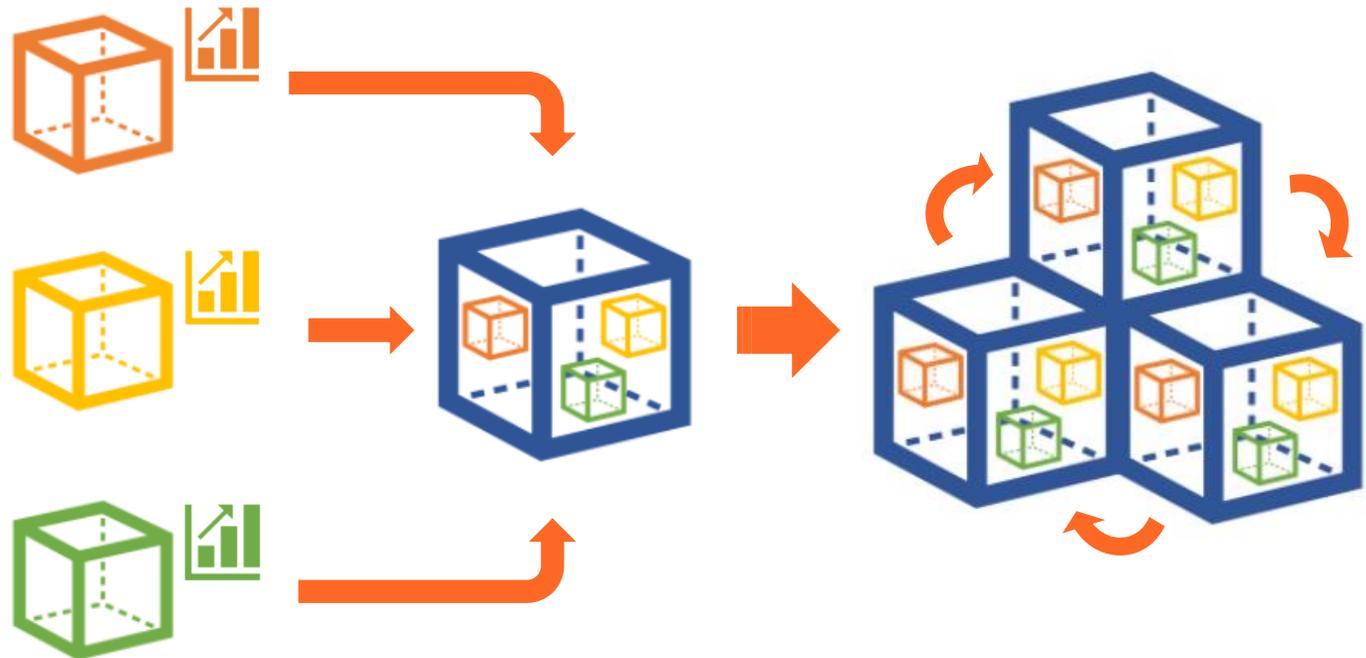


META

9-4



Modernizamos la infraestructura y promovemos la adopción de procesos sostenibles mediante la aplicación tecnológica



16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS



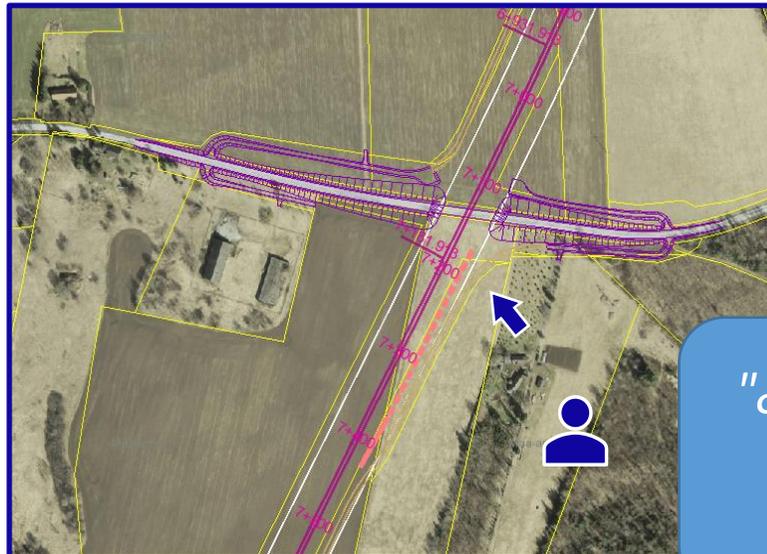
META

9-4



Fomentamos la participación ciudadana

“Favorecemos la comunicación y damos respuesta a las partes afectadas con herramientas **BIM**”



 Rail Baltica

"¿Qué impacto visual tendrán los particulares desde su lugar de residencia?"

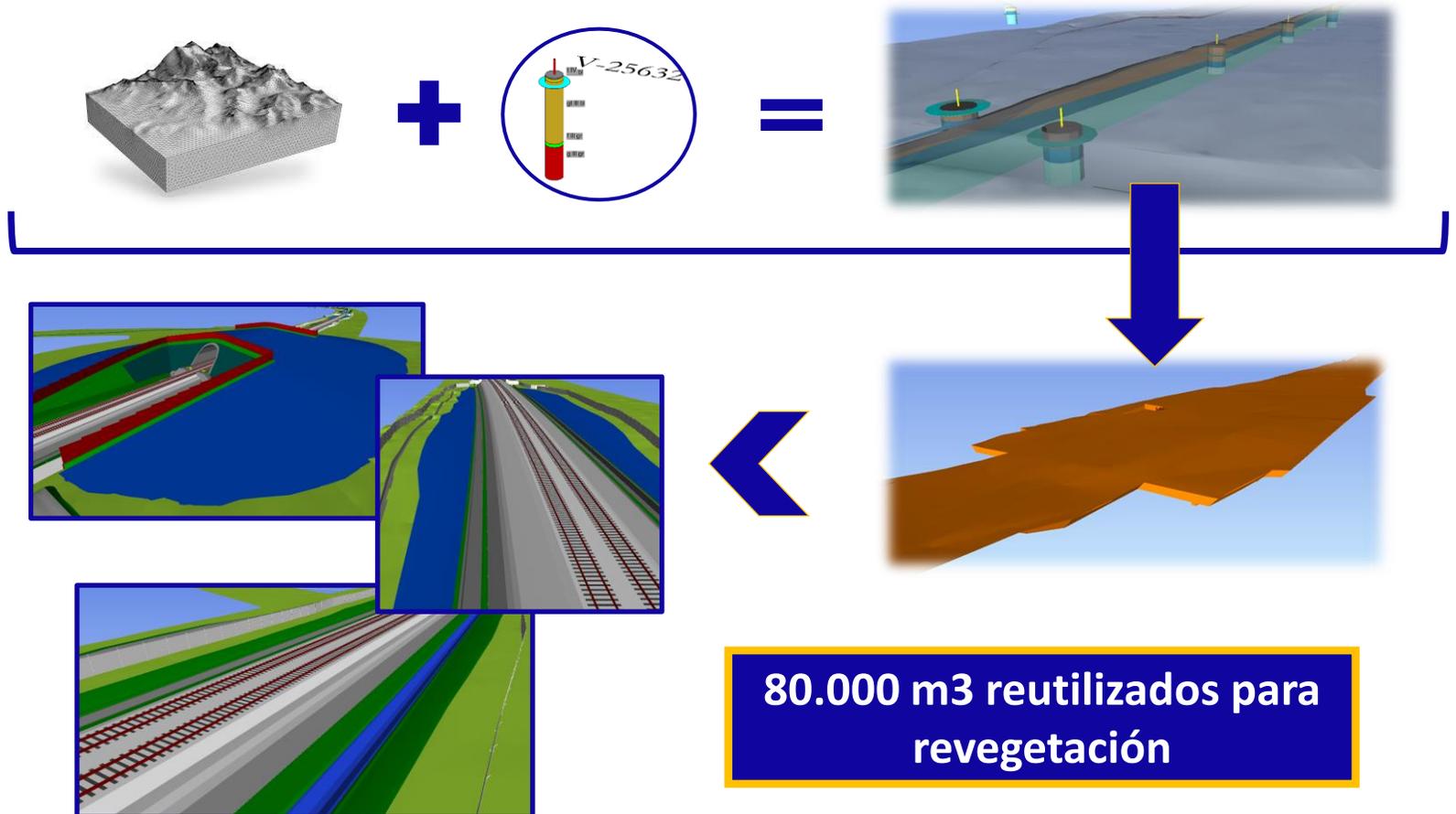
12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



META 9-4



Favorecemos el uso eficiente de los recursos naturales

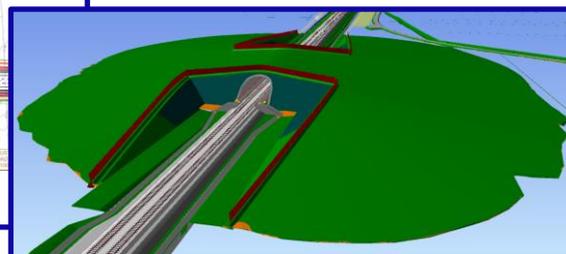
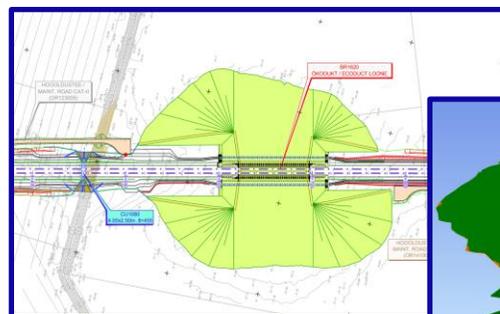


15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

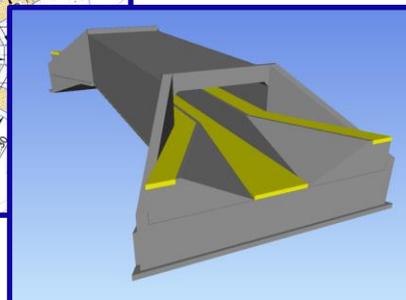
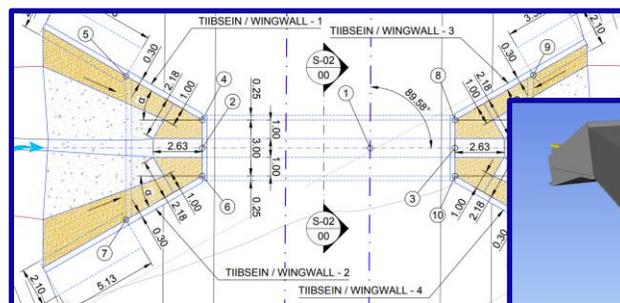


META

15-5



14 Ecoductos



290 Estructuras de Paso

Aplicamos medidas contra la degradación y pérdida de la biodiversidad

15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

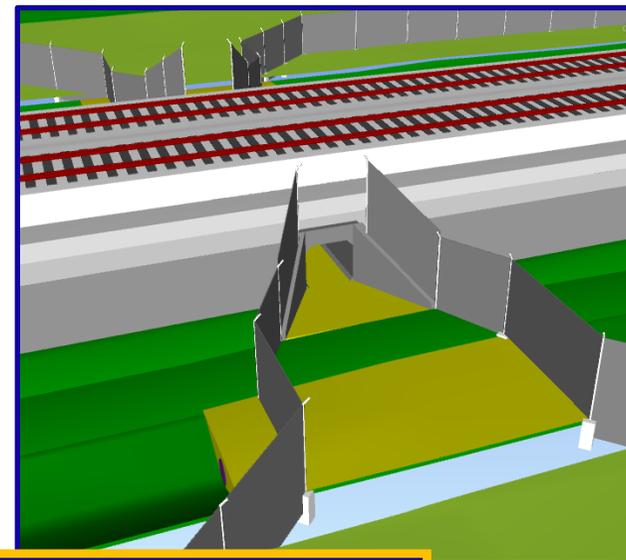
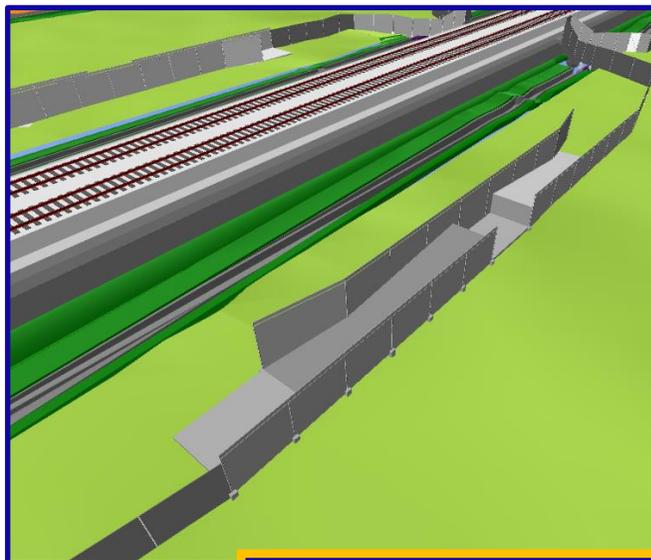


META

15-5



Aplicamos medidas contra la degradación y pérdida de la biodiversidad



Rampas y zonas de escape

15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

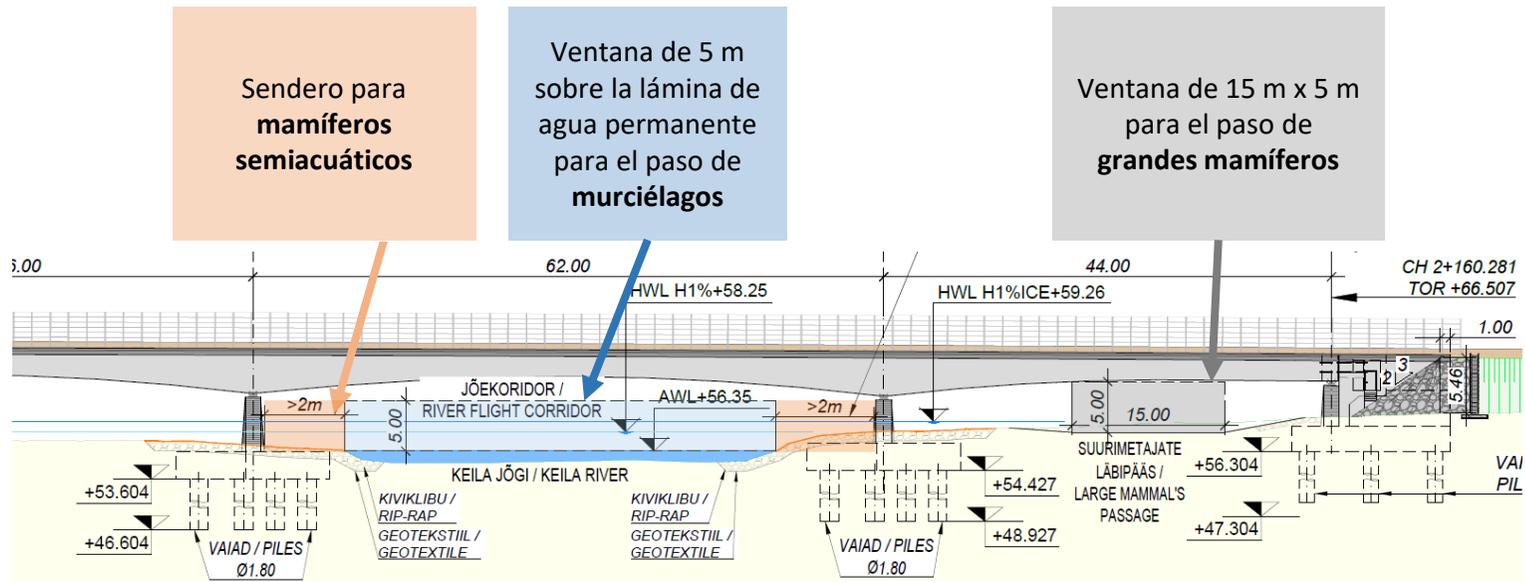


META

15-5



Aplicamos medidas contra la degradación y pérdida de la biodiversidad



Adecuación de gálibos a tránsito de especies animales

13 ACCIÓN POR EL CLIMA



META 13-1



Fortalecemos la Resiliencia de la infraestructura frente al cambio climático

Rail Baltica
Project No. 1300004

Final Report

Study on climate change impact assessment for the design, construction, maintenance and operation of Rail Baltica railway

Co-financed by the European Union
Part of the European Union

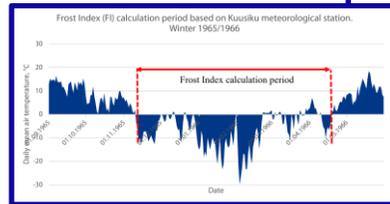


Rail Baltica
1300004-010

Design guidelines

Adaptation to Climate Change

Co-financed by the European Union
Part of the European Union



MATRIZ DE CAMBIO CLIMATICO

Id.	Componentes (tema, subtema y/o indicador)	Riesgos	Componentes de planificación	Medidas de adaptación
1.1	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental
1.2	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental
1.3	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental
1.4	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental
1.5	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental
1.6	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental
1.7	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental
1.8	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Impacto de la actividad de la construcción en el medio ambiente	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental	Medidas de adaptación: - Planificación de la construcción en etapas de menor impacto ambiental - Evaluación de la actividad de la construcción en etapas de menor impacto ambiental

Vulnerabilidad
↓
Riesgo
↓
Adaptación

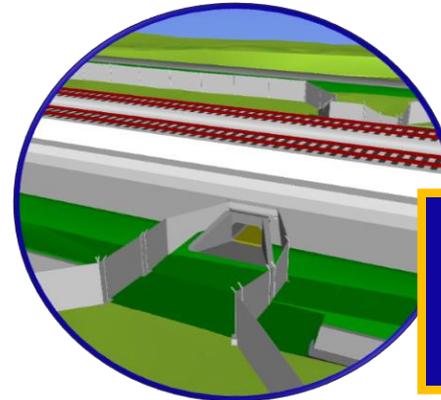
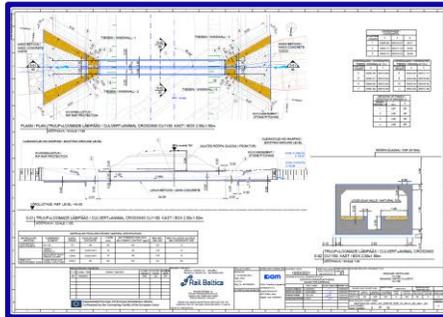
13 ACCIÓN POR EL CLIMA



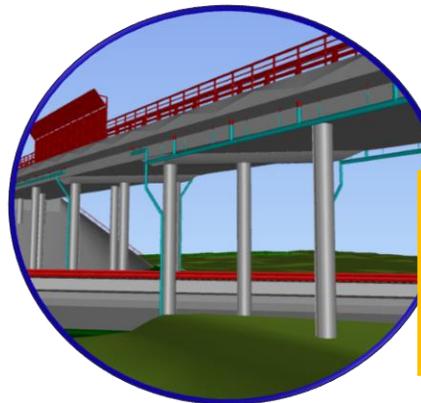
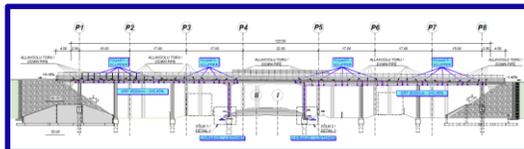
META 13-1



Fortalecemos la Resiliencia de la infraestructura frente al cambio climático



97 Obras de Drenaje Transversal



39 Drenajes de Estructuras

13 ACCIÓN POR EL CLIMA



META 13-2



*Integración de
medidas y
estrategias frente
al cambio
climático*



ODS – Conclusiones sobre aporte general en el proyecto





RONDA DE PREGUNTAS

TALLINN
TALLINN

Alu

Selja

LIETUVA
LITHUANIA

Efecto de la exposición a hidrocarburos en las propiedades mecánicas de las placas de asiento

Ponente: José Adolfo Sainz-Aja (LADICIM – U. Cantabria)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical properties of rail pads

Jose A. Sainz-Aja

Diego Ferreño, Isidro Carrascal, Jose Casado and Soraya Diego

*LADICIM (Laboratory of Materials Science and Engineering), Universidad de
Cantabria. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Av. Los Castros 44,
39005 Santander, Spain.*



LADICIM

LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Index:

- 1. Introduction*
- 2. Materials and methods*
- 3. Results*
- 4. Conclusions*

Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical
properties of rail pads



LADICIM
LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



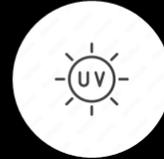
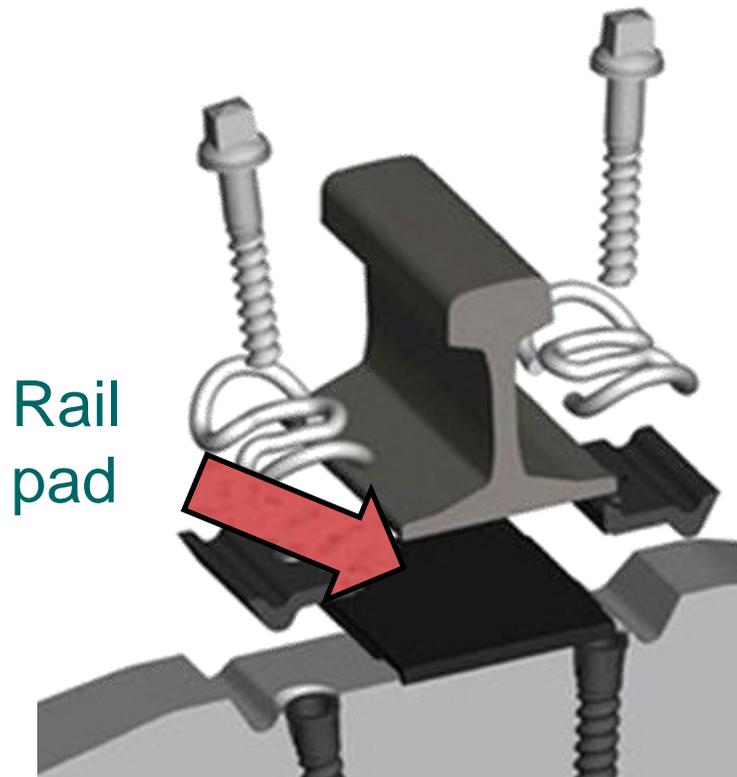
UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

Introduction:



SOLAR
RADIATION



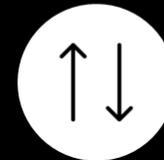
TEMPERATURE



HUMIDITY



WEARING



MECHANICAL
STRESSES



HYDROCARBONS

Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical
properties of rail pads



LADICIM

LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

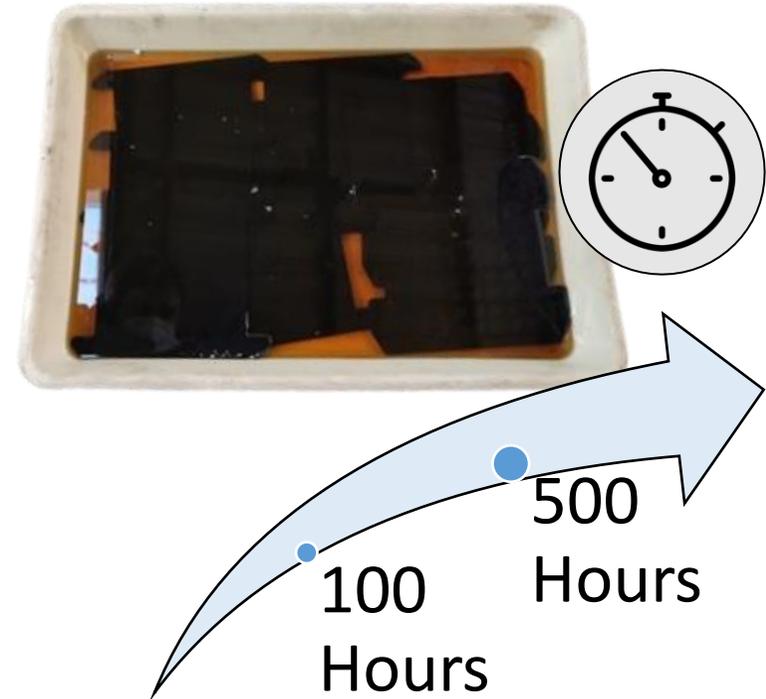
LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Materials and methods:

Hydrocarbon
NUTO - 46



A



EPDM
Thickness 11 mm
Studs 2.5 mm

B



EPDM
Thickness 11 mm
Studs 1.5 mm

C



EVA
Thickness 10 mm
Studs 2 mm

Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical
properties of rail pads



LADICIM
LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

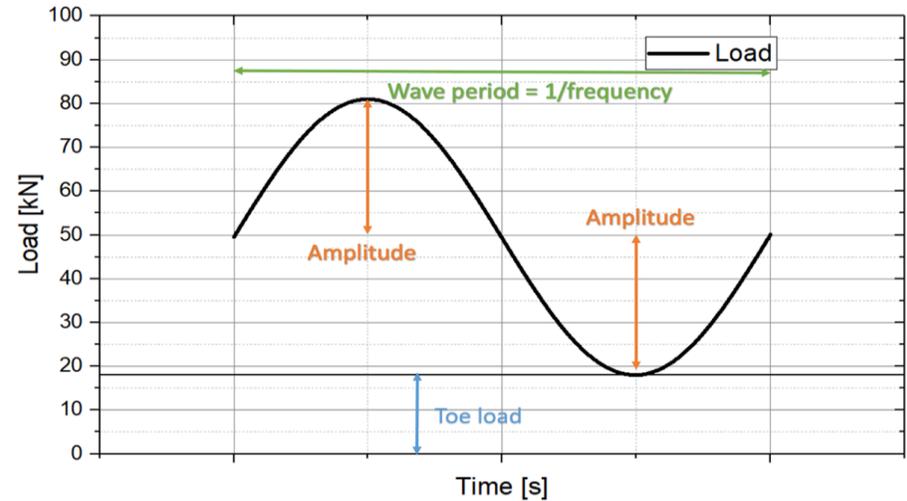
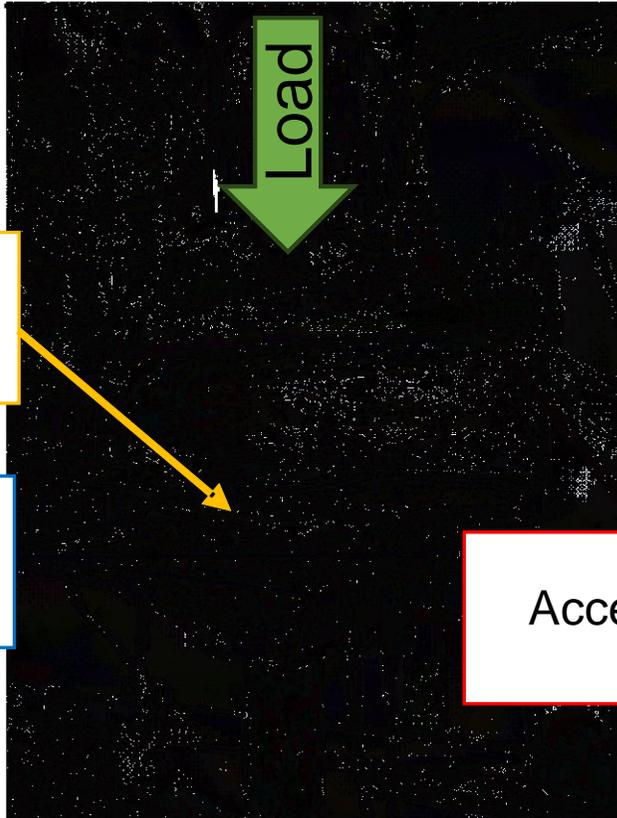
Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria

Materials and methods:



Variable	Values
Load amplitude	15.5, 21 & 31.5 kN
Toe load	1, 9, 18 & 25 kN
Frequency	2.5, 5, 10 & 20 Hz

Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical properties of rail pads



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

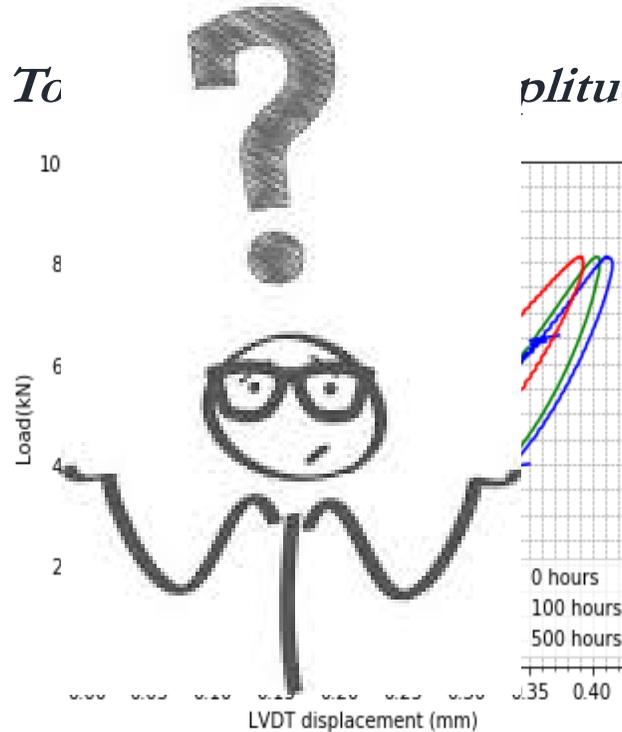
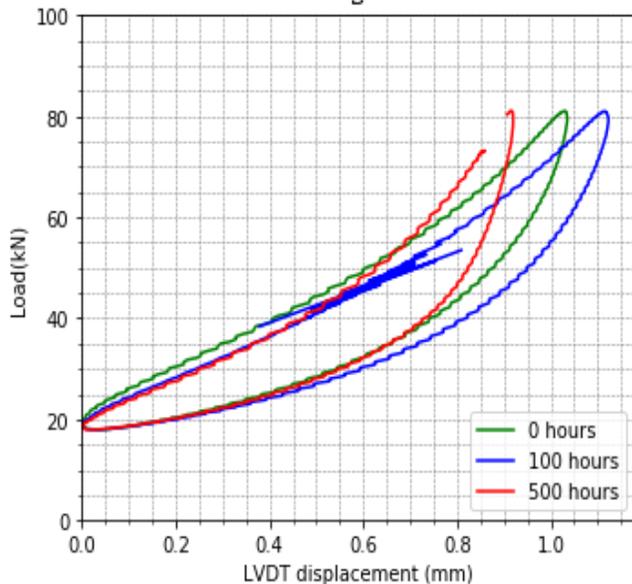
LABIC.UGR



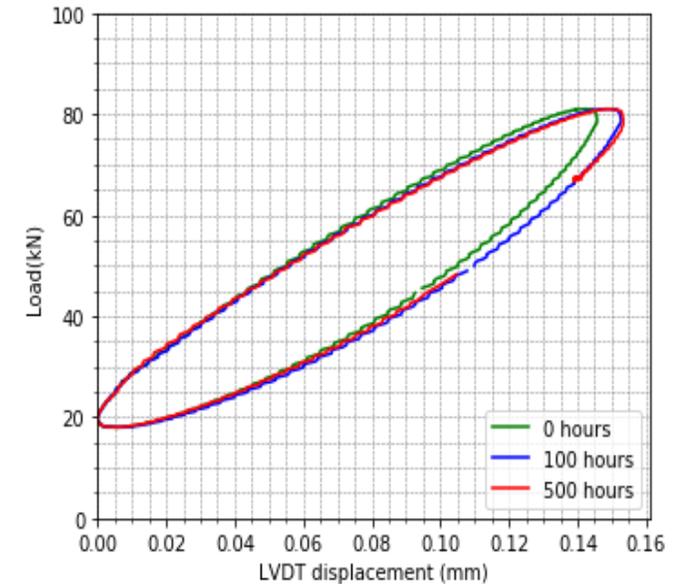
Secretaría Técnica

Results:

Frequency = 5Hz; T_c



plitude = 31.5 kN



Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical properties of rail pads



LADICIM
LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR

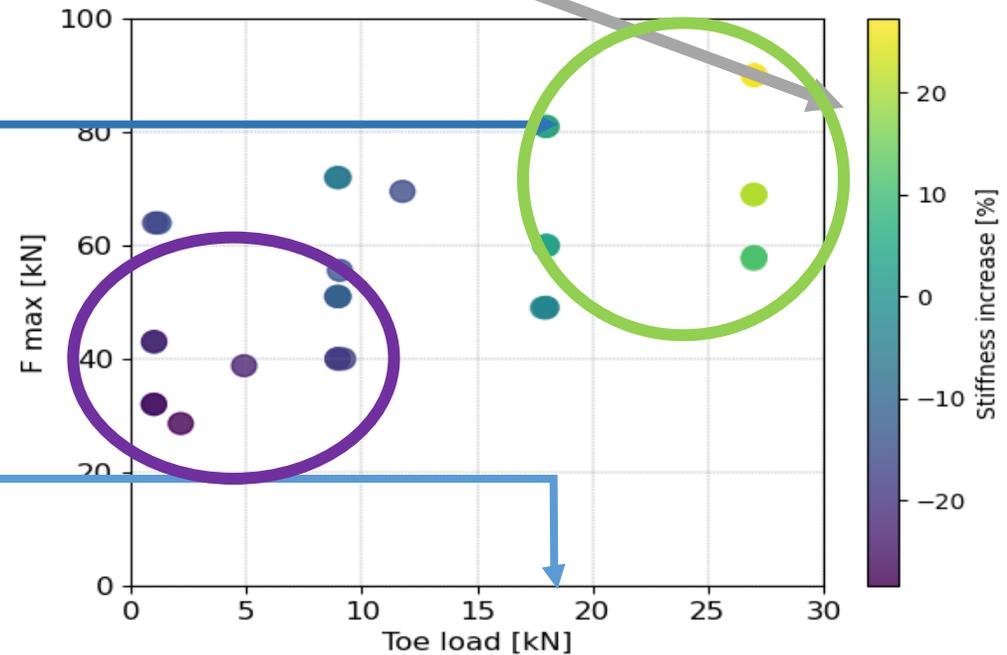
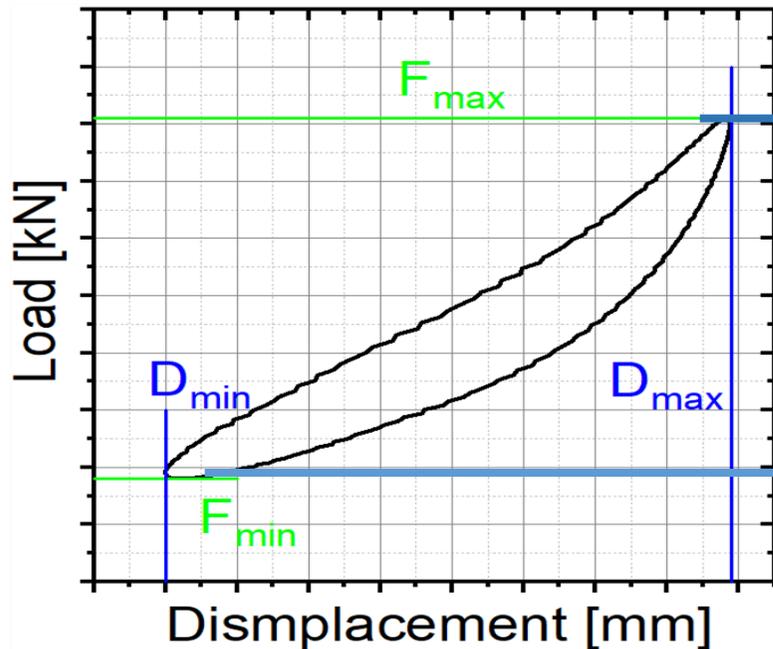


Secretaría Técnica

Results:

Rail pad A

$$V_k = \frac{K_{500} - K_0}{K_0}$$



Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical properties of rail pads



LADICIM
LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

Results:



Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical
properties of rail pads



LADICIM

LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

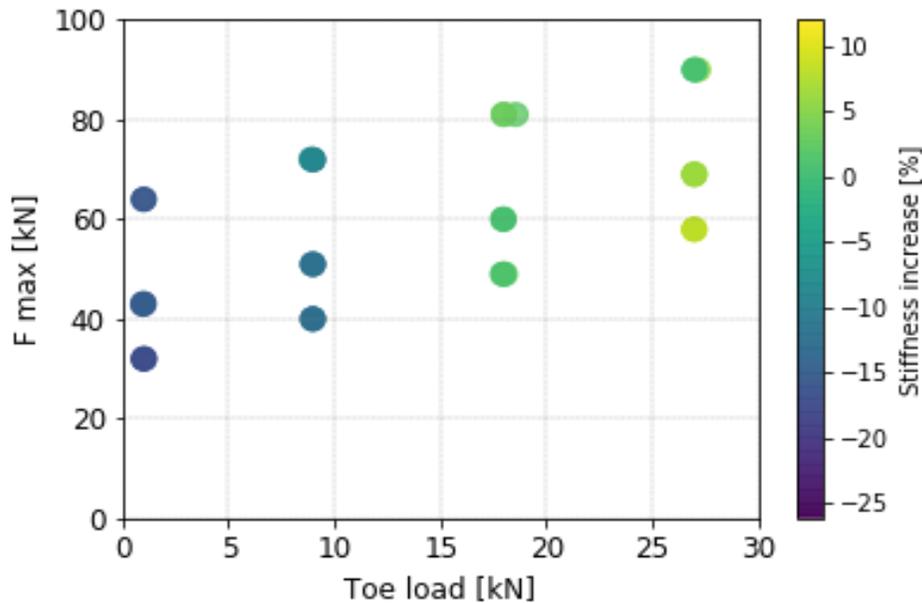
LABIC.UGR



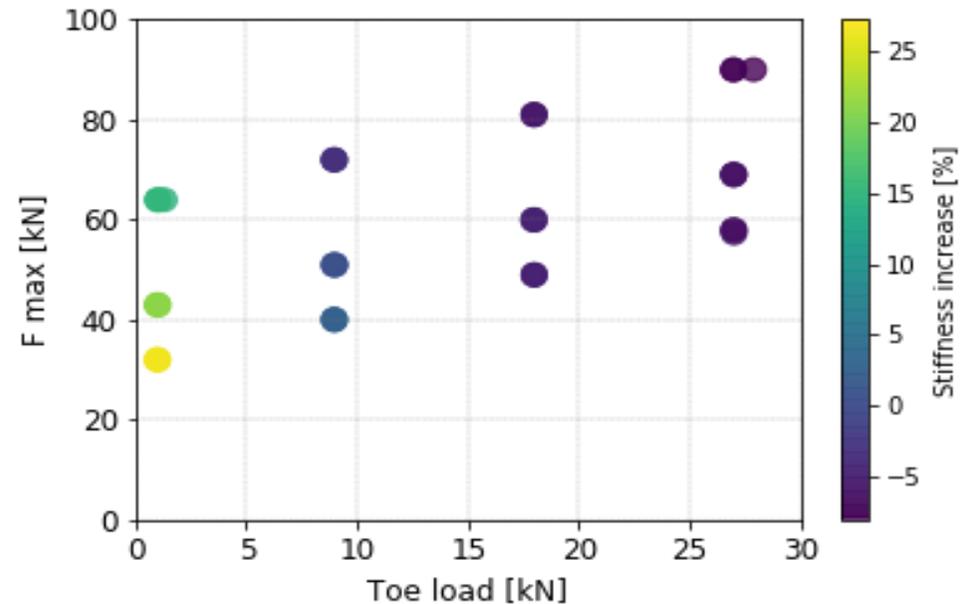
Secretaría Técnica

Results:

Rail pad B



Rail pad C



Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical
properties of rail pads



LADICIM
LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

Conclusions:

- 1. The exposure to oil NUTO H-46 has drastically reduced the stiffness properties of EPDM rail pads. On the contrary, the properties of EVA rail pad reveal negligible changes after similar hydrocarbons exposure.*
- 2. It is also noticeable that the exposure of EPDM pads to hydrocarbons leads to a decrease of their stiffness properties. However, in certain cases, primarily due to the component's geometry, the response of the component exhibits a stiffness increment.*
- 3. This finding underestimates the crucial role of design geometry in the performance of materials, even when the material composition remains constant.*

**Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical
properties of rail pads**



LADICIM

LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Granada, 17 Octubre 2024



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

Thank you!

sainzajaj@unican.es

www.ladicim.es

Effect of hydrocarbon exposure on the mechanical
properties of rail pads



LADICIM

LABORATORIO DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

Granada, 17 Octubre 2024

La economía circular en la plataforma ferroviaria

Ponente: Ángel Sampedro Rodríguez (U. Alsonfo X El Sabio)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

La economía circular en la plataforma ferroviaria



Ángel Samp Pedro Rodríguez

Director Área Ingeniería y Arquitectura – sampedro@uax.es

UAX Universidad
Alfonso X el Sabio

Granada, 17 Octubre 2024



Índice:

1. Introducción
2. La economía circular
3. La economía circular en el ferrocarril
4. Indicadores de economía circular
5. Casos prácticos
6. Retos y conclusiones





1. Introducción

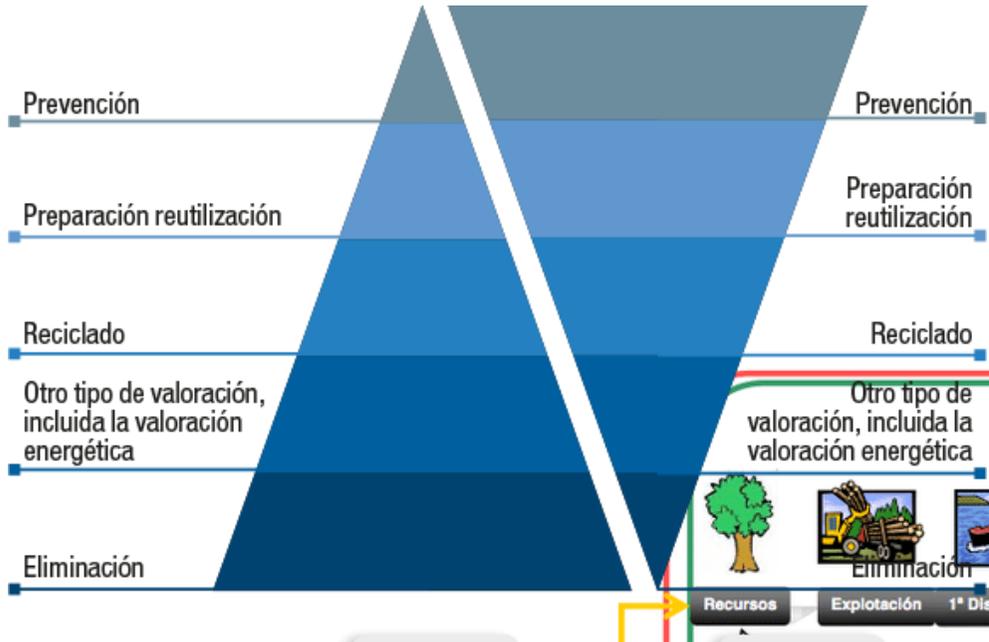
Estrategias ambientales para el siglo XXI:

- Economía Circular.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- Descarbonización.
- *Adaptación/Resiliencia.*
- Criterios ESG.

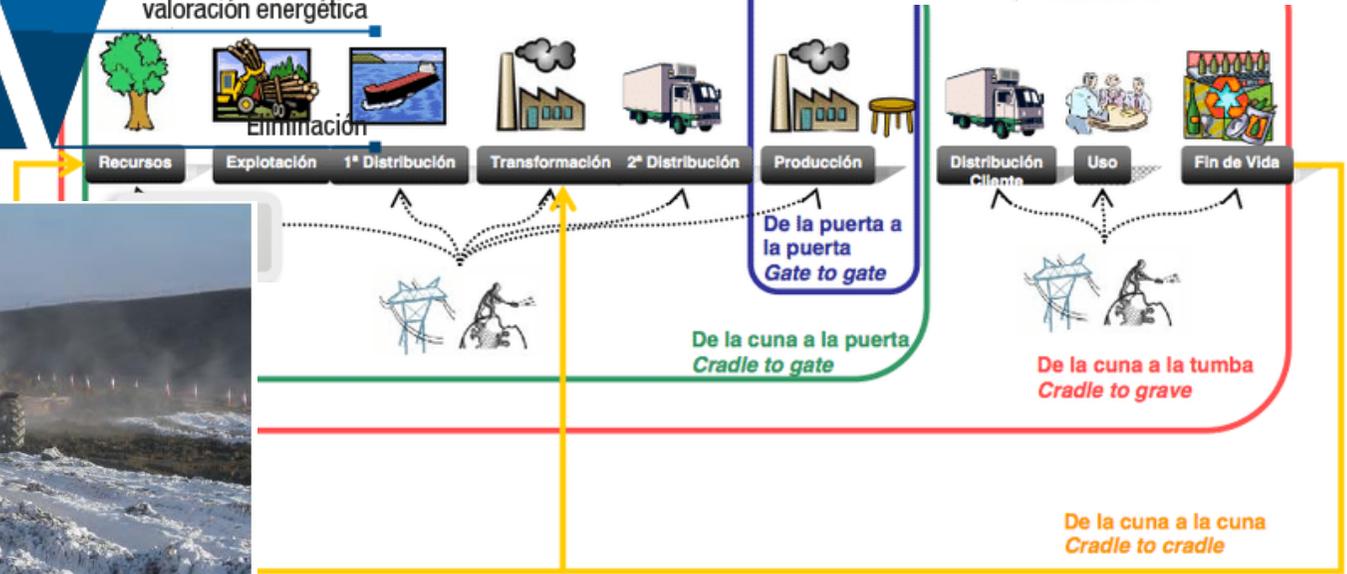




2. La economía circular



ECONOMÍA CIRCULAR



Terminología relacionada con el alcance de un ACV



3. La economía circular en el ferrocarril

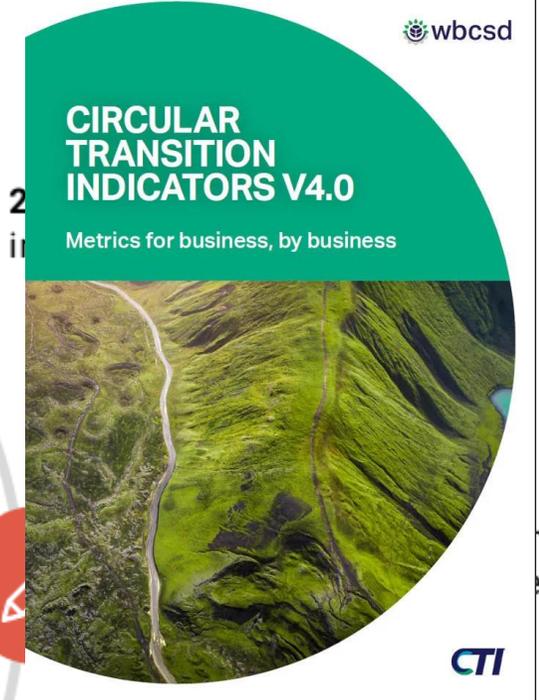


- Catálogo de criterios ambientales y sociales para la contratación (CPE).
- Proyecto "*Ecomilla*" en entornos urbanos (bajas emisiones).
- Gestión eficaz de los excedentes de tierras (recuperación/reutilización).
- Medidas para incrementar la reutilización de la tierra vegetal.
- Materiales y técnicas de gestión sostenible en estaciones de ferrocarril.
- Programa integral para la recuperación social de activos ferroviarios en desuso, generando valor mediante proyectos: emprendimiento/servicio.



4. Indicadores de economía circular

1. Alcance. Fijar los límites.



Cerrar el ciclo

- % circularidad material
- % circularidad del agua
- % de energía renovable

Optimizar el ciclo

- % de material crítico
- % tipo de recuperación
- Vida útil
- Circulación de agua in situ

Valor del ciclo

- Productividad material circular
- Ingresos del CTI

Impacto del ciclo

- Impacto de GEI
- Impacto en la naturaleza



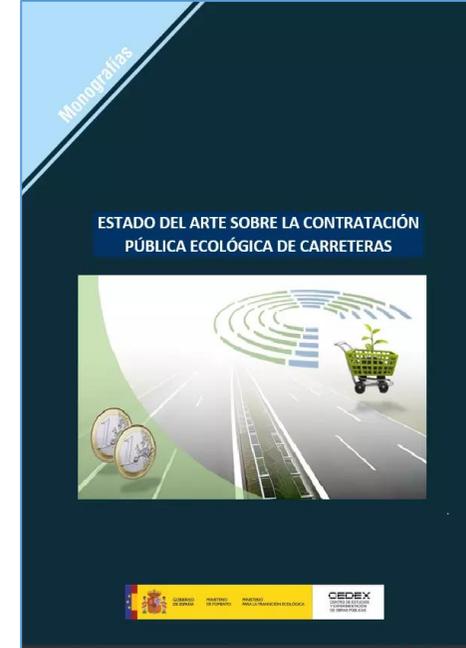
5. Casos prácticos





6. Retos y conclusiones

- La economía circular está en camino.
- Factores clave: durabilidad y reciclabilidad.
- Reducción de préstamos/vertederos/transporte.
- BIM: 6D – evaluación de la sostenibilidad.
- Normativa: ecodiseño y CPE (GPP).
- Perspectiva de ACV completo.



Información del Ciclo de Vida del edificio.														Información adicional más allá del Ciclo de Vida
A1 a A3			A4 - A5		B1 a B7					C1 a C4				D
Etapa de producto			Etapa de construcción		Etapa de uso					Etapa de fin de vida				Beneficios y cargas más allá del sistema
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	MNE	MNE	MNE	MNE	MNE	MNE	MNE	MNE	MNE	MNE	MNE
Suministro de materias primas			Transporte		Uso					Deconstrucción, demolición				Potencial de reutilización, recuperación y reciclaje
Transporte			Proceso de construcción / instalación		Mantenimiento					Transporte				
Fabricación					Reparación					Tratamiento de residuos				
					Sustitución					Eliminación de residuos				
					Rehabilitación									
Escenario			Escenario		Escenario					Escenario				Escenario

X: Módulo evaluado
MNE: Módulo no evaluado



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Secretaría Técnica

UAX Universidad
Alfonso X el Sabio

¡Muchas gracias por su atención!

Ángel Sampedro Rodríguez
Director Área Ingeniería y Arquitectura – sampedro@uax.es

Granada, 17 Octubre 2024

Análisis de corrientes vagabundas

Ponente: Raúl Parra Hermida (MetroTenerife)



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento
para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Análisis de corrientes vagabundas

Raúl Parra Hermida

Metropolitano de Tenerife S.A., Director de Proyectos



Granada, 17 Octubre 2024

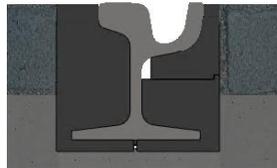
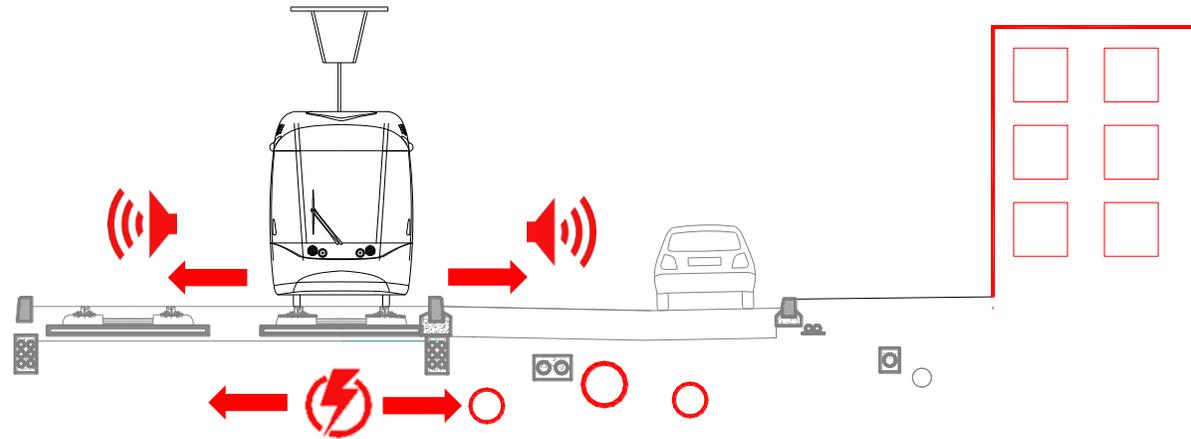
ENTORNO

- Líneas ferroviarias urbanas con trazados en superficie:
 - Carril embebido en revestimiento
 - Tránsito sobre plataforma
 - Cruces viarios
 - Tramos peatonales
 - Estética y paisajismo



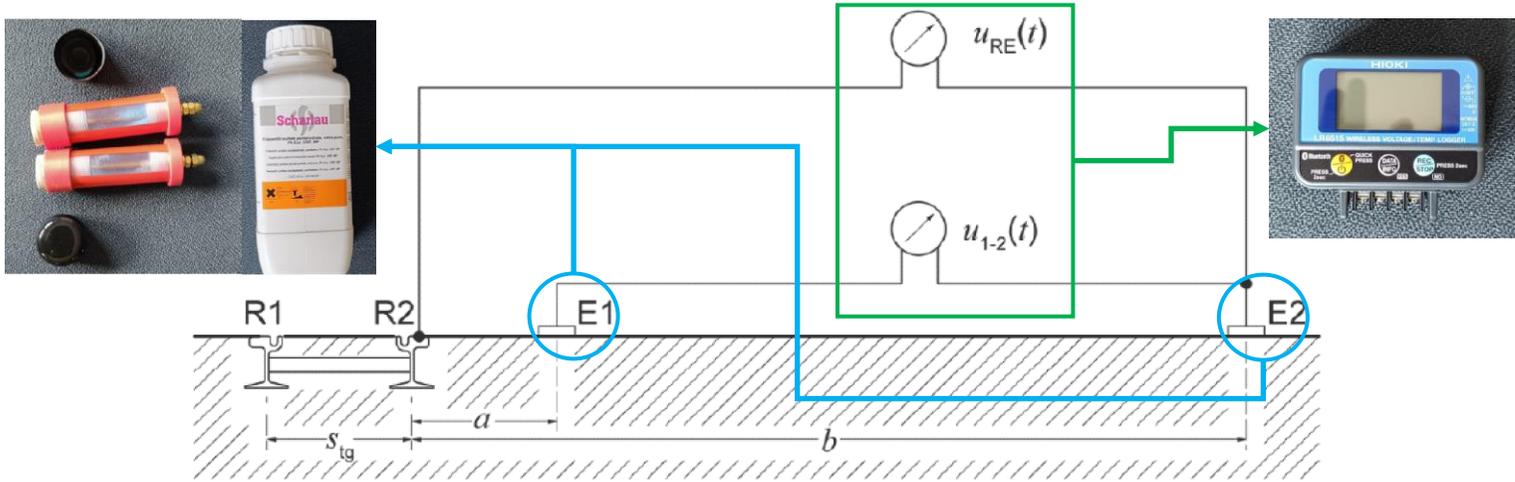
ENTORNO

- Corrientes vagabundas: afección a canalizaciones
- Ruido por circulación de material móvil



Solución convencional: aislamiento eléctrico y acústico mediante enchaquetado del carril

ENSAYO REALIZADO



UNE EN 50122-
2:2023

Conductancia local

$$G'_{RE} = \frac{m_{SR} \cdot \pi \cdot 1000}{\rho_E \cdot \ln \left(\frac{b + 0,5 \cdot s}{a + 0,5 \cdot s} \right)}$$

Resistividad del terreno

Tasa de transferencia

Intensidad eléctrica

$$I = G'_{RE} \times U_{RE}$$

Diferencia de potencial



ENSAYO REALIZADO



Imagen 8-1. Vista general Parada Conservatorio



Imagen 8-3. Vista general Parada Mantecas



Imagen 8-2. Ubicación de equipos. Parada Conservatorio.

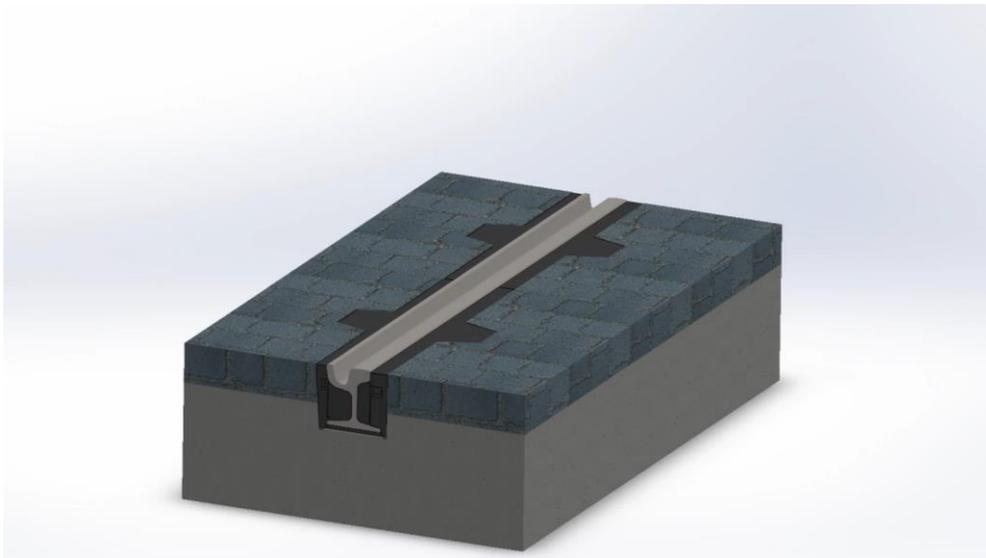
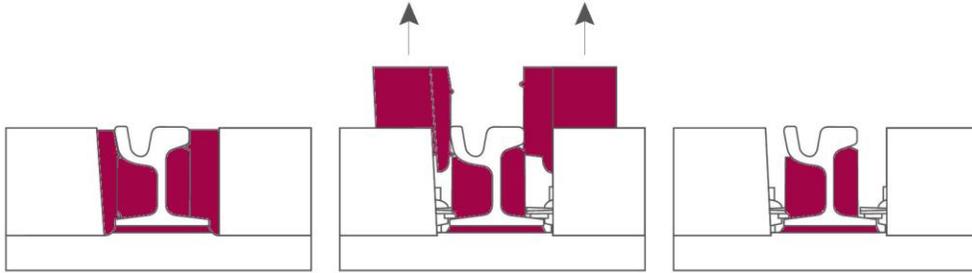


Imagen 8-4. Ubicación de equipos. Parada Mantecas.

UNE EN 50122-
2:2023

“la experiencia durante más de tres décadas demuestra que no se producen daños en las vías durante ese periodo, si la corriente vagabunda media por longitud no sobrepasa el valor de 2,5 mA/m” (5 mA/m en vía doble)

NUEVA PROPUESTA



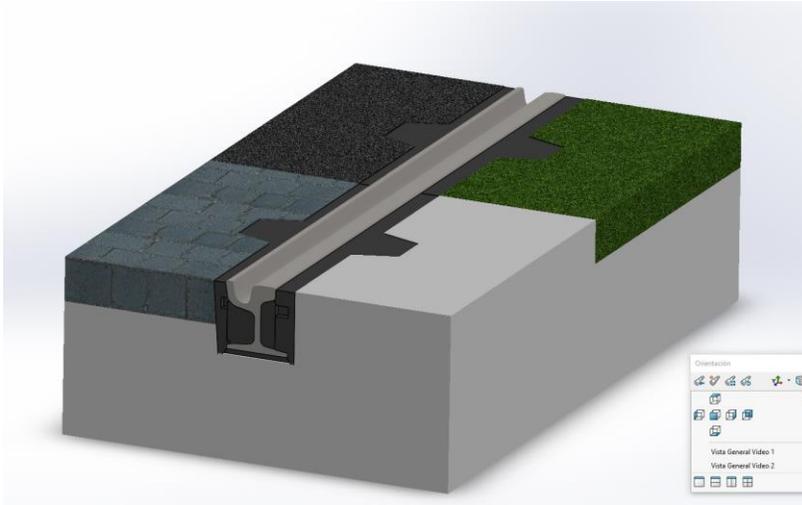
Ventajas

- Caucho triturado (NFU) + resina poliuretano
- < nº elementos (no caperuza)
- < costes sustitución carril
- < residuos
- < plazos de ejecución
- < interferencias servicio comercial
- < molestias al entorno

Patentada por  metrotenerife

Comercializada por  ArcelorMittal

NUEVA PROPUESTA

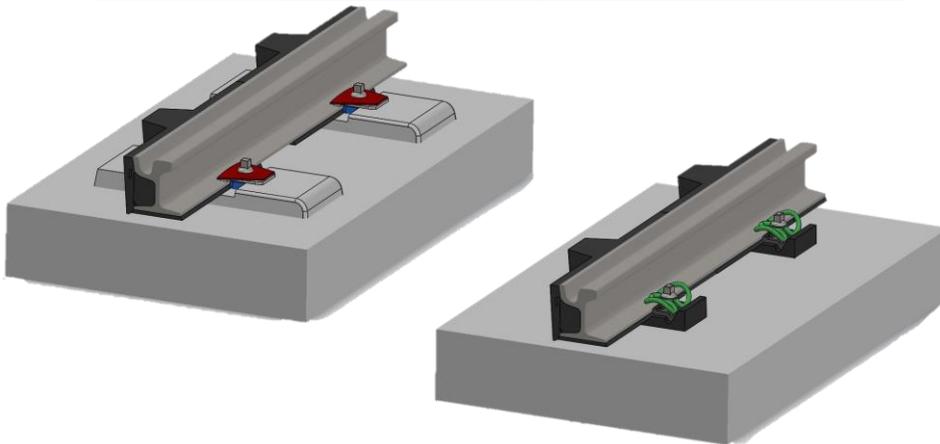


Revestimientos

- Hormigón
- Asfalto
- Adoquines y similares
- Césped

Sujeciones

- Nabla
- Clip



Patentada por  metrotenerife

Comercializada por  ArcelorMittal

NUEVA PROPUESTA



OTROS DISPOSITIVOS EN MERCADO



Sistema embebido en vía para la inspección de ruedas de vagones en movimiento mediante tecnología EMAT Magnetoestrictiva

*Ponente: Álvaro Pallarés Bejarano
(Innerspec Technologies Europe S.L.)*



II JORNADA TÉCNICA

*I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y
Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria*

LABIC.UGR



Sistema embebido en vía para la inspección de ruedas de vagones en movimiento mediante tecnología EMAT Magnetoestrictiva

Dr. Álvaro Pallarés
Innerspec Technologies Europe S.L.

Innerspec
High-performance NDT solutions

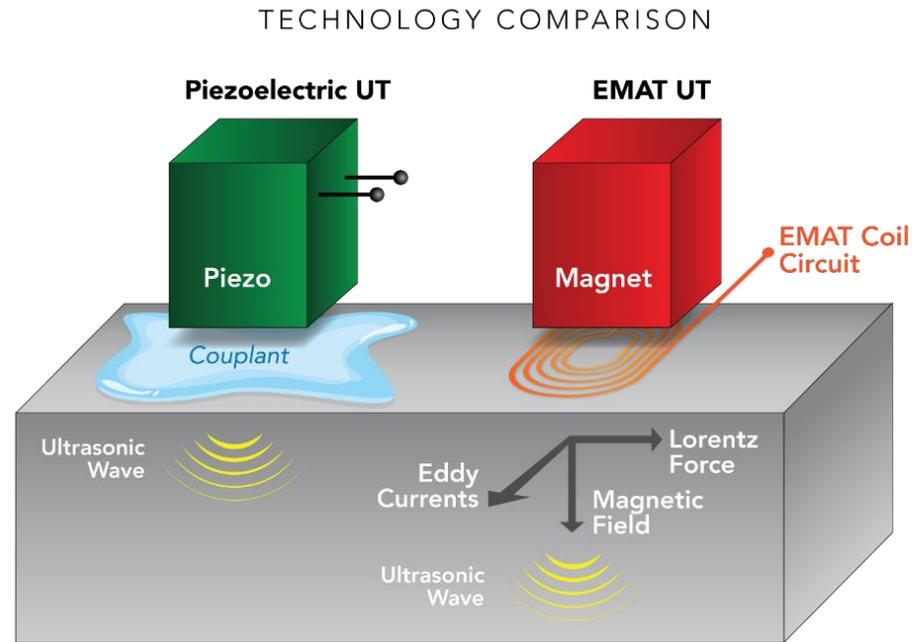
Granada, 17 Octubre 2024

Empresa



- Empresa global con oficinas en USA , España, UK, China, Mexico y Bahrain, y distribuidores/representantes con cobertura mundial.
- \$20MM facturación (€6MM en Europe) y 110 empleados (40 en Europa)
- 56 patentes de equipos y aplicaciones NDT
- Desarrollo del primer EMAT (NASA) in 1989, y primer product commercial EMAT en 1994.
- Líder mundial en ultrasonidos de alta potencia y EMAT con más de 300 sistemas integrados instalados en más de 30 países y la oferta de equipos portátiles de inspección más completa.

Tecnología EMAT



Ventajas

- Operación en seco, sin necesidad de contacto directo con la pieza a inspeccionar.
- La condición de la superficie a inspeccionar no afecta al resultado
- Capacidad de generar modos de Ondas únicos.

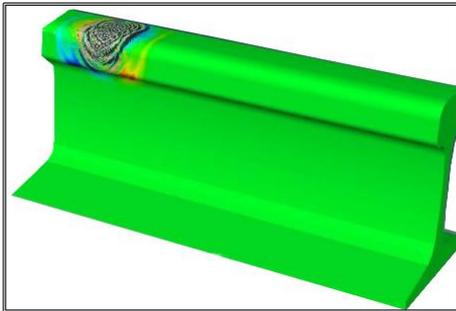
Limitaciones

- Sensores de gran tamaño
- Menor ratio Señal-Ruido
- Requiere potencias más altas

Experiencia en el sector ferroviario

Estres residual en ruedas de tren

- Cumple EN 13262:2011 & VPI 09
- Repetibilidad de ± 5 MPa
- Inspección en seco, sin acoplante.
- Inspección con sensor dual (EMAT – PIEZO) basada en Birefringencia.
- Resultados en MPa y PSI

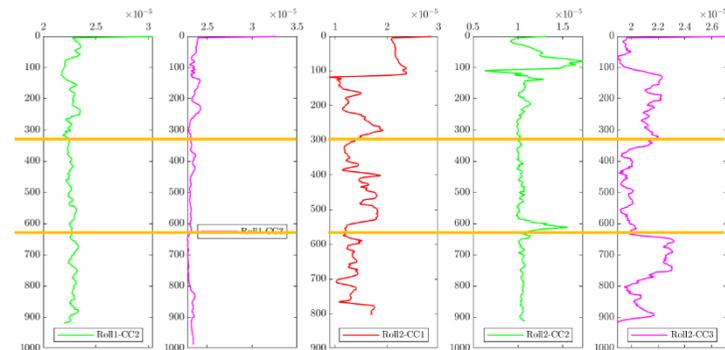


Inspeccion de cabezas de vía

- Detección de grietas, quemaduras o marcas de frenado en la superficie y subsuperficie.
- Detección de defectos internos en la cabeza.
- Velocidad de inspección hasta 36 km/h

Perfiles de estrés residual de vías. (En curso)

- Medición de estrés residual de forma continua en tramos largos de vías.
- Resultados positivos para mediciones relativas de estrés superficial y subsuperficial (3-5mm de penetración).
- Velocidad de inspección hasta 36 km/h
- Medición de estrés residual absoluto bajo investigación.

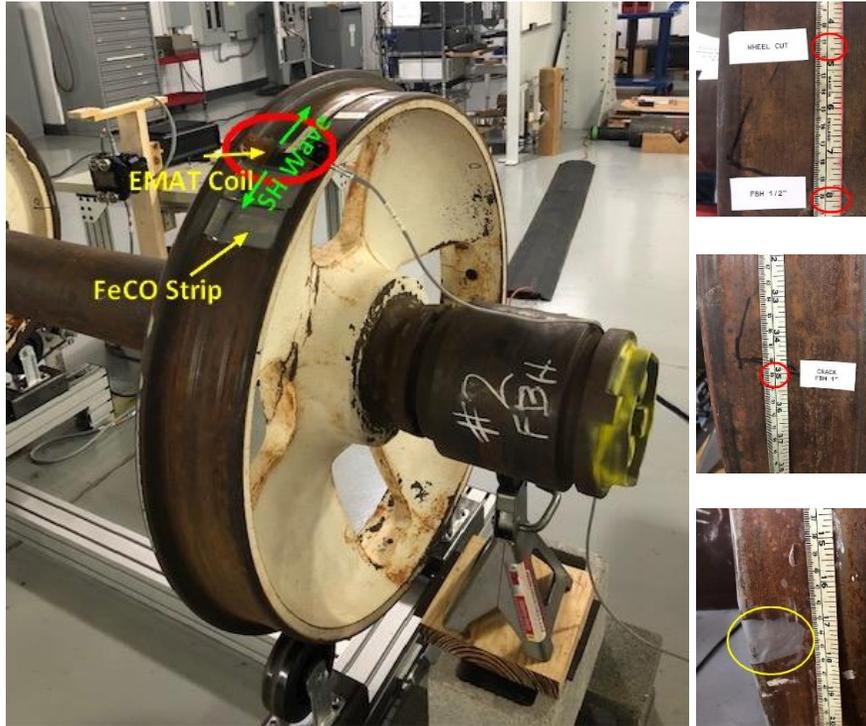


¿Rueda? 🤔 ¿Esto no iba de infraestructura?

Elemento crítico para asegurar la Seguridad, Eficiencia y Longevidad tanto de los trenes como de la infraestructura. La Fractura y Fatiga mecánica representa el 80% de los problemas en las ruedas de tren.

Defecto en rueda	Impacto en vía
Planos	Efecto martillo en vía que puede originar daños a la cabeza Corrugación, ondulación de la vía. Grietas por fatiga por estrés repetitivo.
Quemaduras	Expansión y contracción localizada puede provocar desalineamientos o pandeos, incluso grietas. Ablandamiento del riel
Hendiduras en banda de rodadura	Desgaste irregular.
Grietas en banda de rodadura	Fuerzas de impacto elevadas Grietas por estrés repetitivo.
Grietas subsuperficiales	Desgaste irregular de la cabeza Inicio de grietas por fatiga de contacto rodante. Fractura en vías sin mantenimiento

Inspección de ruedas



SoA: Inspección ultrasónica con Ondas superficiales

- Afectada por el agua, polvo, corrosión u otros contaminantes.
- Problemas con bandas de rodadura rectificadas.
- Penetración de menos de 3mm
- Mal comportamiento en entornos reales.

NUEVO MÉTODO DE INSPECCIÓN CON ONDAS GUIADA.

- Basado en EMAT
- Usando cinta magnetostrictiva (FeCo)
- Penetración de 7mm en la rueda.
- Inspección de ruedas en movimiento (<50km/h)
- Buen rendimiento de detección en entornos reales.

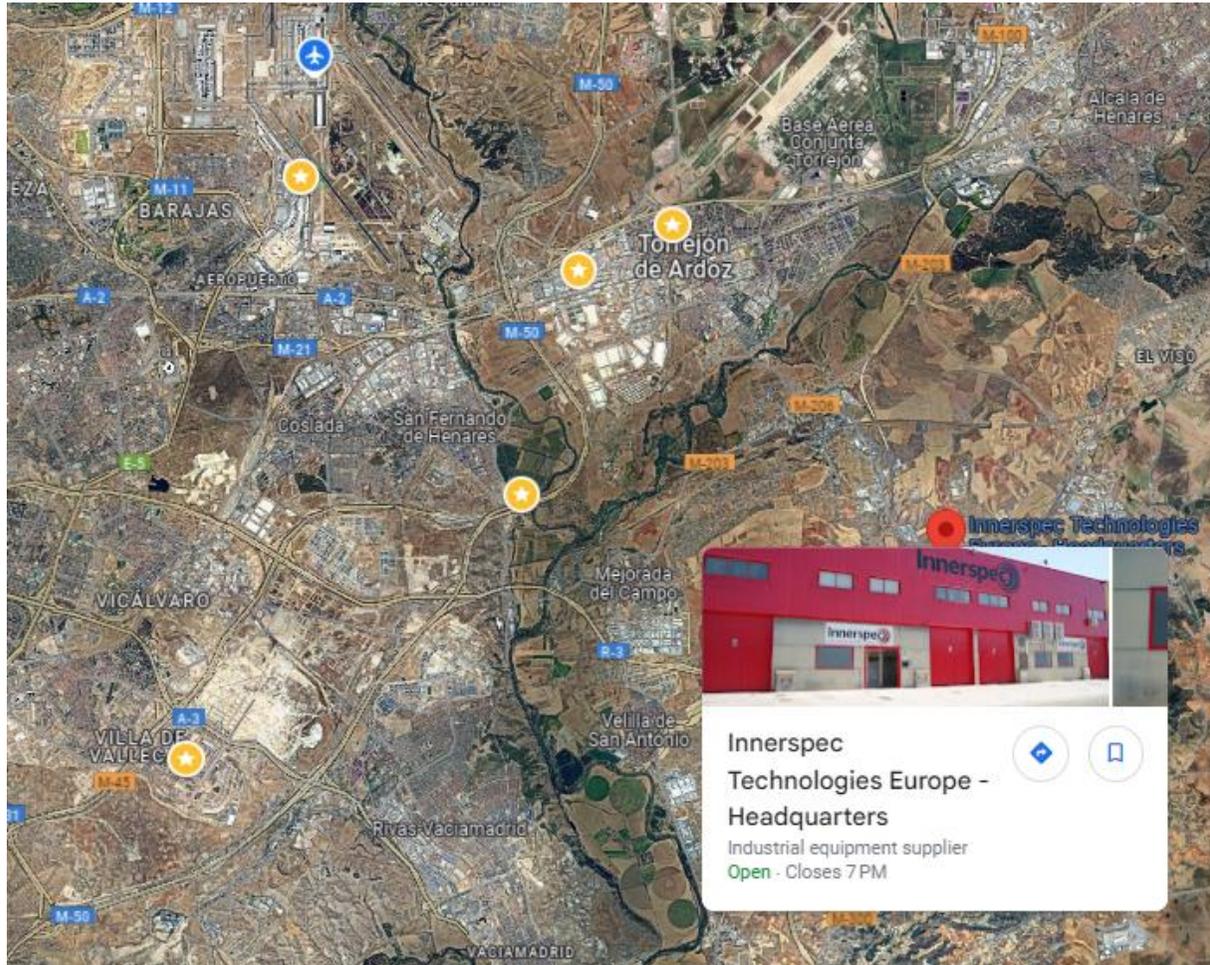


Integración de solución en vía

- Pruebas de >200.000 ciclos con trenes pesados
- El sensor ha soportado >30M toneladas brutas de peso sin mostrar desgaste.
- Se estudian varias configuraciones con multiples sensores para optimizar resolución.
- Estudiando minimizar interferencias electromagnéticas



Gracias por su atención!



Alvaro Pallares, PhD

R&D Manager

T +34 911 337 024 Ext. 204

M +34 678 805 224

apallares@innerspec.com

Europe

Innerspec Technologies Europe S.L

Pol. Industrial Prado Concejil

Calle Sanglas, 13

28890 Loeches

Madrid (Spain)

+34 911-337-024

+34 911-881-344

II JORNADA TÉCNICA

I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria



Organizadores y Participantes Institucionales

LABIC.UGR

PTFE 
Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española

 Secretaría Técnica
Fundación de los
FERROCARRILES
Españoles

ETS
INGENIERÍA DE
CAMINOS,
CANALES Y
PUERTOS



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

P T E C
Plataforma Tecnológica Española
de Construcción

materplat...

 adif

 Junta de Andalucía
Consejería de Fomento, Infraestructuras
y Ordenación del Territorio
Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía

 M Metropolitano
de Granada  Junta de Andalucía



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

GEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

Patrocinadores y Colaboradores Comerciales

 SIGNUS

PANDROL
Partners in excellence

 CEPSA

 CALENBERG

 sando

METRO CHURRIANA UTE

 acciona

 PRODESUR

 Inprona 2010