

SISTEMA HILTI PARA VÍA EN PLACA

International Rail Forum 2006

Madrid, Noviembre 2006

Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

Desarrollo inicial en 1988 para Metro de Milán

✓ Con requerimientos técnicos exigentes:

- Adecuada transmisión de cargas dinámicas a la losa
- Alta reducción de ruidos y vibraciones
- Posibilidad de escoger entre un elevado rango de elasticidades
- Eficiente aislamiento eléctrico
- Buena protección frente a la corrosión
- Bajo coste de mantenimiento

✓ Y además:

- Sistema de fijación a posteriori (losa ya existente)
- Mínima pérdida de gálibo posible



Rápido desarrollo posterior en Italia y Alemania

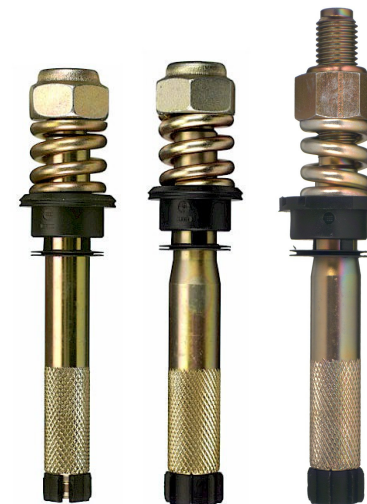
✓ El anclaje existente para metro (**HRA**) empieza a ser extensamente utilizado en Italia, Alemania y Estados Unidos

- Italia: Metro de Nápoles, Génova, etc.
- Alemania: Metro de Dortmund, Tranvía de Bielefeld
- EE.UU.: Metro de Portland, Filadelfia, etc.



✓ Se desarrollan nuevos anclajes, ampliándose la gama: tranvía, tren convencional, y alta velocidad

- Tranvías de Augsburg y Munich (**HRT**)
- Tren convencional en Nuremberg (**HRC**)
- Tren de Alta Velocidad en Waghausel (**HRC-DB**)



Hoy día tenemos referencias en todo el mundo

- ✓ Contamos con numerosos ejemplos significativos:
 - ADIF tiene homologado el sistema Hilti para aparatos de vía en Alta Velocidad (Estaciones de Atocha, Zaragoza, Toledo, Segovia, etc.)
 - METRO DE MADRID ha empleado el sistema Hilti en numerosos aparatos de vía (Cocheras Sanchinarro, Hortaleza y Villaverde; Metronorte, Línea 7, Línea 3, Línea 1, etc.)
 - DEUTSCHE BAHN (DB) recomienda la solución para cargas de hasta 25 t/eje y velocidades de hasta 350 km/h

- ✓ Hilti sigue investigando, y adaptando su solución a las necesidades de cada administración

Hoy día tenemos referencias en todo el mundo



Description: Switches & Crossings or

Site: Downtown Portland (Ore)
Client: Tri-Metro
Axle Weight: 15 tonnes
Speed: 120 km/h
Hilti Rail Anchor: HRA
Year: 1995



Description: German High Speed Line

Site: Waghäusel
Client: Züblin AG
Axle Weight: 25 tonnes
Speed: > 250 km/h
Hilti Rail Anchor: HRC-DB
Year: 1996



Description: Green Track in Street Environ

Site: Munich
Client: Riebel GmbH
Axle Weight: 13 tonnes
Speed: 80 km/h
Hilti Rail Anchor: HRT
Year: 1995

Agenda

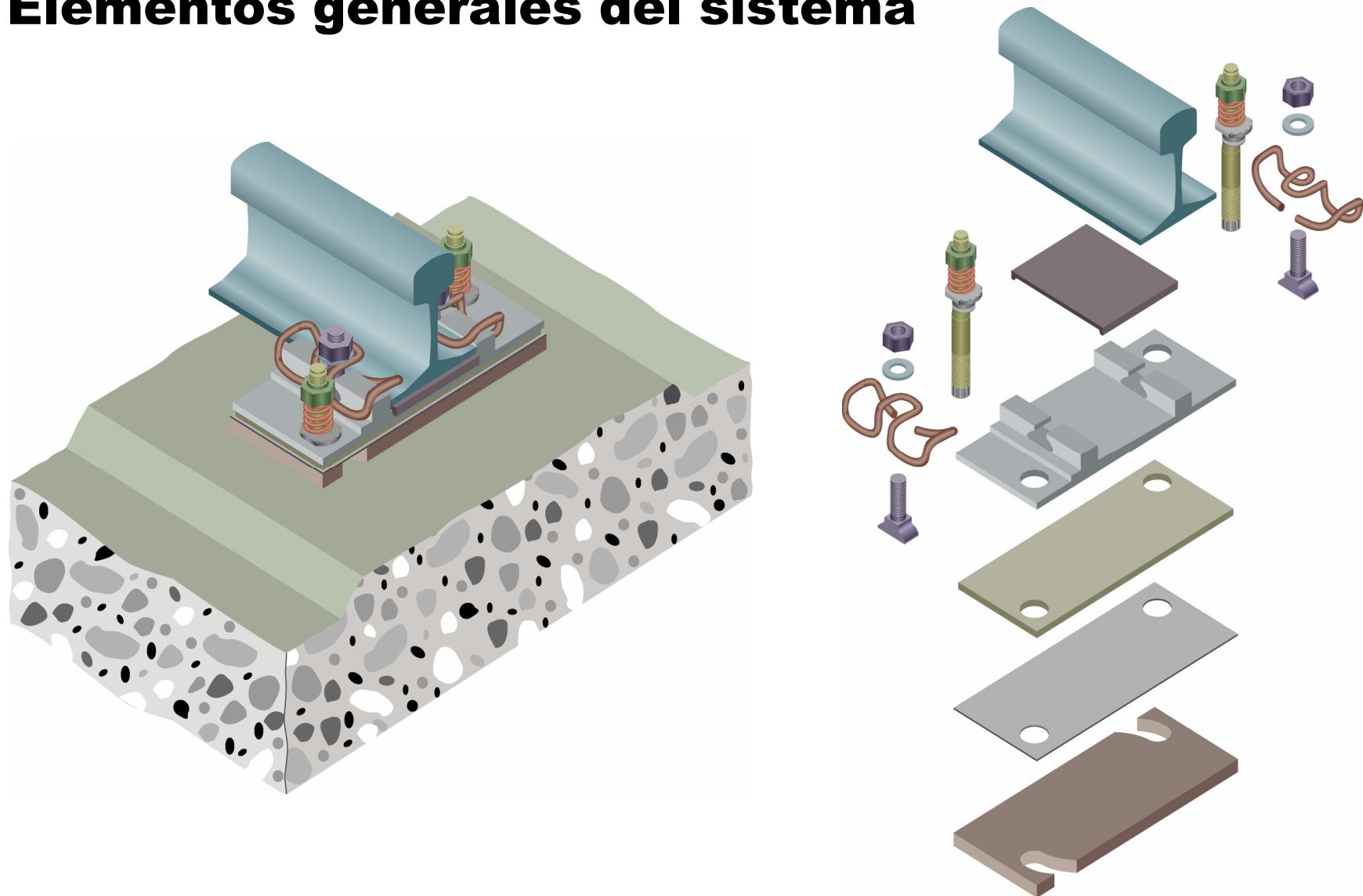
- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

Elementos generales del sistema

1. Placa de Asiento nervada
2. Accesorios sujeción Placa – Carril
 - Clips de sujeción
 - Tornillos de gancho
 - Lámina plástica
3. Lámina elástica
 - Elastómero
 - Placa metálica aislante
4. Anclajes fijación Placa – Losa
 - Anclajes Hilti
 - Resina inyectable Hilti HIT
 - Tapa cubreanclaje
 - Vaina corrugada (en caso embebido)



Elementos generales del sistema



Rango de aplicaciones

FIJACIÓN EN FUNCIÓN DEL ANCLAJE

FERROCARRIL PESADO

Mercancías
25 Tn/eje

Alta Velocidad
17 Tn/eje



FERROCARRIL LIGERO

Metro
13 Tn/eje

Metro ligero
10 Tn/eje



Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

Anclaje HRT M22x215 para cargas de hasta 17 ton/eje



1. Tuerca autoblocante M22 Sw-38 con Nylon
 - Apriete: 68 – 130 N·m
2. Muelle de 35 mm de longitud
 - Constante elástica: 373 ± 36 N/mm
 - Rango de compresión: 7,0 mm – 8,5 mm
 - Fuerza de compresión: 3 kN
3. Anillo de centrado aislante
 - Material: HYTREL® (Poliéster elastomérico)
 - $D_{\text{int}} = 22$ mm; $D_{\text{ext}} = 36$ mm
 - Resistividad volumétrica: $1,2 \cdot 10^{12}$ $\Omega \cdot \text{mm}$
4. Cuerpo del anclaje M22
 - Acero alta resistencia: 12.9 según DIN 898
 - Galvanizado Fe/Zn 10C según DIN 50961
 - Moleteado
 - Centrador inferior (polipropileno)

Anclaje HRC M22x215 para cargas de hasta 25 ton/eje



1. Tuerca autoblocante M22 Sw-38 con Nylon
 - Apriete: 68 – 130 N·m
2. Muelle de 35 mm de longitud
 - Constante elástica: 373 ± 36 N/mm
 - Rango de compresión: 7,0 mm – 8,5 mm
 - Fuerza de compresión: 3 kN
3. Anillo de centrado aislante
 - Material: HYTREL® (Poliéster elastomérico)
 - $D_{\text{int}} = 22$ mm; $D_{\text{ext}} = 36$ mm
 - Resistividad volumétrica: $1,2 \cdot 10^{12}$ $\Omega \cdot \text{mm}$
4. Cuerpo del anclaje M26
 - Acero alta resistencia: 12.9 según DIN 898
 - Galvanizado Fe/Zn 10C según DIN 50961
 - Moleteado
 - Centrador inferior (polipropileno)

Anclaje HRA M22x220 para cargas de hasta 25 ton/eje



1. Tuerca autoblocante M22 Sw-38 con Nylon
 - Apriete: 68 – 130 N·m
2. Muelle de 35 mm de longitud
 - Constante elástica: 373 ± 36 N/mm
 - Rango de compresión: 7,0 mm – 8,5 mm
 - Fuerza de compresión: 3 kN
3. Anillo de centrado aislante
 - Material: POM (PolyOxiMetileno)
 - $D_{\text{int}} = 28$ mm; $D_{\text{ext}} = 35,5$ mm
 - Resistividad volumétrica: $3,5 \cdot 10^{12}$ $\Omega \cdot \text{mm}$
4. Cuerpo del anclaje de 26 mm de diámetro
 - Acero alta resistencia: 12.9 según DIN 898
 - Galvanizado Fe/Zn 10C según DIN 50961
 - Recubrimiento POM: 3 mm

Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

Resinas de inyección de alta adherencia Hilti HIT



1. Hilti HIT RE-500 (base epoxídica)

- Curado lento: 12 hrs. a 20° C
- Muy baja retracción: 0,4 %
- Altísima adherencia en hormigón: $f_{bk} > 15 \text{ N/mm}^2$
- Altísima resist. compresión: $f_{ck} > 100 \text{ N/mm}^2$



2. Hilti HIT HY-150 (metacrilato de uretano)

- Curado rápido: 50 min. a 20° C
- Baja retracción: 0,7 %
- Alta adherencia en hormigón: $f_{bk} > 8 \text{ N/mm}^2$
- Alta resistencia a compresión: $f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$

Diferentes formatos de cartucho entre 330 y 1400 cm³

1. Aplicador manual Hilti HIT MD-2500



- Cartuchos formatos: 330 y 500 cm³
- Cómodo y muy manejable
- Idóneo para un número pequeño de anclajes

2. Aplicador neumático Hilti HIT P-8000 D

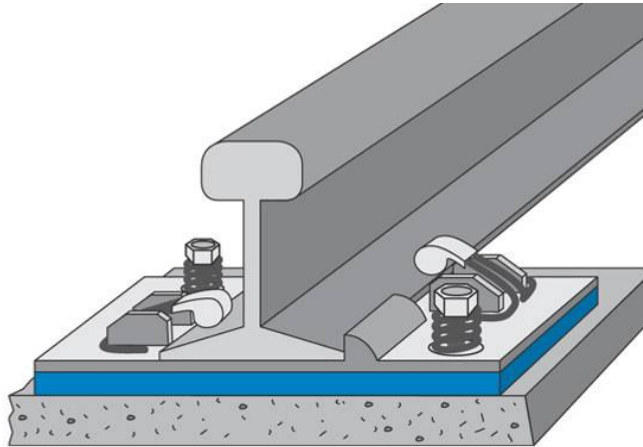


- Cartuchos formato: 1400 cm³
- Para uso con compresor (min. 7 bar; 250 l/min)
- Control preciso de la cantidad inyectada
- Idóneo para un número grande de anclajes

Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

El elastómero proporciona la elasticidad requerida



- Espesor habitual: 12 – 25 mm
 - Material: SYLOMER[®] (PolyeterURetano)
 - Rango cargas operativo: < 0,035 N/mm²
 - Rango cargas permanentes: < 0,020 N/mm²
 - Carga máxima puntual: < 1,0 N/mm²
-
- Carga vs. Deformación: cargas permanentes en rango elástico
 - Rigidez Dinámica vs. Estática: $E_{din} \approx E_{sta} \times [1,4 - 4,0]$
 - Factor de Pérdidas Dinámicas: $\eta \approx [0,1 - 0,3]$
 - Rigidez Transversal: $E_{ver} \approx E_{hor} \times 4,0$
 - Fluencia: $\delta \approx 1,5 - 2,0$
 - Influencia de la temperatura: $E_{40^\circ C} \approx E_{-20^\circ C} \times 1,6$
 - Inflamabilidad y resistencia a químicos

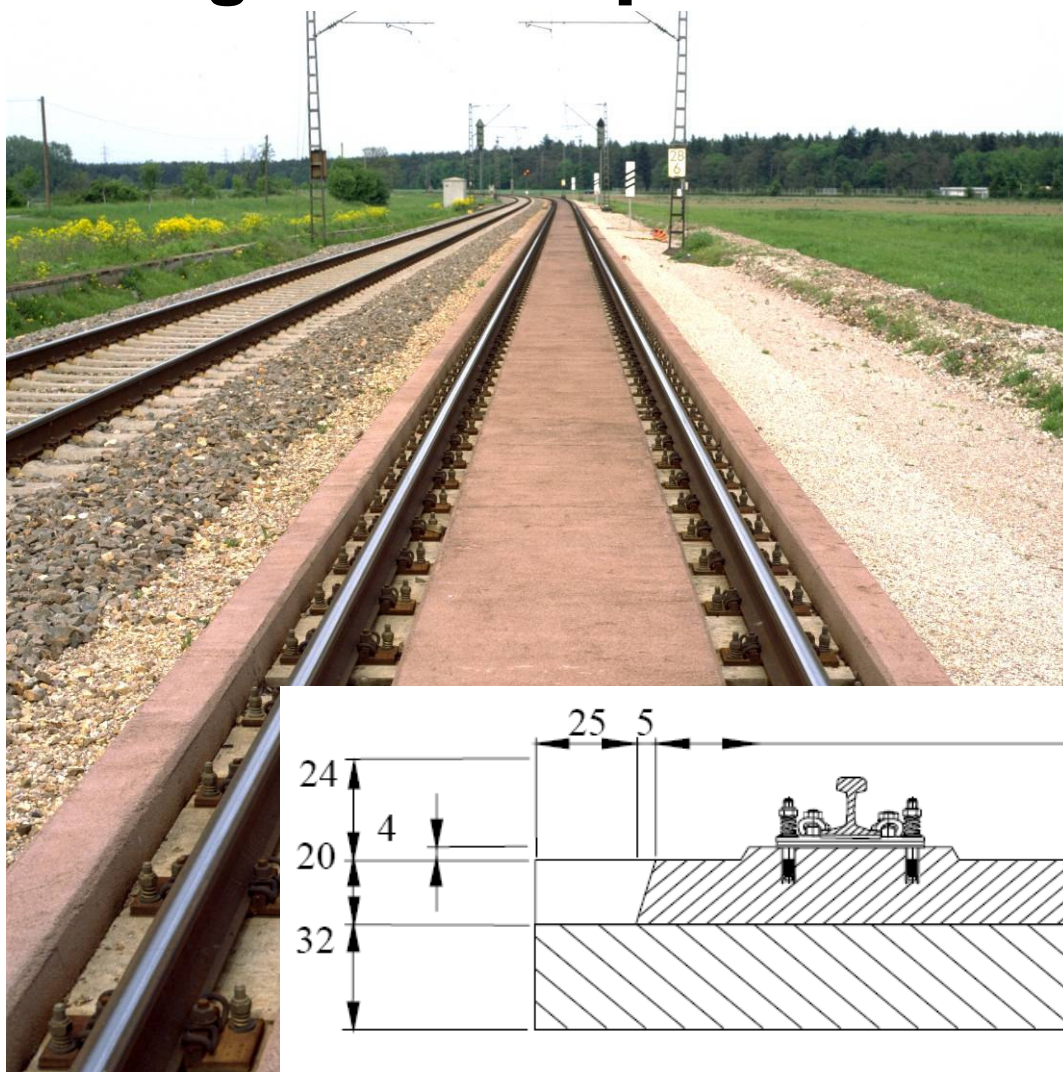
Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

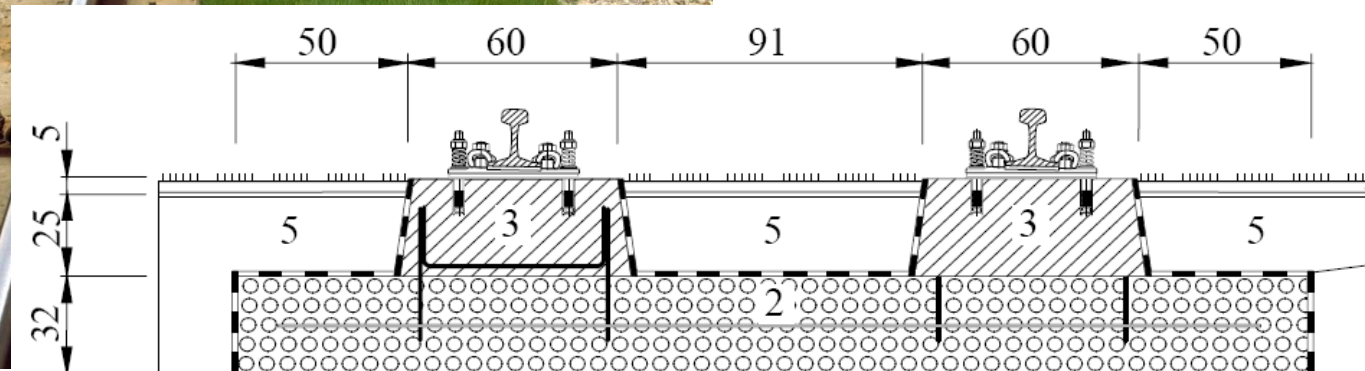
Configuraciones posibles de la losa



Configuraciones posibles de la losa



Configuraciones posibles de la losa

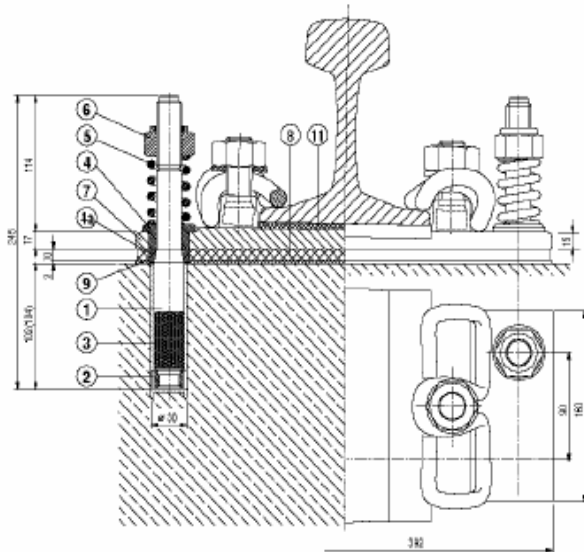


Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

La gama de anclajes cubre todo el rango de aplicaciones

Fijación para alta velocidad y/o mercancías: 17 a 25 Tn/eje

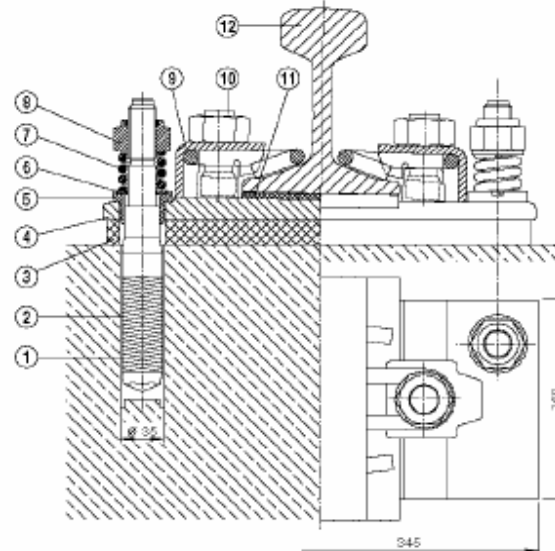


VALORES ELÁSTICOS

$C_{stat} = 5,6 \text{ a } 25,9 \text{ kN/mm}$

$C_{dyn} = 9,8 \text{ a } 28,9 \text{ kN/mm}$

Fijación de alto aislamiento eléctrico: 10 a 25 Tn/eje

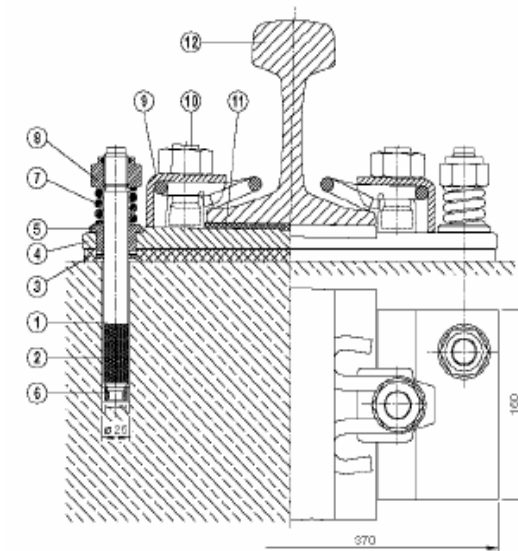


VALORES ELÁSTICOS

$C_{stat} = 12,1 \text{ a } 19,0 \text{ kN/mm}$

$C_{dyn} = 15,7 \text{ a } 28,5 \text{ kN/mm}$

Fijación para ferrocarril ligero: 10 a 13 Tn/eje



VALORES ELÁSTICOS

$C_{stat} = 5,6 \text{ a } 13,6 \text{ kN/mm}$

$C_{dyn} = 9,8 \text{ a } 20,4 \text{ kN/mm}$

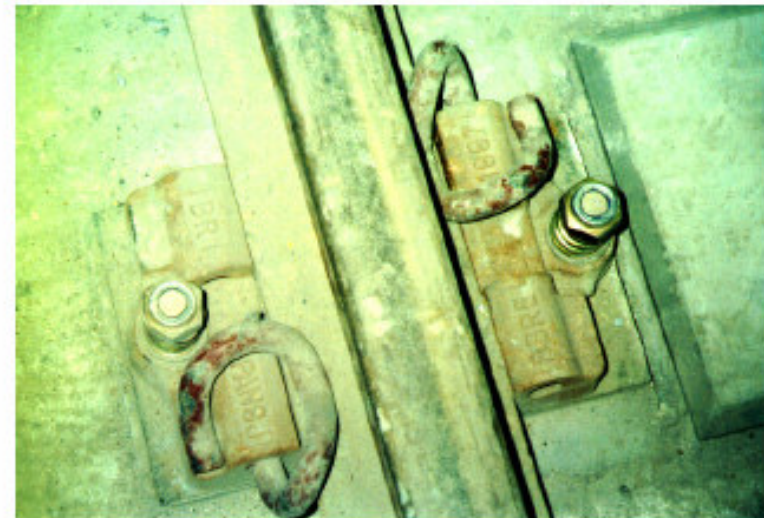
Configuraciones posibles de la placa base

Anchor *	Elastic pad (t in mm)**	Tramway A = 100 kN	Metro A = 135 kN	Commuter A = 160 kN	Full Size A = 250 kN
HRT M22x215	10				
	20				
	30				
HRC M22x215	10				
	20				
	30				
HRA M22x220a / M22x220b M22x270 / M22x310	10				
	20				
	30				
Criteria	Vmax	60km/h	80km/h	120km/h	≥250km/h
	Rmin(Vmax)***	70m (25km/h)	200m (60km/h)	350m (80km/h)	3000m
	Supporting spacing	750mm	750mm	700mm	650mm

Configuraciones posibles de la placa base



Clip Vossloh Skl 12 & Placa Base Rph 49



Clip Pandrol & BBRE Pan 9J Placa Base

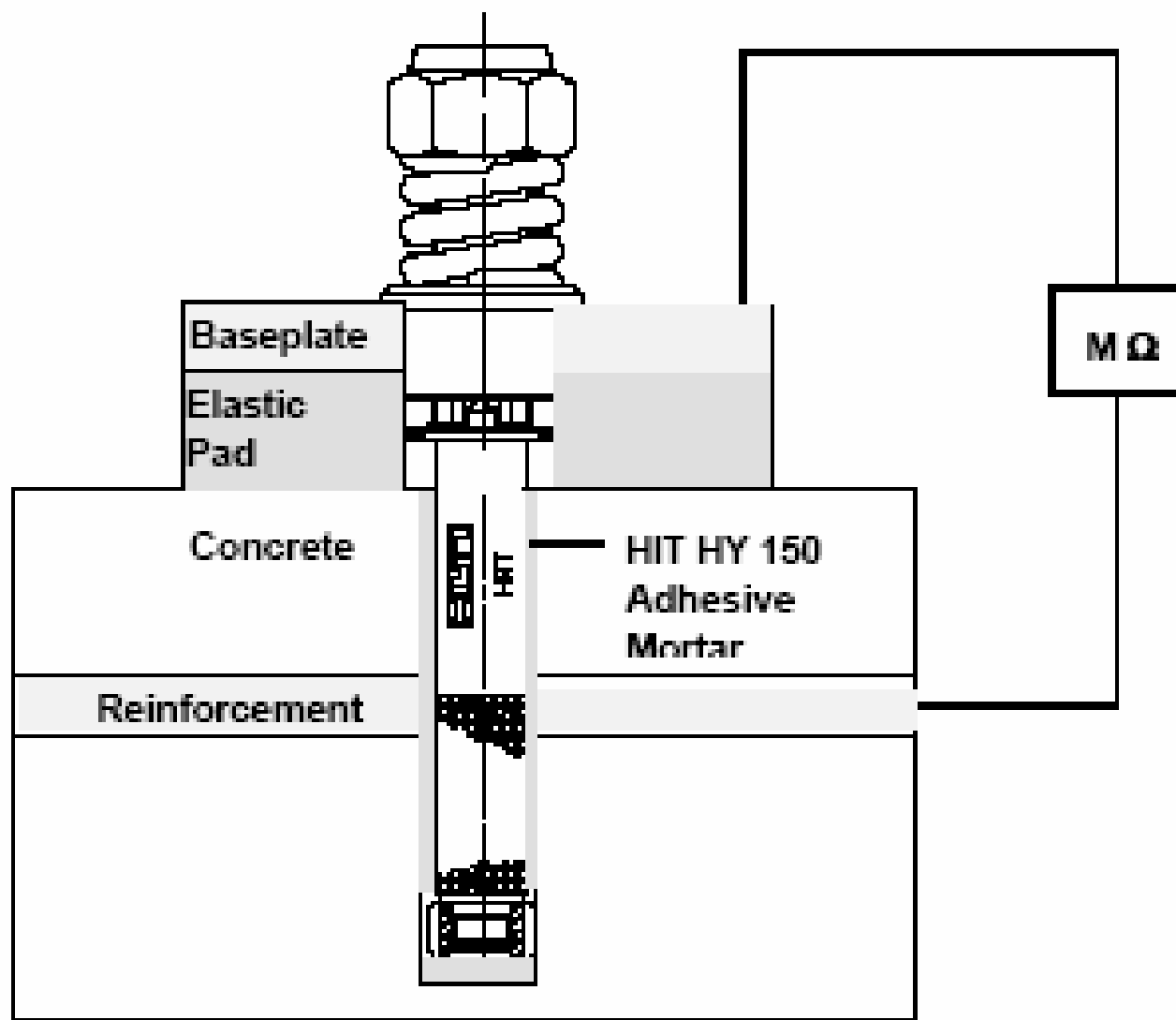
Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**

Resistencia a cargas dinámicas de más de 2,5 Mill Ciclos



Distintas opciones de dotar aislamiento eléctrico



Distintas opciones de dotar aislamiento eléctrico

HRA M22x220b

Anchor	Resistance between anchor and rebar [Ω]				Resistance in insulation test [Ω]		
	dry		wet		dry	wet	
	Rd1 10V DC	Rd2 10 V DC	Rd3 10V DC	Rd4 10 V DC	Ri1 5kV AC	Ri2 5kV AC	Ri3 5 kV DC
1	2.41E+13	6.25E+12	8.47E+11	5.13E+11	1.00E+06	1.00E+07	1.77E+11
2	1.25E+13	1.10E+13	8.22E+11	1.95E+12	1.00E+06	1.25E+07	1.68E+11
3	8.26E+12		9.09E+13	2.17E+11	1.00E+06	1.67E+07	1.81E+12
4	1.92E+13		7.56E+11	4.66E+11	1.00E+06	1.00E+07	1.81E+11
5	1.16E+13	1.37E+13	8.68E+11		1.00E+06	1.67E+07	
6	6.10E+13	4.85E+12	9.04E+11		1.00E+06	1.25E+07	
7	1.42E+13		8.38E+11		1.00E+06	1.25E+07	
8	1.01E+13		8.31E+11		1.00E+06	1.25E+07	
Median	1.34E+13	8.62E+12	8.42E+11	4.90E+11	1.00E+06	1.25E+07	1.79E+11
Min	8.26E+12	4.85E+12	7.56E+11	2.17E+11	1.00E+06	1.00E+07	1.68E+11
Max	6.10E+13	1.37E+13	9.09E+13	1.95E+12	1.00E+06	1.67E+07	1.81E+12
					Switch off voltage in insulation test [V]		
					dry	wet	
					U1 AC	U2 AC	U3 DC
					5000	5000	5000
					5000	5000	5000
					5000	5000	5000
					5000	5000	5000
					5000	5000	5000
					5000	5000	5000
					5000	5000	5000



Distintas opciones de dotar aislamiento eléctrico

HRC M22x215

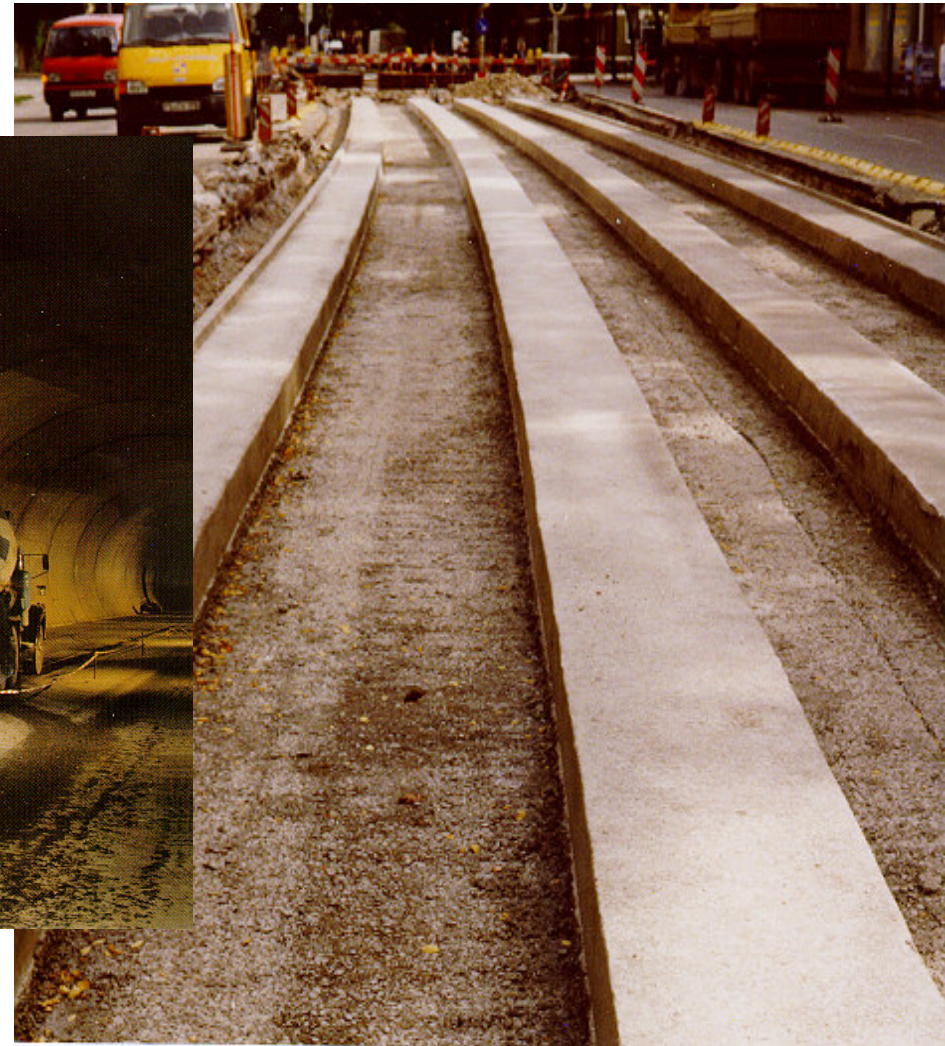
Anchor	Resistance between anchor and rebar [Ω]				Resistance in insulation test [Ω]		
	dry		wet		dry		wet
	Rd1 10V DC	Rd2 10 V DC	Rd3 10V DC	Rd4 10 V DC	Ri1 5kV AC	Ri2 5kV AC	Ri3 5 kV DC
1	5.61E+12	1.00E+07	1.39E+07	1.41E+09	5.00E+05	5.00E+05	2.50E+05
2	1.89E+12	1.17E+09	2.39E+05	1.16E+05	6.00E+05	2.20E+05	1.29E+06
3	2.94E+09		1.99E+05	2.88E+05	1.10E+05	2.00E+04	3.10E+05
4	2.64E+12		3.93E+06	1.31E+07	1.00E+05	5.00E+04	3.30E+05
5	6.90E+12	4.08E+05	1.04E+06		6.80E+05	1.70E+05	
6	3.36E+10	7.01E+06	1.82E+06		2.80E+05	1.60E+04	
7	3.58E+12		2.39E+05		8.80E+05	9.00E+04	
8	4.51E+07		7.85E+05		1.10E+05	1.00E+05	
Median	2.26E+12	8.52E+06	9.13E+05	6.71E+06	3.90E+05	9.50E+04	3.20E+05
Min	4.51E+07	4.08E+05	1.99E+05	1.16E+05	1.00E+05	1.60E+04	2.50E+05
Max	6.90E+12	1.17E+09	1.39E+07	1.41E+09	8.80E+05	5.00E+05	1.29E+06
					Switch off voltage in insulation test [V]		
					dry		wet
					U1 AC	U2 AC	U3 DC
					2500	2500	500
					3000	1100	1700
					550	100	500
					500	250	500
					3400	850	
					1400	80	
					4400	450	
					550	500	



Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

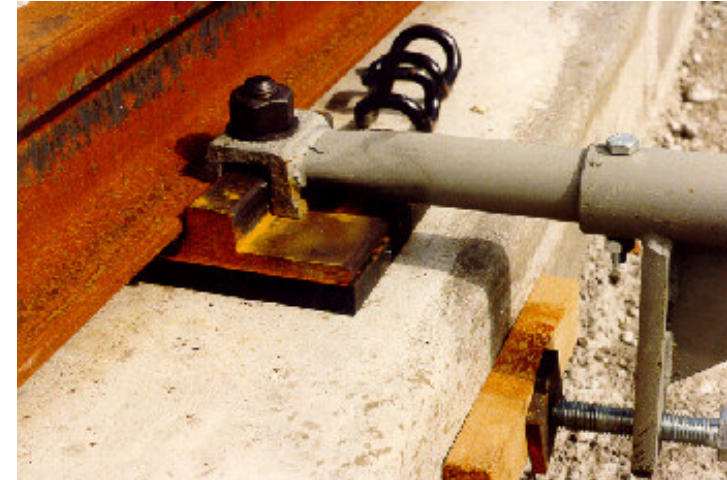
Ejecución de la losa



Pre-posicionamiento del carril



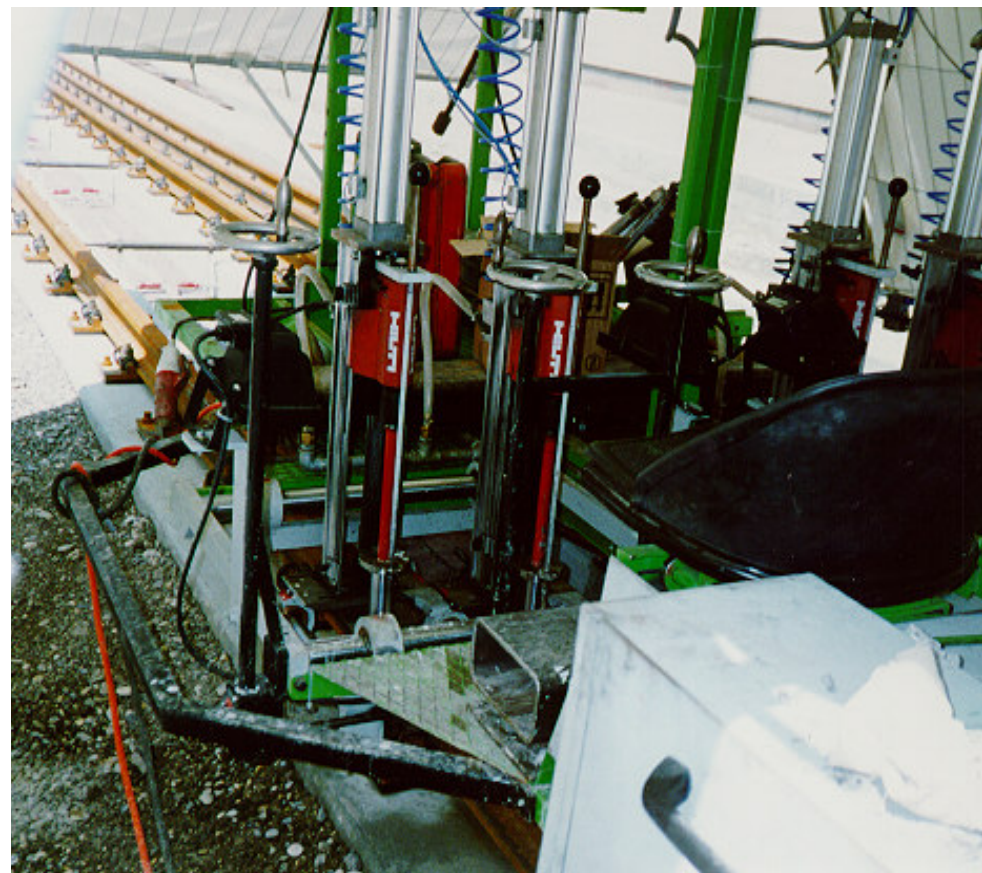
Alineación y nivelación de vía



Alineación y nivelación de vía



Ejecución de los taladros



Retirada del “testigo” y limpieza del taladro



Extractor testigos
DD-CB 30

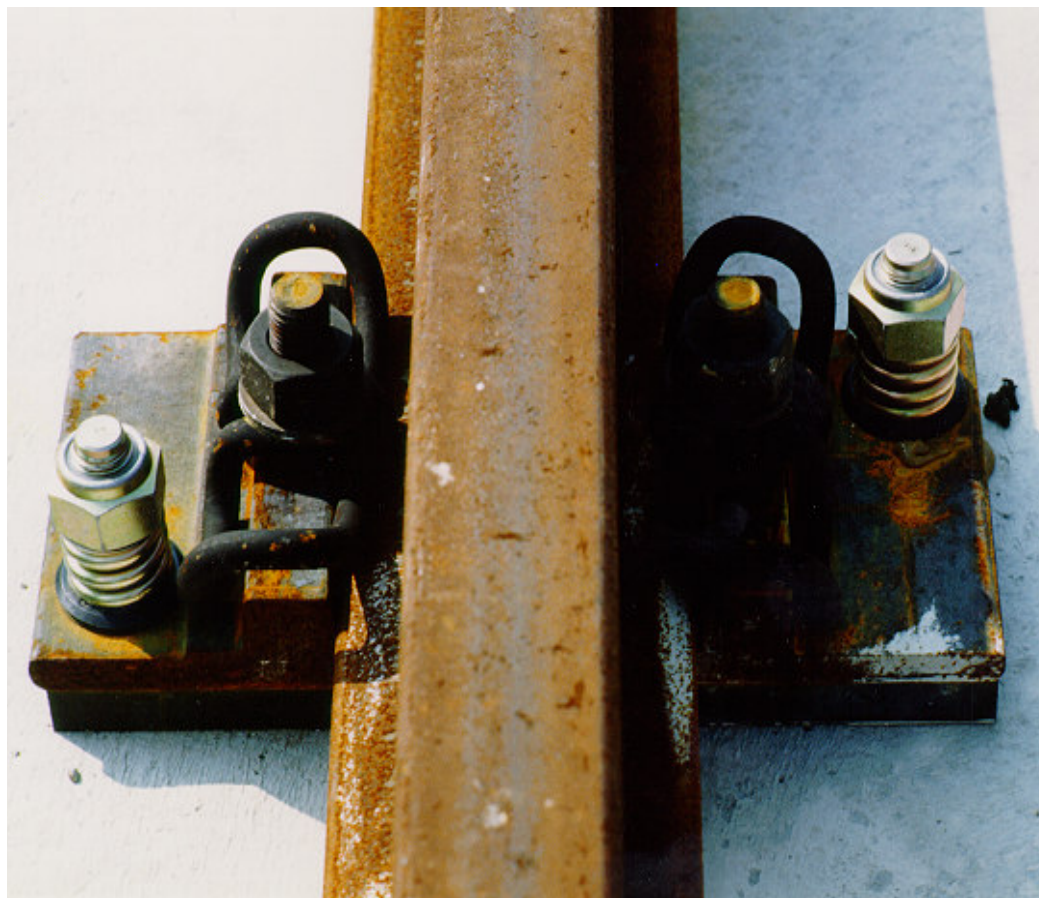


HIT-D25

Relleño del taladro e inserción del anclaje



Apriete de los anclajes



Vía terminada



Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

Carrito de montaje



Inyección de resina



Vía nivelada y alineada



Ejecución cama de mortero



Detalle elementos de protección de anclajes



Resultado final



Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

Vía posicionada y en espera de hormigonado



Vía posicionada y en espera de hormigonado



Vía hormigonada



Apriete del anclaje



Vía terminada

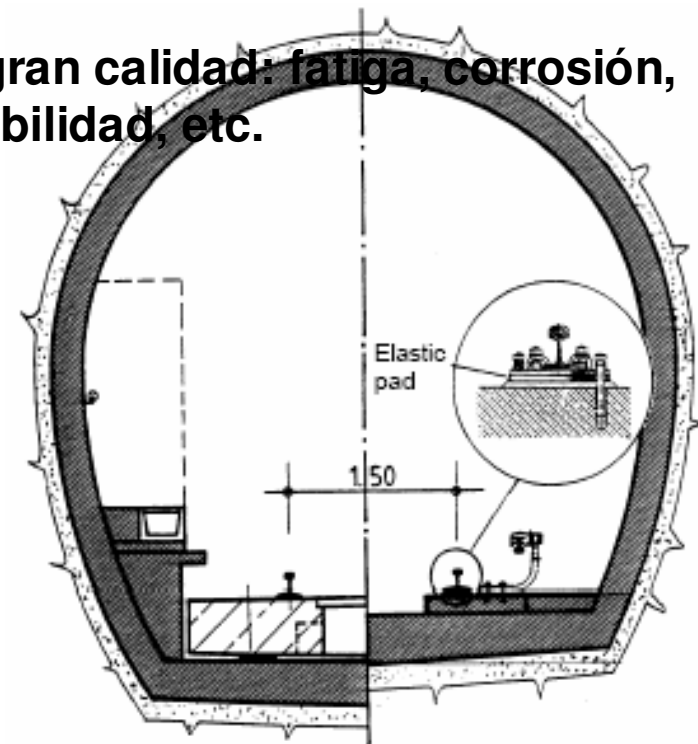
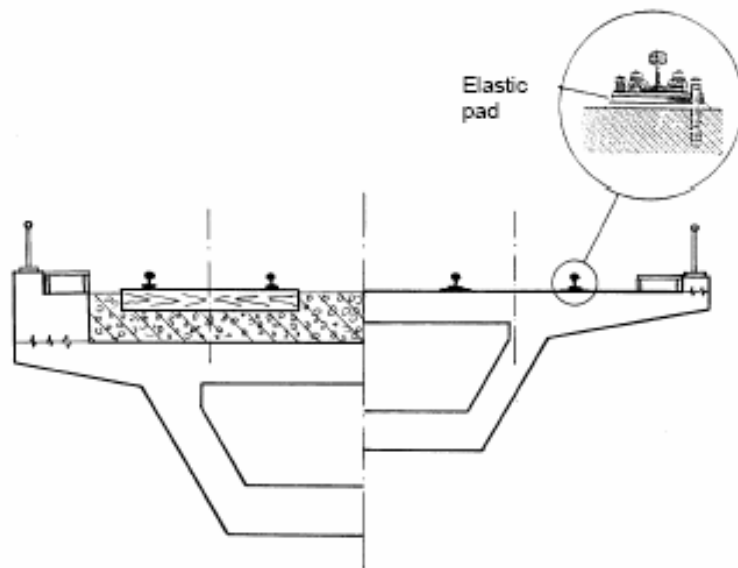


Agenda

- 1. Orígenes**
- 2. Descripción del Sistema**
 - i. Elementos generales**
 - ii. Características de los anclajes**
 - iii. Características de las resinas**
 - iv. Características del elastómero**
- 3. Características del Sistema**
 - i. Configuraciones posibles de la losa**
 - ii. Configuraciones posibles de la placa base**
 - iii. Ensayos específicos**
- 4. Ejecución**
 - i. Posibilidad taladrada**
 - ii. Posibilidad embebida**
- 5. Conclusiones**

Principales ventajas del sistema

1. Versatilidad en rango de elasticidades, permite jugar con diferentes propiedades: reducción de vibraciones y ruido, confort, etc.
2. Versatilidad de ejecución: posibilidad embebida o taladrada
3. Gálibo requerido reducido a otros sistemas de vía en placa, y sin reducción de la resistencia de la losa
4. Solución completamente ensayada de gran calidad: fatiga, corrosión, aislamiento y resistencia eléctrica, durabilidad, etc.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Dockland rails (Reino Unido)



Description: Tunnel & Crossovers
Site: Docklands (London)
Client: Mowlem
Axle Weight: 13 tonnes
Speed: 80 km/h
Hilti Rail Anchor: HRC / HRT / HAS
Year: 1998

Metro Milano (Italia)



Description: Curved Track
Site: Milan, Line 2
Client: Azienda Transporti
Axle Weight: 13.5 tonnes
Speed: 80 km/h
Hilti Rail Anchor: HRA
Year: 1989 / 1992 / 1993 / 1994

Tranvía de Augsburg (Alemania)



Description: Green Track on concrete Plinths
Site: Augsburg
Client: Aicher Gleisbau & Geiger Gleisbau
Axle Weight: 10 tonnes
Speed: 50 km/h
Hilti Rail Anchor: HRT
Year: 1994 / 1995 / 1996