



ONE WORLD COMPANY BRAND

REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

*Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia
21 de septiembre de 2023*



Multinacional fabricante de productos químicos para la construcción



www.mapei.es | Síguenos en      

Líneas de productos



Las soluciones Mapei abarcan todas las fases de la obra

Multinacional fabricante de productos químicos para la construcción: Edificación, Obra Civil e Industria.



Refuerzo de estructuras

Mapei en cifras

 3,3

Mil millones de euros de facturación consolidada en 2021

Más de

 11 000

Empleados

Más de

 6 000

Productos del Grupo Mapei para el sector de la construcción

 Más de
6000

Nuevas formulaciones del Grupo Mapei cada año

32 

Centros de investigación en 20 países

 100

Filiales en 57 países diferentes

MAPEI: 85 Años mirando al futuro

El grupo multinacional a la vanguardia de los productos químicos para la construcción fue fundado el 12 de febrero de 1937 en Milán

Más de

100 000



Toneladas de CO₂ compensadas

Más de

66 000



Clientes en todo el mundo



86

Plantas en 5 continentes, en 35 países diferentes

163 000

Profesionales del sector participaron en la formación Mapei



4 000 000



Toneladas menos de CO₂ durante la producción de cemento gracias a los aditivos de molienda de Mapei

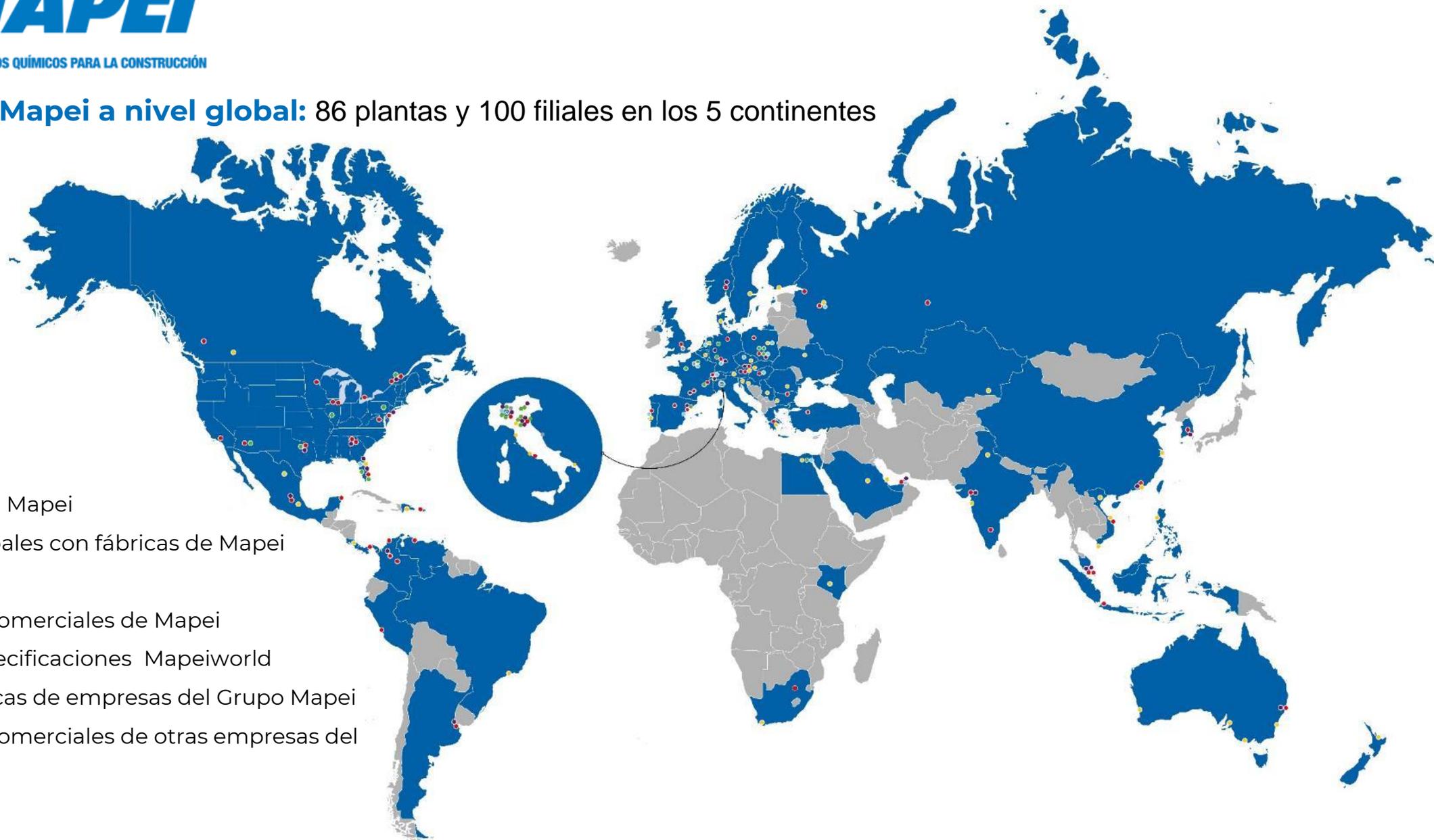
 27 900

Toneladas de productos enviados cada día

Presencia de Mapei a nivel global: 86 plantas y 100 filiales en los 5 continentes

CLAVE

-  Sede central de Mapei
-  Oficinas principales con fábricas de Mapei
-  Centros de I+D
-  Delegaciones comerciales de Mapei
-  Centros de especificaciones Mapeiworld
-  Oficinas y fábricas de empresas del Grupo Mapei
-  Delegaciones comerciales de otras empresas del Grupo Mapei



PROGRAMA

Introducción

Refuerzo de estructuras con materiales compuestos por una matriz orgánica (FRP)

Refuerzo de estructuras con morteros de altísima resistencia (HPC)

Software de cálculo

INTRODUCCIÓN: Campo de aplicación



Residencial



Industrial



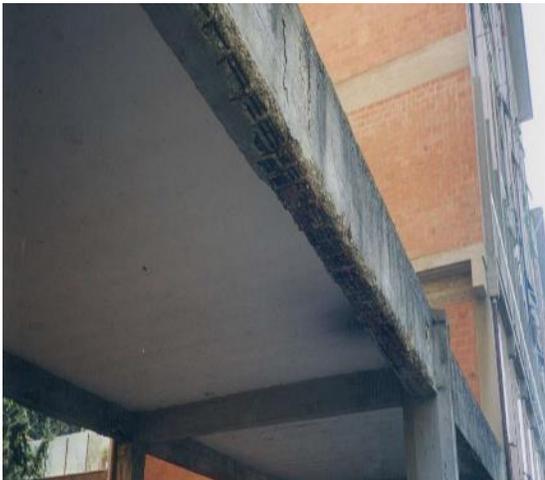
Obras hidráulicas



Infraestructuras

Refuerzo de estructuras

Deterioro de estructuras de hormigón en edificación residencial



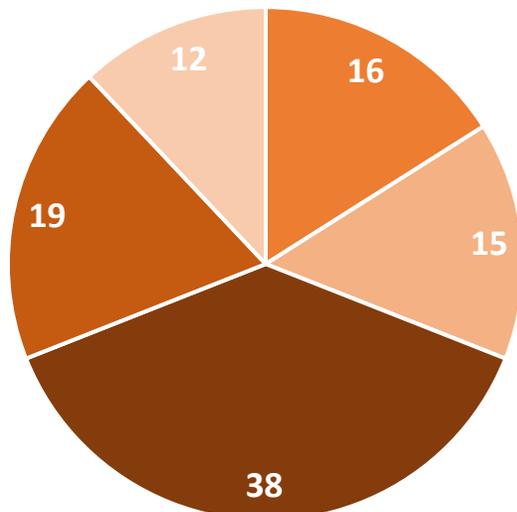
EN 1504: Reparación y protección de estructuras de hormigón

En vigor desde el 1 de Enero de 2009, surge a raíz de un estudio independiente realizado por el CONREPNET en base al cual se estimaba que entre el 60 y el 75% de los clientes de estructuras reparadas, estaba insatisfecho con la reparación realizada en su estructura antes de los 10 años.

La norma **EN 1504** define los principios y métodos para llevar a cabo las actuaciones de reparación y protección.

El objeto de la norma es normalizar los productos y trabajos que aplican a la reparación y protección de estructuras, con el objetivo de conseguir actuaciones más efectivas y duraderas.

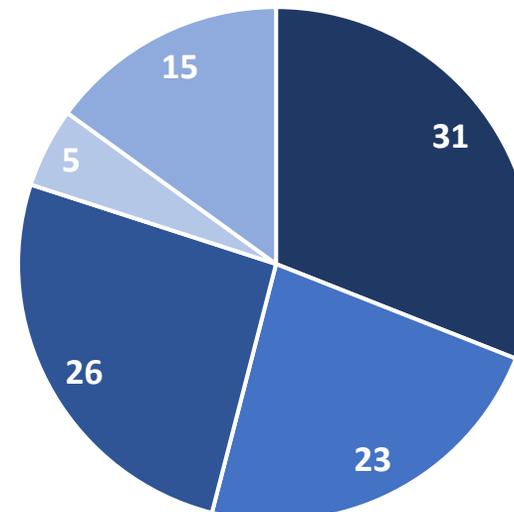
¿Por qué fallan las reparaciones?



- Desconocimiento del origen de los daños 16%
- Productos no adecuados 15%
- Solución incorrecta e incompleta 38%
- Aplicación incorrecta 19%
- Otros factores 12%



Tipos de daños



- Fisuración 31%
- Corrosión 23%
- Pérdida de adherencia 26%
- Reacción álcali-agregado 5%
- Otros 15%



Fuente: CONREPNET

Refuerzo de estructuras

INTRODUCCIÓN: Patologías en estructuras de hormigón

EN 1504:
Reparación y
protección de
estructuras de
hormigón.

¿Cuál es el
origen de los
daños?

Causas de la degradación del **hormigón en masa**

Mecánicas	Químicas	Físicas
<ul style="list-style-type: none">▪ Impactos▪ Sobrecargas▪ Movimientos (asentamientos, etc.)▪ Explosión▪ Vibración	<ul style="list-style-type: none">▪ Reacción árido-álcali▪ Agresión química▪ Agentes agresivos (sulfatos, aguas blandas, sales, etc.)▪ Actividades biológicas	<ul style="list-style-type: none">▪ Hielo/deshielo▪ Temperatura▪ Retracción▪ Erosión▪ Desgaste▪ Cristalización de sales

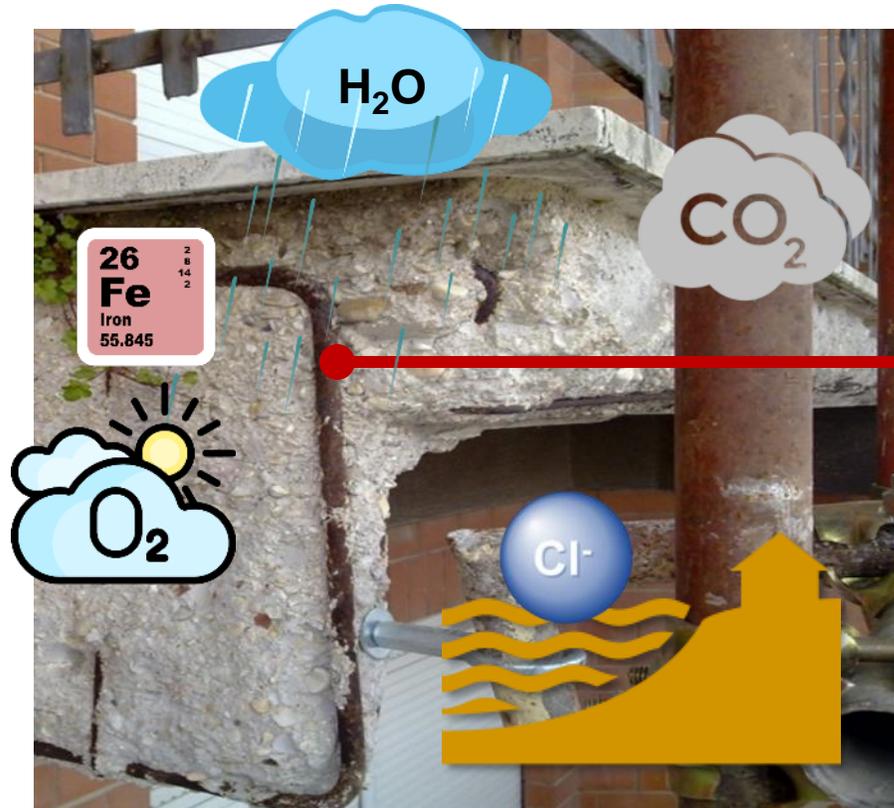
Causas de la degradación de las **armaduras**

Corrosión		
Carbonatación	Corrientes eléctricas erráticas	Contaminantes corrosivos (cloruros): <ul style="list-style-type: none">▪ En el amasado▪ En el ambientes

Corrosión de las armaduras:

Reacción electroquímica que se produce al entrar en contacto:

hierro + oxígeno + agua + cloruros (opcionalmente) y que tiene como resultado la formación de óxidos de hierro.



Óxidos de hierro:

- Los óxidos de hierro aumentan hasta 4 veces de volumen generando tensiones en los recubrimientos de hormigón y posibles roturas o fracturas en el mismo.
- Los óxidos de hierro se disuelven provocando pérdida de sección del armado y con ello la disminución de capacidad estructural (por encima de pérdidas del 20% de sección es recomendable reponer armadura o reforzar la estructura).

La corrosión de las armaduras en el hormigón armado se ve favorecida por los procesos de carbonatación y por la presencia de cloruros.

INTRODUCCIÓN: Patologías en estructuras de hormigón

La corrosión de las armaduras normalmente está inducida por:

Carbonatación:

Reacción entre el Dióxido de Carbono presente en la atmosfera con el Hidróxido de Calcio presente en el hormigón para dar como resultado la formación de Carbonatos Cálcicos.



Los Carbonatos Cálcicos se van generando desde la superficie hacia el interior del elemento de hormigón y provocan un descenso del pH del mismo. Un hormigón joven tiene un pH de 12 que por efecto de la carbonatación va disminuyendo con el tiempo.

- Hormigón no carbonatado: $\text{pH} > 9$ - La alcalinidad protege frente a la corrosión.
- Hormigón carbonatado: $\text{pH} < 9$ - Pasa de alcalino a ácido y pierde el efecto protector.

Presencia de cloruros:

Los cloruros actúan como catalizadores de la reacción de corrosión. Forman puntos de óxido (corrosión por picadura) y actúan incluso en hormigón con $\text{pH} > 12$. Presentes en ambientes marinos, industriales, piscinas zonas de uso de sales de deshielo, etc.



INTRODUCCIÓN: Patologías en estructuras de hormigón

Las edificaciones y construcciones en general de cualquier zona costera están sometidas a un ambiente marino altamente dañino para las estructuras de hormigón armado.



Para evitar la degradación sería conveniente emplear técnicas de protección adecuadas

INTRODUCCIÓN: Reparación de estructuras

Actuación “completa” en una estructura de hormigón deteriorada:

1. Preparación del soporte mediante medios adecuados.
2. Desoxidación de armaduras en todo el perímetro.
3. Pasivación de armaduras con pasivador: **Mapefer 1k**
4. Reconstrucción geométrica del volumen perdido con mortero de reparación estructural: **Mapegrout T 60, Mapegrout Colabile, etc.**
5. Inyección de fisuras: **Epojet / Epojet LV**
6. Refuerzo de estructuras con fibra de carbono.
7. Protección frente a la exposición a agentes ambientales (agua, CO₂, cloruros, etc.): **Elastocolor Pittura SP, Mapelastic Guard, Mapeshield, etc.**



INTRODUCCIÓN: Reparación de estructuras

TECNOLOGÍAS MAPEI PARA EL REFUERZO ESTRUCTURAL



Refuerzo de estructuras de hormigón



Refuerzo de estructuras de albañilería



Refuerzo de estructuras de madera



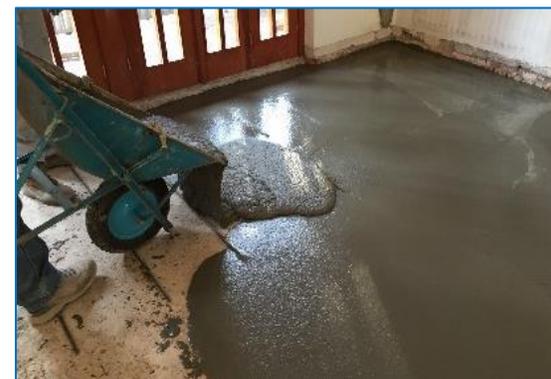
Refuerzo con morteros de altísima resistencia HPC



FRP SYSTEM



FRG SYSTEM

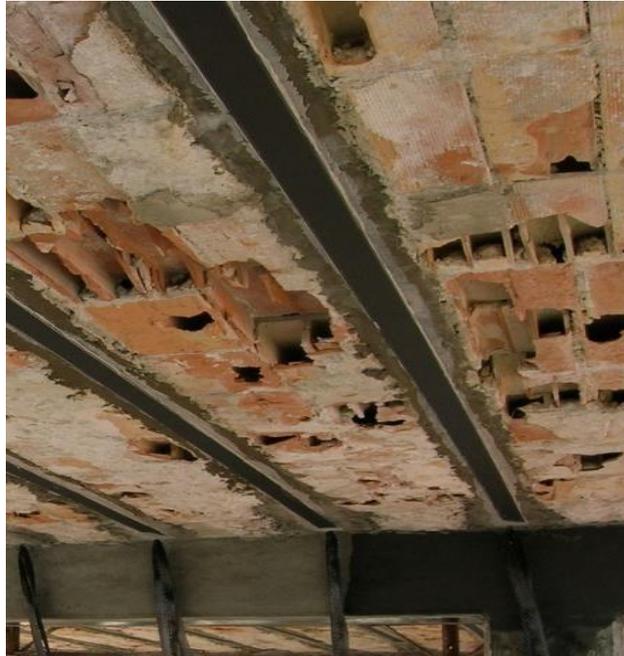


HPC SYSTEM



EQ SYSTEM

Refuerzo de Estructuras de Hormigón



PROGRAMA

Introducción

Refuerzo de estructuras con materiales compuestos por una matriz orgánica (FRP)

Refuerzo de estructuras con morteros de altísima resistencia (HPC)

Software de cálculo

REPARACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON FIBRA DE CARBONO

Introducción

¿Qué son los materiales FRP? Tipos de materiales

Normativa aplicable

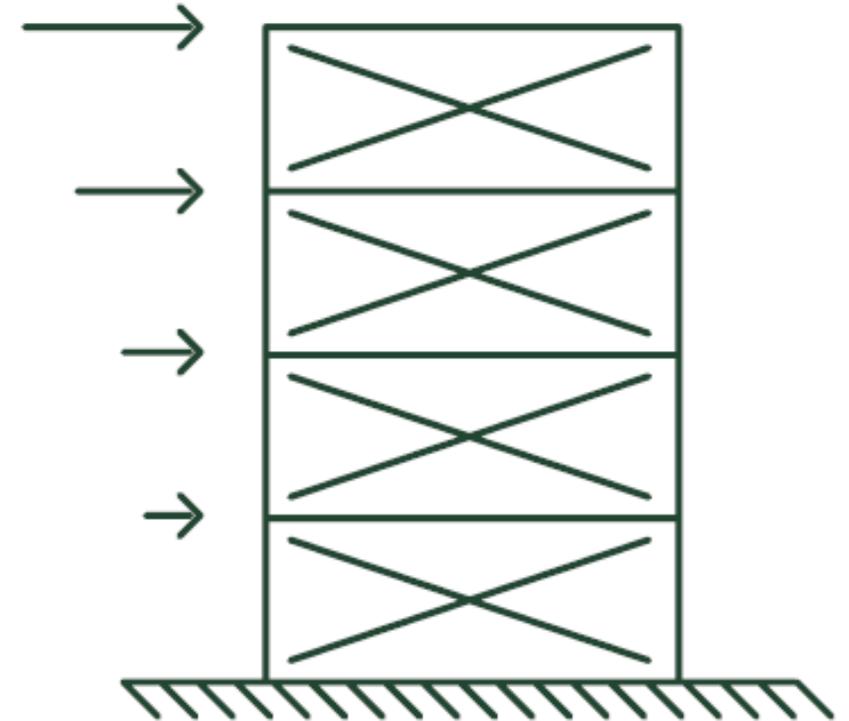
Usos y aplicación de los materiales FRP en estructuras de hormigón

La **estructura** suele ser la parte del edificio que concentra el **mayor impacto ambiental** (sobre todo en tipología de hormigón), a lo largo de su **ciclo de vida**.



¿POR QUÉ ES NECESARIO REFORZAR UNA ESTRUCTURA?

- **Degradación de los materiales:** corrosión, hormigón dañado, degradación de la albañilería, etc.
- **Cambio de uso previsto:** incremento de cargas, cambios de uso, etc.
- **Aumentar coeficientes de seguridad.**
- **Acciones accidentales:** fuego, sismo, impactos, etc.
- **Fallos de diseño y/o puesta en obra.**



¿QUÉ CONSEGUIMOS REFORZANDO UNA ESTRUCTURA?

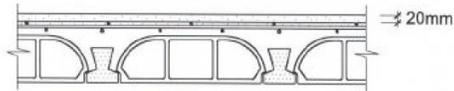
Mediante la correcta reparación y refuerzo de una estructura:

- **Alargamos la vida útil del edificio:** Tanto con el mismo uso como con uno nuevo.
- **Reducimos su impacto ambiental:** Reutilizando edificaciones ya existentes y evitando la demolición y construcción de nuevas estructuras.
- **Rehabilitamos y conservamos el patrimonio.**

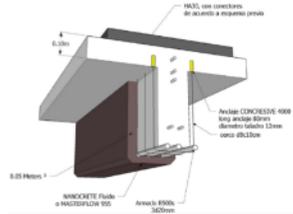


Refuerzos estructurales tradicionales:

Capas de compresión



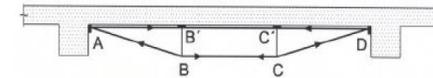
Recrecio de nervios entre pilares



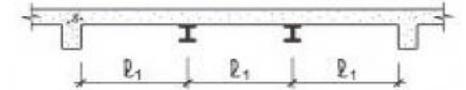
Adhesión de platabandas metálicas



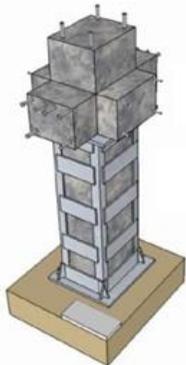
Pretensado



Perfilería metálica



Zunchado metálico empesillado / continuo



Encamisado con hormigón o mortero



Ventajas:

- Algunas de estas técnicas permiten gran capacidad de refuerzo y son la única solución ante patologías muy severas.

Inconvenientes:

- Elevados tiempos de ejecución y puesta en servicio.
- Disminución de la superficie y/o altura libre.
- Susceptibles al deterioro (corrosión).

REPARACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON FIBRA DE CARBONO

Introducción

¿Qué son los materiales FRP? Tipos de materiales

Normativa aplicable

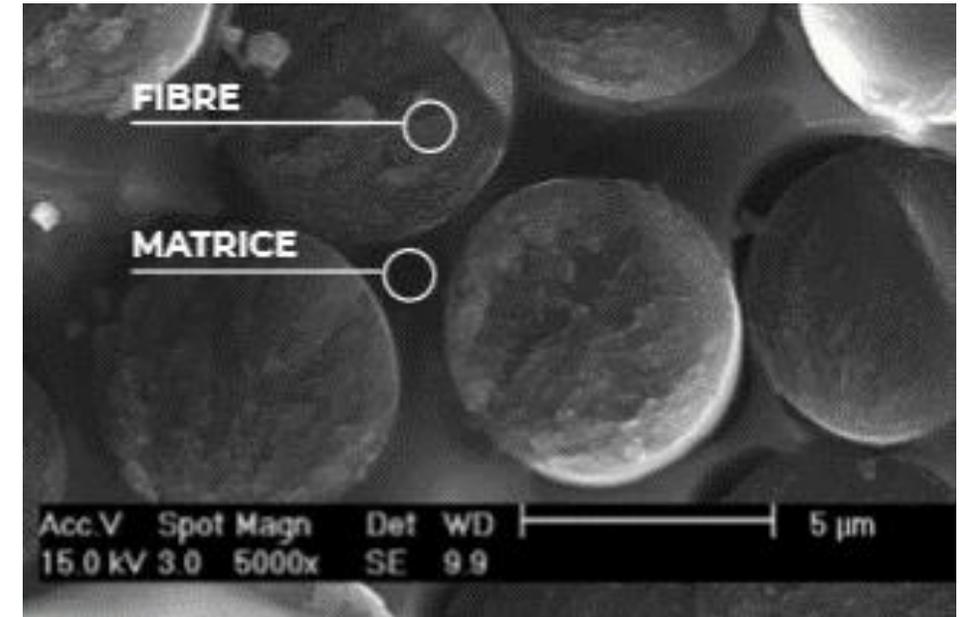
Usos y aplicación de los materiales FRP en estructuras de hormigón

COMPUESTOS FRP (Fibra reforzada con polímero)

- Materiales compuestos por fibras embebidas dentro de una matriz.
- Aportan mucha resistencia a la estructuras con un peso muy reducido.
- Ocupan poco espacio. Rapidez de ejecución.
- Son inertes a los procesos de corrosión.

A tener en cuenta:

- Inexistencia de una normativa específica en España pero si a nivel Europeo y en otros países con alta tradición en la rehabilitación como Italia.
- Sensibilidad a la temperatura en algunos casos.



¿QUÉ SON LOS MATERIALES FRP?

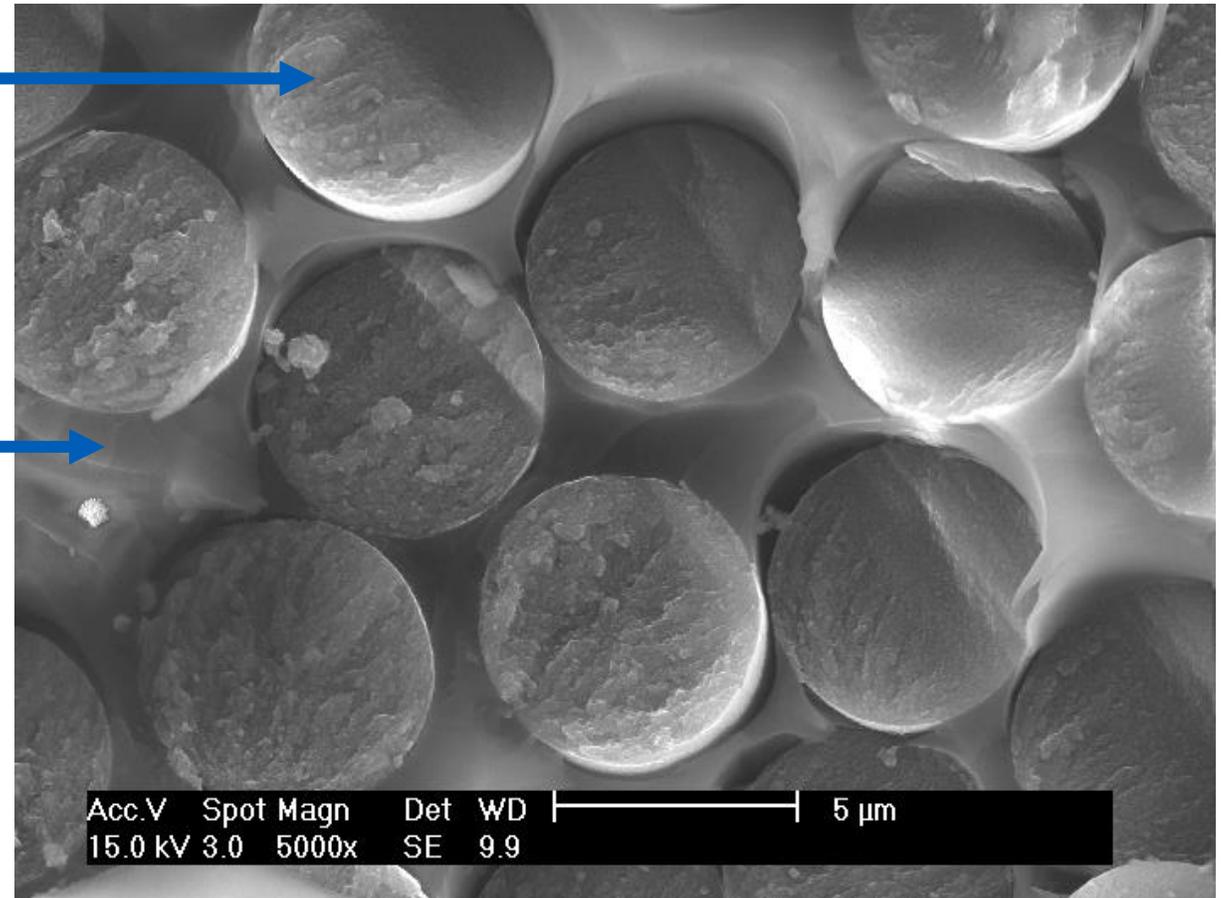
Materiales compuestos heterogéneos, constituidos por dos o más fases físicas diferentes, cuyas propiedades son mejores que las de cada una de las fases por separado.

Fibras

- Asumen las cargas
- Trabajan en una dirección preferente
- Reducen la deformación
- Aportan resistencia y rigidez

Matriz

- Transfiere las tensiones
- Mantiene las fibras en posición
- Protege a las fibras
- Proporciona dureza
- Aporta resistencia a la fatiga



¿QUÉ SON LOS MATERIALES FRP?

Tipos de fibras para refuerzos:

Carbono

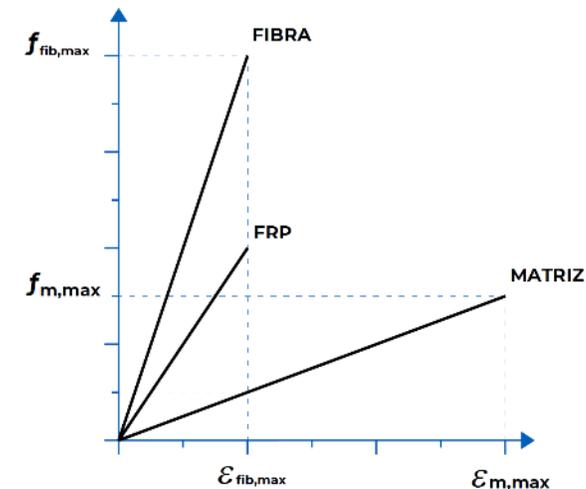
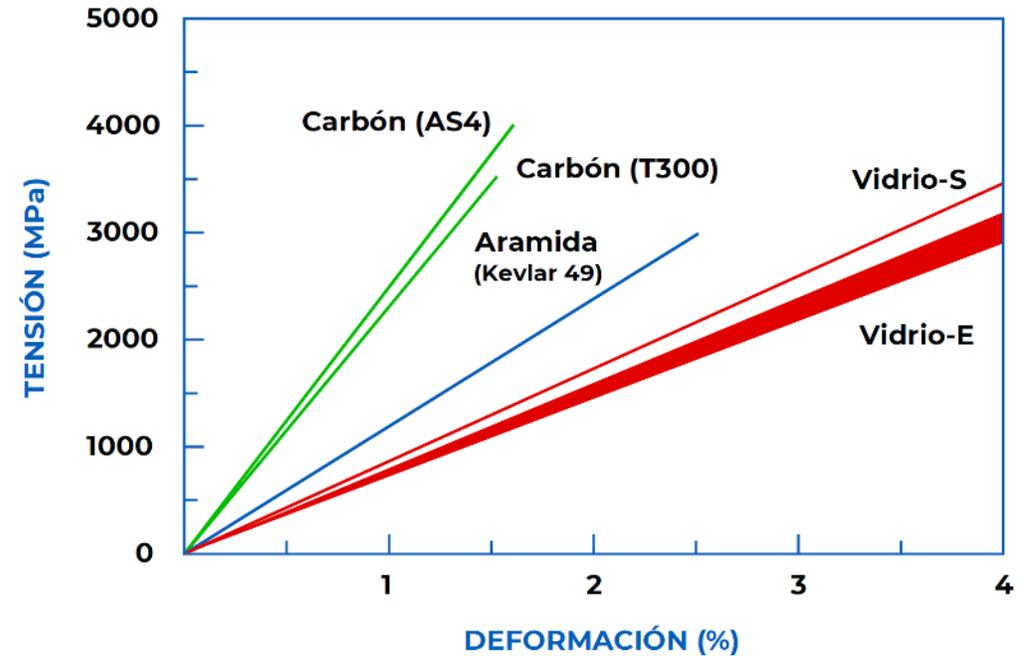
- Módulo de elasticidad: 230 GPa – 400 GPa
- Resistencia a tracción: 2.400 – 5.700 MPa
- Deformación de rotura: 0,3% – 1,8%

Vidrio

- Módulo de elasticidad: 72 GPa – 87 GPa
- Resistencia a tracción: 3.300 – 4.500 MPa
- Deformación de rotura: 4,8% – 5,0%

Basalto

- Módulo de elasticidad: 85 GPa – 98 GPa
- Resistencia a tracción: 3.200 – 4.840 MPa
- Deformación de rotura: 1,9 – 3,2 %



Diagramas tensión-deformación de las fibras, la matriz y el compuesto FRP

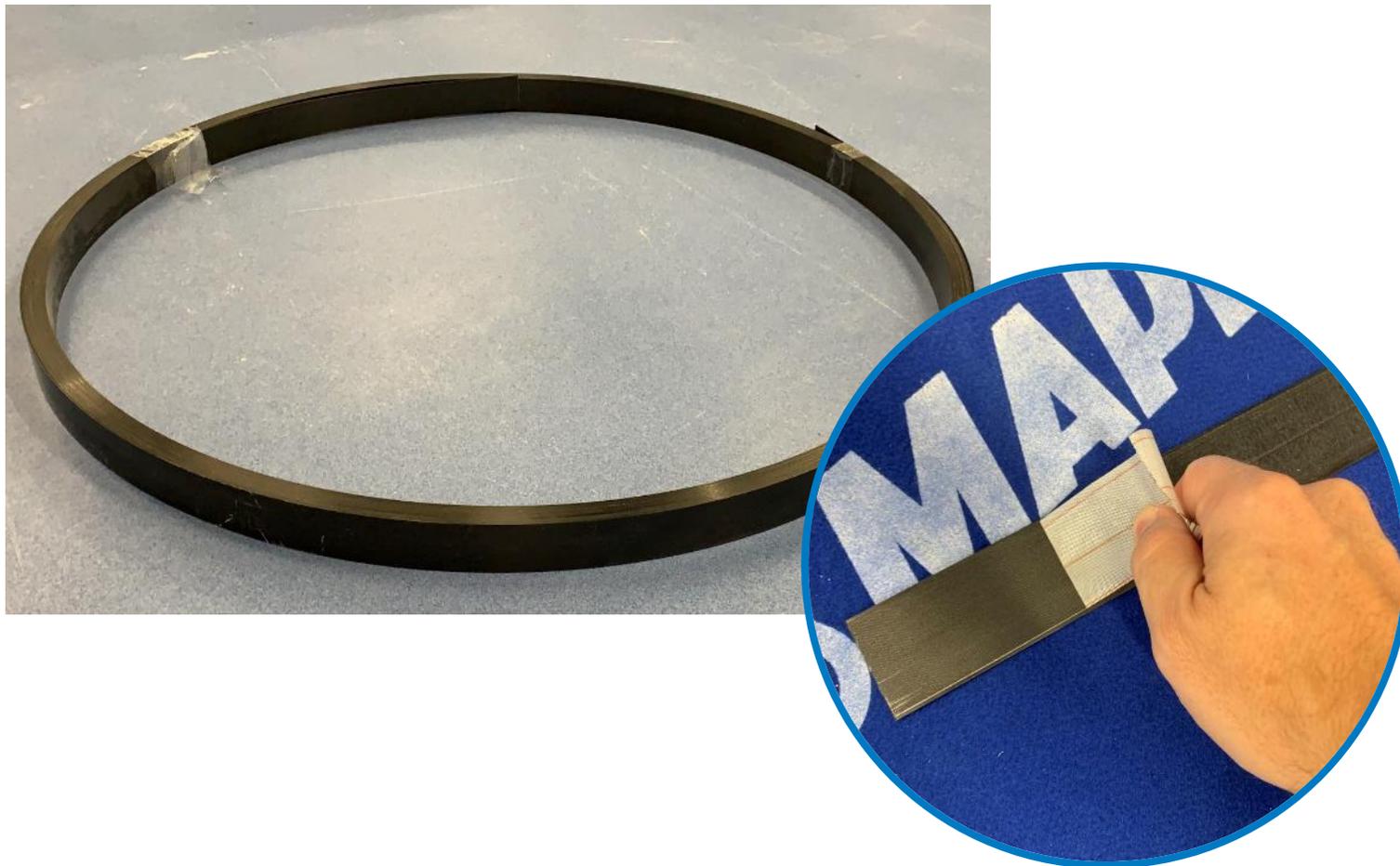
Refuerzos con fibras de carbono

- Elevada resistencia química y durabilidad en el tiempo.
- Incremento de las resistencias mecánicas de los elementos, sin incrementar el peso de la estructura.
- Espesor de aplicación reducido.
- Incremento de la ductilidad de la estructura.
- Rapidez y sencillez en la intervención.
- Reversibilidad en la intervención.

	FIBRAS DE CARBONO			ACERO
	Módulo medio-alto	Módulo alto	Módulo muy alto	Acero
Densidad (Kg/m ³)	1800	1820	2100	7850
Módulo elástico (GPa)	230	390	700	210
Resistencia a tracción (MPa)	4830	4410	1500	540
Deformación última (%)	2,00	1,10	0,30	20
Resistencia específica (MPa· m ³ / Kg)	2,68	2,42	0,71	0,07

CARBOPLATE

Laminados de fibra de carbono embebidos en matriz epoxi



MAPEWRAP C, G, S

Tejidos u hojas de fibra de carbono, vidrio o acero



REPARACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON FIBRA DE CARBONO

Introducción

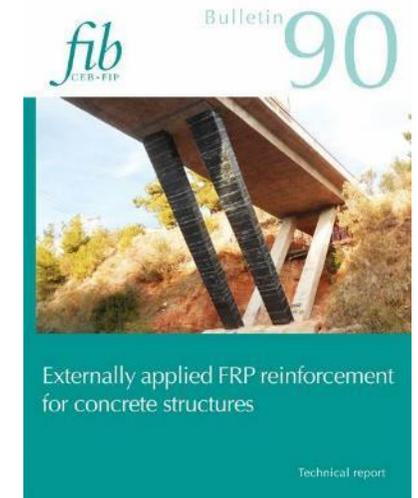
¿Qué son los materiales FRP? Tipos de materiales

Normativa aplicable

Usos y aplicación de los materiales FRP en estructuras de hormigón

A la hora de plantear los refuerzos nos basaremos en Boletines Europeos, Guías de países que dispongan de certificaciones y Monográficos de asociaciones de prestigio:

- **Monográfico 1.** La fibra de carbono en refuerzo de estructuras de hormigón. Institut d'Estudis Estructurals (IEE) de la Asociación de Consultores de Estructuras (ACE). ISBN: 978-84-616-9241-5.
- **fib Bulletin 90.** Externally applied FRP reinforcement for concrete structures. Fédération internationale du béton (fib), 2019. ISBN 978-2-88394-131-1. (Sustituye a fib Bulletin 14)
- **CNR-DT 200 R1/2014.** Guía para el Diseño y Construcción de Sistemas FRP Pegados Externamente para el Refuerzo de Estructuras Existentes. CONSEJO NACIONAL ITALIANO DE INVESTIGACION (CNR). ROMA – CNR 10 de Octubre 2013 – versión del 14 de Julio 2015.
- **FRP – ICC-ES test (EEUU).** Exposición externa; Hielo / Deshielo; Resistencia al agua; Resistencia al agua salina; Resistencia en ambientes alcalinos; Resistencia al calor.



EN 1504-4: Adhesión estructural (afecta a los productos que se usan para fijar el refuerzo)

4. Refuerzo Estructural	4.1 Adición o reemplazo de barras de armadura embebidas o externas	
	4.2 Adición de armadura anclada en agujeros preformados o taladrados	6
	4.3 Adhesión de una chapa de refuerzo	4
	4.4 Adición de mortero u hormigón	3, 4
	4.5 Inyección en las fisuras, huecos o intersticios	5
	4.6 Relleno de las fisuras, huecos e intersticios	5
	4.7 Pretensado (postensado)	

Mapefix EP



CFRP: Carboplate/Mapewrap



FRC: HPC System



Epojet



Certificaciones



INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
C/ Serrano Galvache nº 4 28003 Madrid
Tel. (+34) 91 3225442 Fax (+34) 91 3222700
e-mail: info@iccs.csic.es
<http://www.iccs.csic.es/>



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 549R/20

Publicación emitida por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Prohibida su reproducción sin autorización.

Área genérica / Uso previsto:

Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado

Nombre comercial:

CARBOPLATE W y MAPEWRAP W

Beneficiario:

MAPEI SPAIN, S.A.

Sede Social:

Calle Valencia, 11.
Polígono Industrial Can Olier
08130 Santa Perpetua de Mogoda
(Barcelona)

Validez. Desde:
Hasta:

28 de abril de 2020
28 de abril de 2025
(Condicionado a seguimiento anual)

Este Documento consta de 23 páginas



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGREEMENT
EUROPAISCHE UNION FÜR DAS AGREEMENT IN BAUWESEN

DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 549R/20

Área genérica / Uso previsto:

Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado

Nombre comercial:

CARBOPLATE W y MAPEWRAP W

Beneficiario:

MAPEI SPAIN, S.A.

REPARACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON FIBRA DE CARBONO

Introducción

¿Qué son los materiales FRP? Tipos de materiales

Normativa aplicable

Usos y aplicación de los materiales FRP en estructuras de hormigón

PERMITEN REALIZAR:

1. Refuerzo a flexión de viguetas y losas macizas
2. Refuerzo a flexión de vigas
3. Refuerzo a cortante de vigas
4. Refuerzo por confinamiento de pilares
5. Refuerzo a flexocompresión de pilares
6. Refuerzo de los nudos viga-pilar

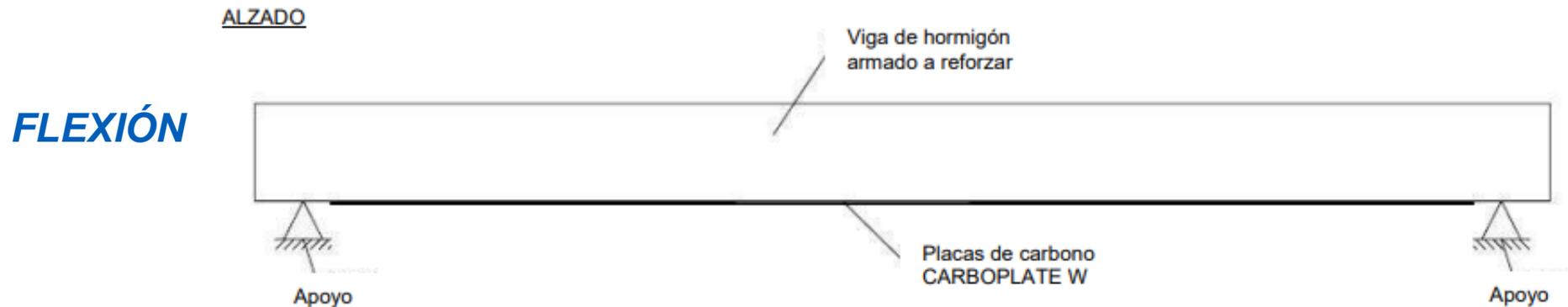


CONDICIONANTES PREVIOS A LA APLICACIÓN: Importancia del soporte

- La resistencia mínima del hormigón tiene que ser superior a 15 MPa.
- **La resistencia al arrancamiento del soporte mediante ensayo de tracción directa según la UNE 1542 deberá ser superior a 1,5 MPa.**
- La falta de planimetría de la superficie ha de ser inferior a 10 mm bajo regla de 2 m.
- La humedad de la superficie debe ser inferior al 4%.
- Las superficies deberán estar limpias y exentas de todo aquello que pueda comprometer la adherencia.

Refuerzo a flexión de vigas, viguetas, forjados reticulares y losas macizas con laminados

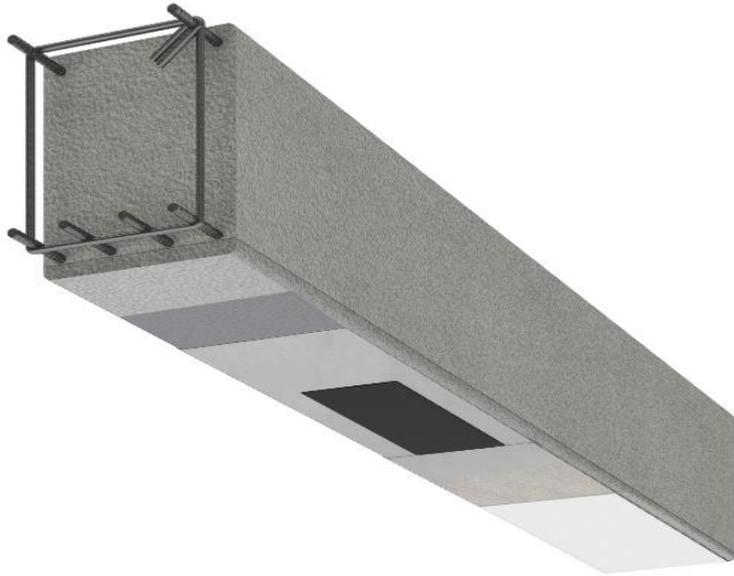
Carboplate E 170 W, E 200 W y E 250 W	
Espesores (mm)	1,2 y 1,4
Anchuras (mm)	50, 60, 80, 100, 120 y 150
Módulos elásticos (GPa)	170, 200 y 250



A momentos positivos en la parte inferior de la viga o a momentos negativos en la parte superior.

Refuerzo a flexión de vigas, viguetas, forjados reticulares y losas macizas con laminados

Carboplate E 170 W, E 200 W y E 250 W

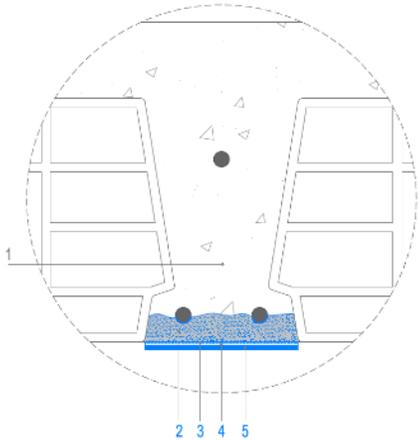
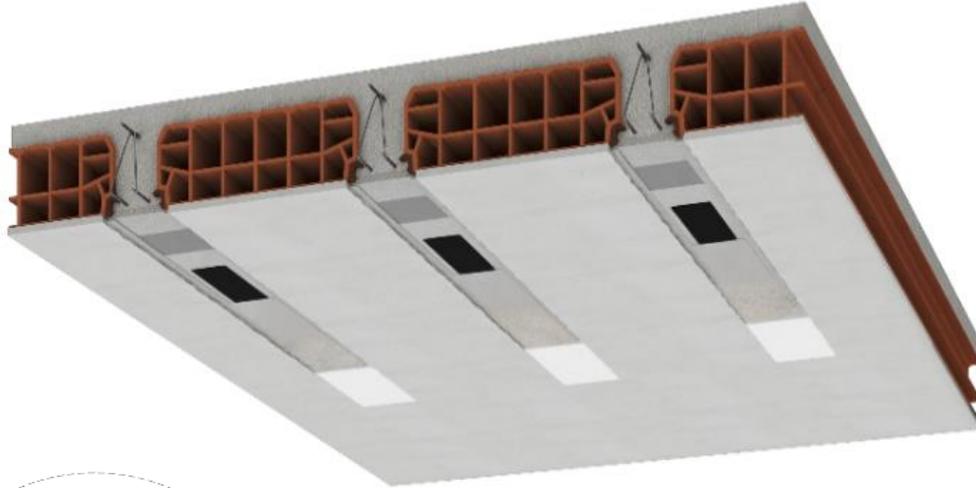


La colocación de 1 laminado Carboplate E 170W de 50mm de ancho y 1,2mm de espesor equivale aproximadamente a la colocación de una barra de acero de 12mm de diámetro...



Refuerzo a flexión de vigas, viguetas, forjados reticulares y losas macizas con laminados

Carboplate E 170 W, E 200 W y E 250 W



1. Vigueta de hormigón
2. Reparación del hormigón con **Mapefer 1K** y **Mapegrout/Planitop**
3. Imprimación **Mapewrap Primer 1**
4. Adhesivo **Adesilex PG4**
5. Laminado **Carboplate E**



Refuerzo a flexión y cortante de vigas y refuerzo de pilares por confinamiento con tejidos

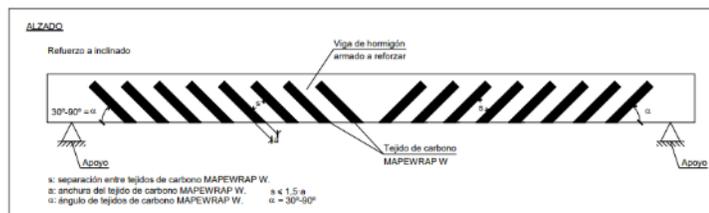
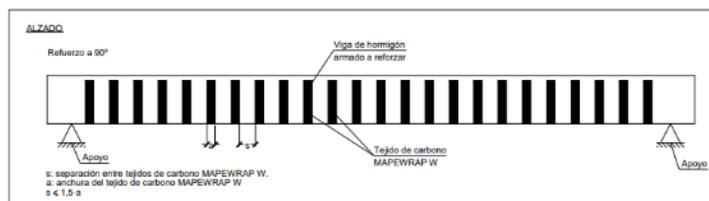
Mapewrap C UNI-AX 240 W, 300 W y 600 W

Gramaje (gr/m ²)	240	300	600
Anchuras (cm)	30	10, 20 y 40	
Módulos elásticos (Gpa)	≥ 240		

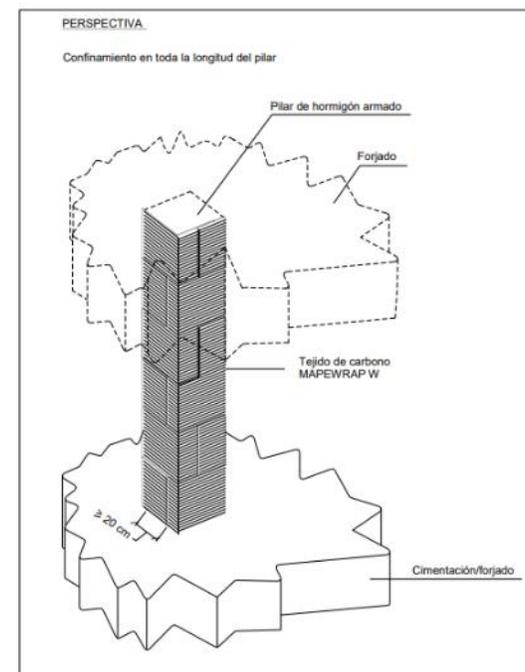
FLEXIÓN



CORTANTE

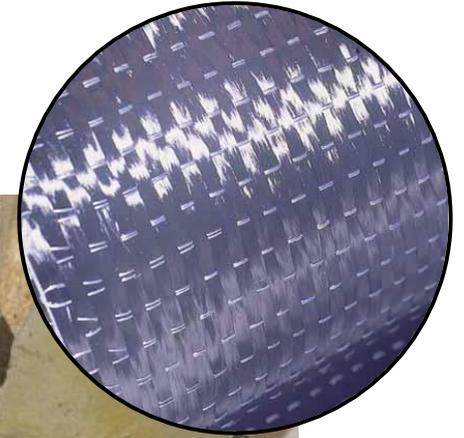


CONFINAMIENTO



Refuerzo a flexión con tejidos

Mapewrap C UNI-AX 240 W, 300 W y 600 W - **FLEXIÓN**



Refuerzo a cortante de vigas con tejidos

Mapewrap C UNI-AX 240 W, 300 W y 600 W - **CORTANTE**

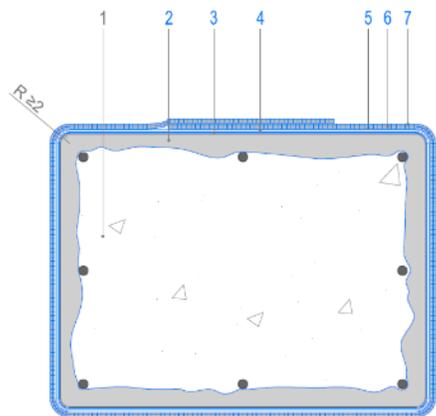


1. Viga de hormigón
2. Reparación del hormigón con **Mapefer 1K y Mapegrout/Planitop**
3. Imprimación **Mapewrap Primer 1**
4. Nivelación **Mapewrap 11/12** (si procede)
5. Adhesivo **Mapewrap 31**
6. Tejido **Mapewrap C UNI-AX**
7. Adhesivo **Mapewrap 31**



Refuerzo de pilares por confinamiento con tejidos

Mapewrap C UNI-AX 240 W, 300 W y 600 W - CONFINAMIENTO



1. Pilar de hormigón
2. Reparación del hormigón con **Mapefer 1K** y **Mapegrout/Planitop** (consultar)
3. Imprimación **Mapewrap Primer 1**
4. Nivelación **Mapewrap 11/12** (si procede)
5. Adhesivo **Mapewrap 31**
6. Tejido **Mapewrap C UNI-AX**
7. Adhesivo **Mapewrap 31**
8. Arenado en fresco
9. Protección

Zunchar un pilar de hormigón de 25MPa de 300x300mm con 2 vueltas de hoja Mapewrap C UNI-AX nos permite aumentar la resistencia aprox. un 30% (de 25 a 32MPa)



Refuerzo a flexión con laminados Carboplate y a cortante con tejidos Mapewrap



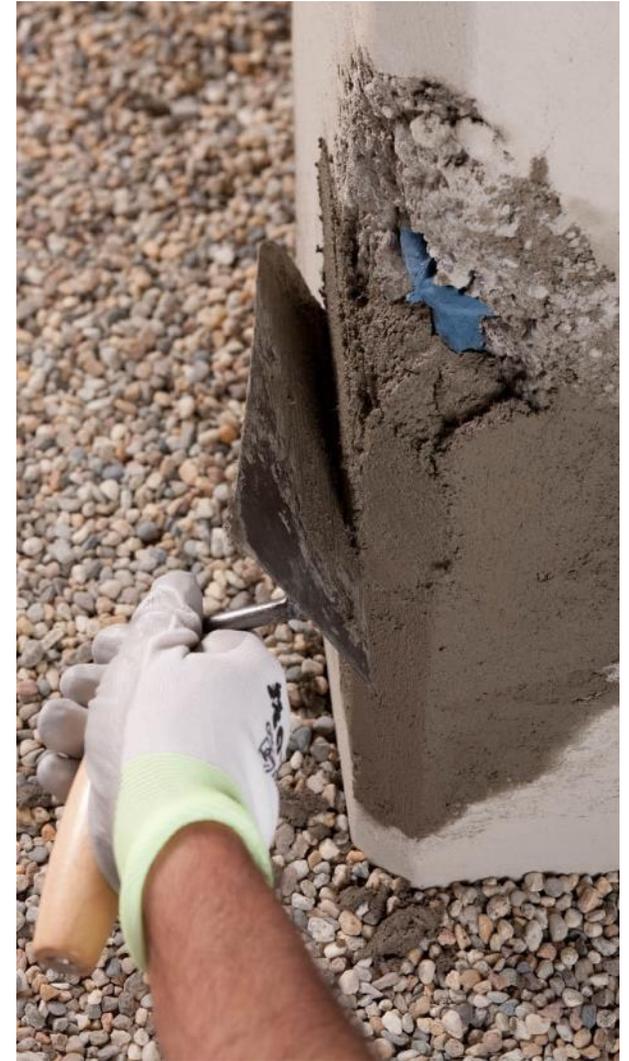


Procedimiento de aplicación

Preparación del soporte

- 1.- Eliminación del hormigón deteriorado.
- 2.- Limpiar las armaduras y pasivarlas con [Mapefer 1K](#).
- 3.- Recuperar la sección con morteros de reparación [Mapegrout](#) (consultar).
- 4.- Sellar las fisuras existentes con inyección de resinas [Epojet](#).

Actuaciones necesarias y comunes previas a la aplicación de laminados o tejidos.



Aplicación de laminados Carboplate

5.- Aplicación del imprimador **MapeWrap Primer 1**.

6.- Adhesión de la placa con adhesivo estructural **Adesilex PG4** aplicado tanto sobre el soporte como sobre el laminado.



Aplicación de tejidos Mapewrap



5.- Redondear aristas en un radio de curvatura no inferior a 2 cm.



6.- Impregnación del hormigón con **Mapewrap Primer 1**.



7. Aplicación si fuera necesario de emplastecido con **Mapewrap 11/12**.



8.- Impregnación del hormigón con resina epoxi fluida **Mapewrap 31**.

Aplicación de tejidos Mapewrap



9.- Colocación del tejido ejerciendo presión con un rodillo acanalado.



10.- Impregnación del tejido con segunda capa de **Mapewrap 31**.



Espolvoreo (opcional) de cuarzo.



Referencias de obra FRP

REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

ARQUITECTOS:

Antonio Aguado de Gea,
Alberto de la Fuente
Antequera, Smart enering SL

ING. ESTRUCTURAS:

Robert Brufau, BGG
Estructures, Recerca,
Rehabilitacio SLP

CONSTRUCTORA:

Gasalla Sanchez S.L

PROMOTOR:

Ayuntamiento Pola de Siero.



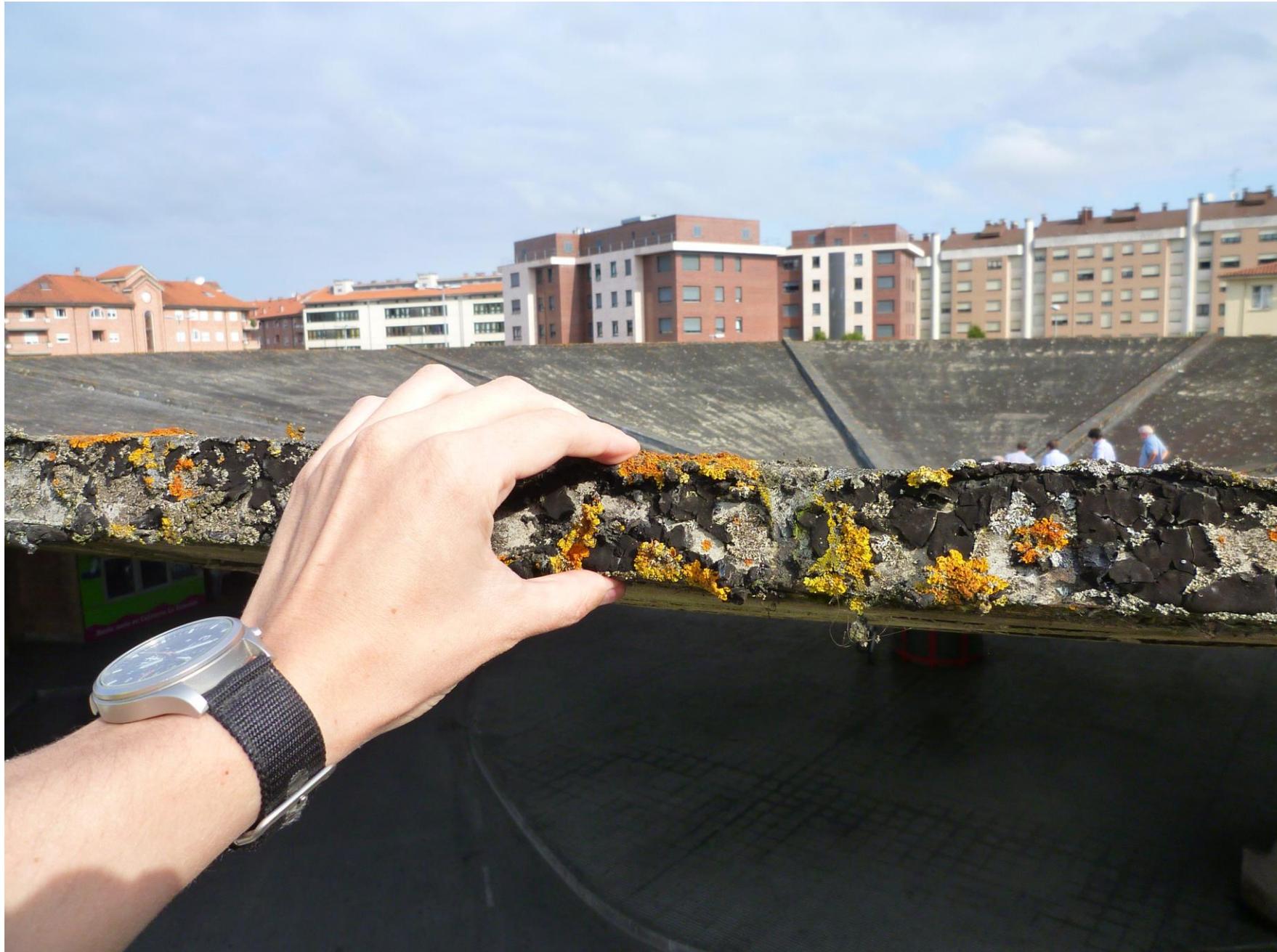
REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Estado
inicial



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Estado
inicial



Estado inicial



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Estado inicial



Durante



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Durante



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Durante



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Durante



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Durante



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Durante



Durante



Durante



Durante



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Durante



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)

Durante



Durante



REFERENCIA DE OBRA. Paraguas Pola de Siero (Asturias)



REFERENCIA DE OBRA: Antiguo edificio Tabacalera (Tarragona)

PROYECTISTA:

Fernando Purroy

CONSTRUCTORAS:

Corsán-Corviam, Gulinves

PROMOTOR:

Ayuntamiento Tarragona



REFERENCIA DE OBRA: Antiguo edificio Tabacalera (Tarragona)

Estado inicial







REFERENCIA DE OBRA: Antiguo edificio Tabacalera (Tarragona)



PROGRAMA

Introducción

Refuerzo de estructuras con materiales compuestos por una matriz orgánica (FRP)

Refuerzo de estructuras con morteros de altísima resistencia (HPC)

Software de cálculo

REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON MATERIALES HPC

Introducción

¿Qué son los materiales HPC? Tipos de materiales

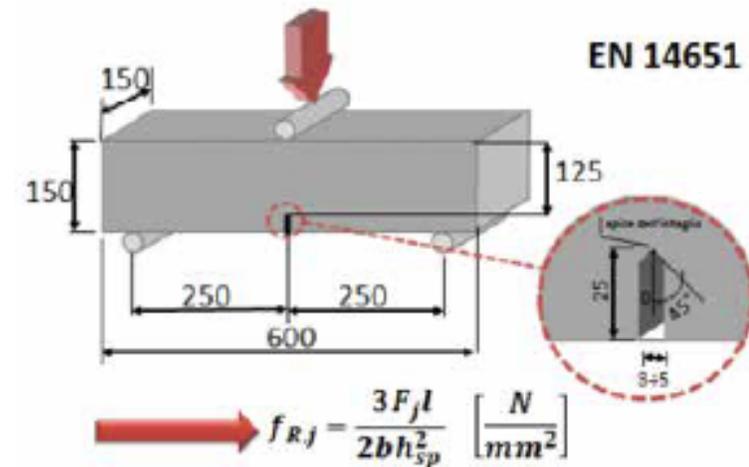
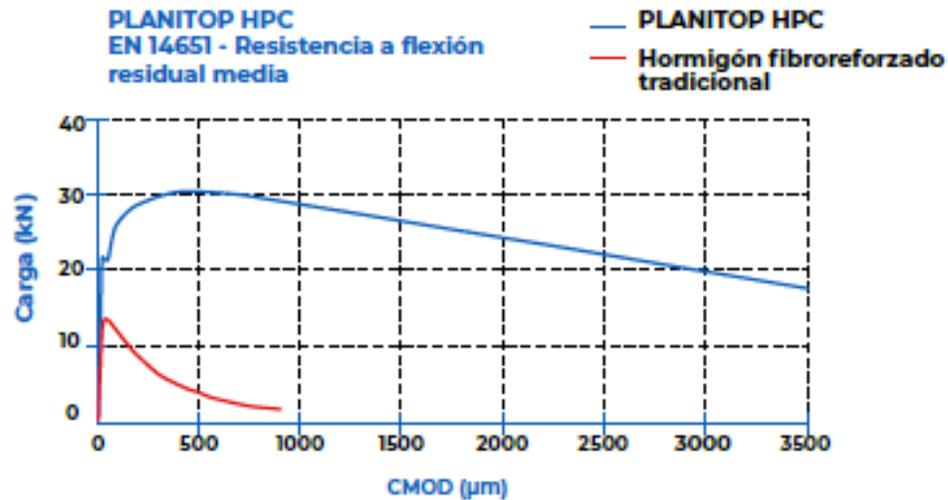
Certificación

Usos y aplicación de los materiales HPC en estructuras de hormigón

- Mortero cementoso fibrorreforzado (acero latonado) (HPC) con altísimas prestaciones mecánicas.
- Elevada resistencia mecánica.
- Incrementa la ductilidad de las estructuras.
- Permite sustituir armadura tradicional, por lo que se aplica en un espesor reducido (máx 4 cm).



	<u>HORMIGÓN TRADICIONAL</u>	<u>MORTERO CEMENTOSO</u>	<u>PLANITOP HPC</u>
Resistencia a compresión	15 - 40 MPa	15 - 60 MPa	130 MPa
Resistencia a tracción	-	-	8,5 MPa
Resistencia a flexión	-	4 - 8 MPa	32 MPa



REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON MATERIALES HPC

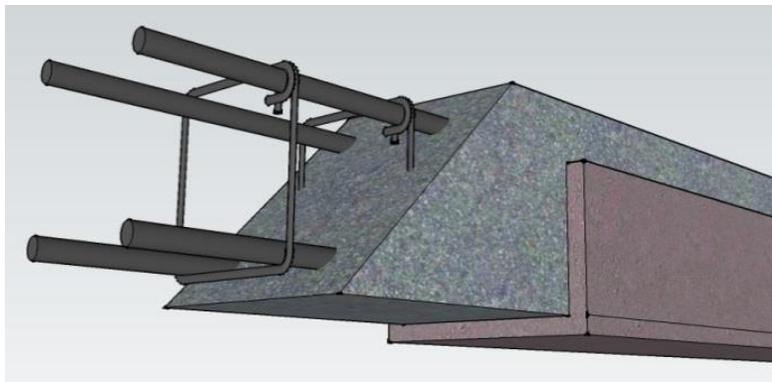
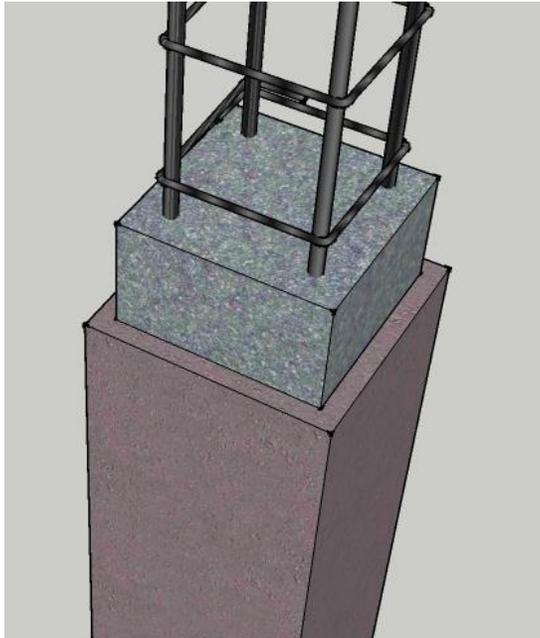
Introducción

¿Qué son los materiales HPC? Tipos de materiales

Certificación

Referencias de obra

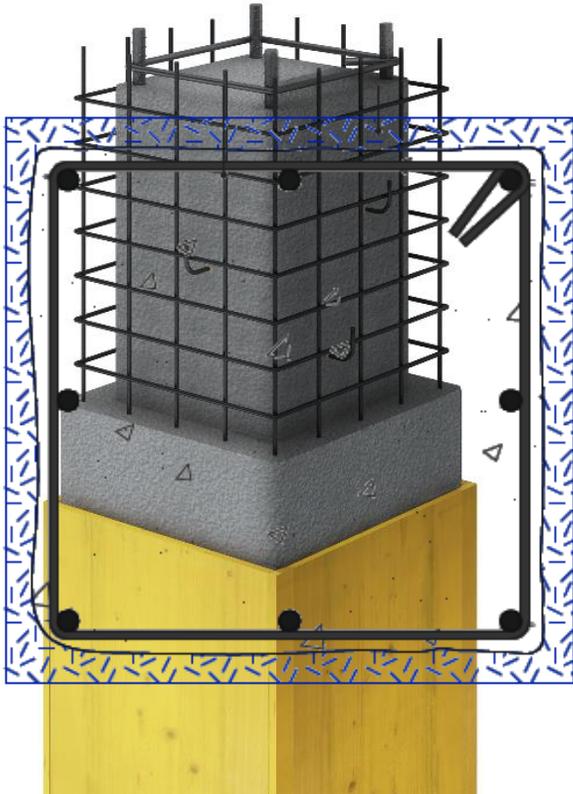
Planitop HPC + Fibre HPC



Planitop HPC Floor



Refuerzo de pilares mediante encamisado con HPC



**Recrecido
Tradicional**



HPC System

- Espesor de 2 – 5 cm
- Aumento de peso y rigidez limitados
- Ausencia o reducción de armadura de refuerzo
- Sin necesidad de conexiones mecánicas
- Alta resistencia al fuego

Preparación del soporte

- 1.- Preparación del soporte mediante rugosizado. Posible reparación previa
- 2.- Realizar encofrado sellando y dejar la superficie a reparar saturada con agua



Aplicación del producto

3.- Amasado en hormigonera de tres palas

4.- Verter el producto y esperar 72 h. antes de desencofrar



Refuerzo de forjados con HPC Floor

- **Refuerzo estructural** de **forjados unidireccionales** de vigueta de hormigón, metálica o de madera, **losas** de hormigón y forjados **reticulares**.
- **Adecuación antisísmica**: forjados sometidos a elevadas sollicitaciones que requieran de gran ductilidad.
- **Reparación de pavimentos** y soleras de hormigón (industriales, viarios y aeroportuarios) tras escarificación de zonas deterioradas.



REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON MORTEROS DE ALTA RESISTENCIA

Refuerzo de forjados con HPC Floor

	<u>ESPESOR</u>	<u>PESO ESPECÍFICO</u>	<u>PESO TOTAL DE LA INTERVENCIÓN</u>	
Hormigón tradicional	5 cm	2400 kg/m ³	125 kg/m ²	-
Hormigón aligerado	5 cm	1400 kg/m ³	75 kg/m ²	- 44 %
PLANITOP HPC FLOOR	2,5 cm	2400 kg/m ³	60 kg/m ²	- 53 %

REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON MORTEROS DE ALTA RESISTENCIA

Refuerzo de forjados con HPC Floor

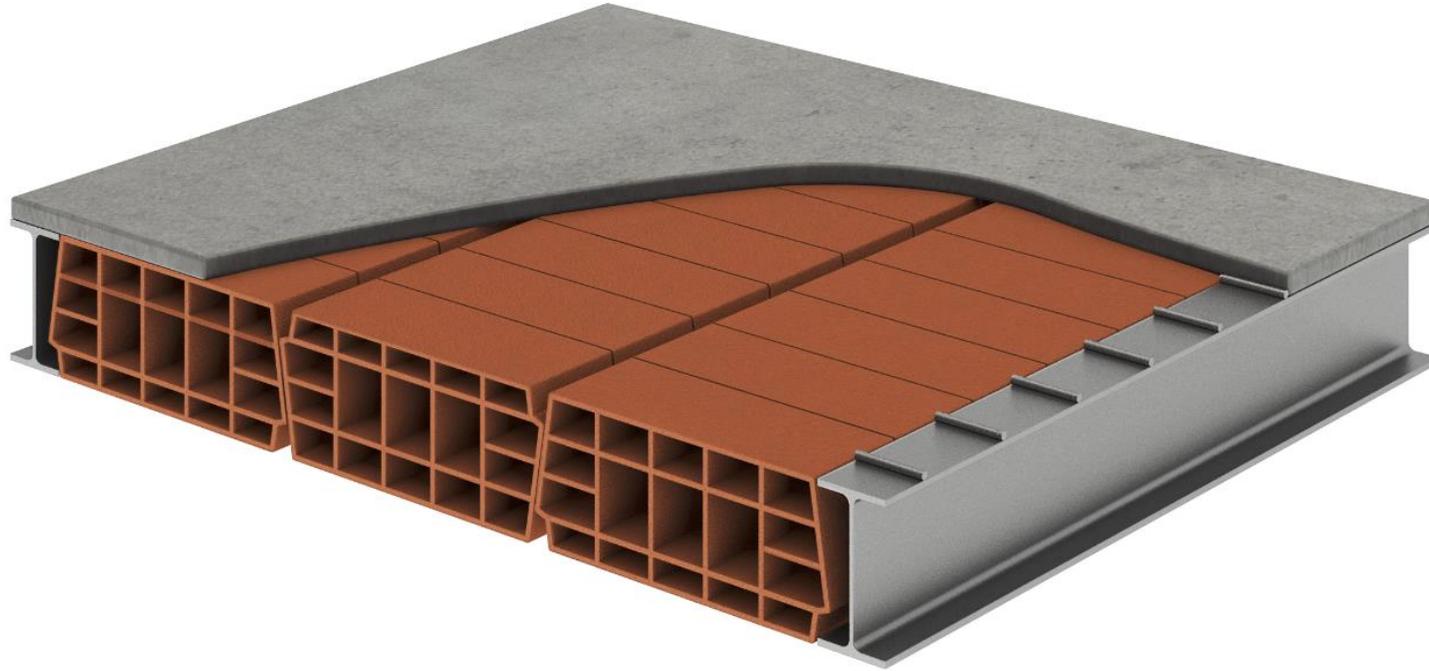


HPC FLOOR System

- Espesor de 1,5 a 4 cm
- Aumento de peso y rigidez limitado
- Sin armadura de refuerzo ni mallazos
- Sin necesidad de conexiones mecánicas
- Compatibilidad arquitectónica

REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON MORTEROS DE ALTA RESISTENCIA

Refuerzo de forjados con HPC Floor



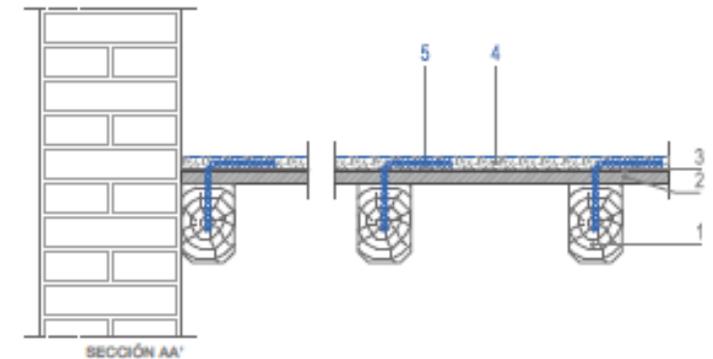
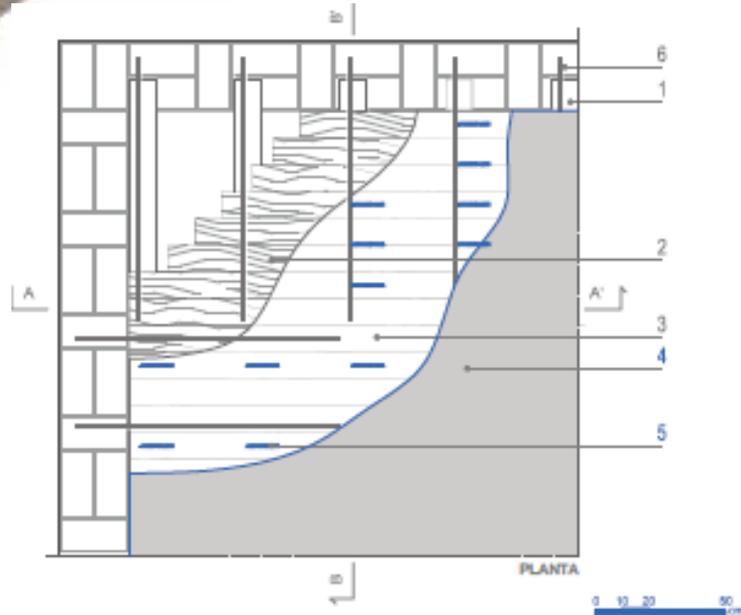
Refuerzo de forjados de viguetas de acero

REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON MORTEROS DE ALTA RESISTENCIA

Refuerzo de forjados con HPC Floor



Refuerzo de forjados de madera



Preparación del soporte

- 1.- Fresado y aspirado del soporte
- 2.- Anclaje perimetral con barras metálicas y [Mapefix VE SF](#).



Aplicación del producto

3.- Aplicación de consolidante superficial [Primer 3296](#)

4.- Amasado en hormigonera de tres palas y vertido.





- Colocación de film protector
- Anclajes autoroscados
- Anclajes perimetrales

REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON MATERIALES HPC

Introducción

¿Qué son los materiales HPC? Tipos de materiales

Certificación

Referencias de obra



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centralizzato - Div. 2°

CERTIFICATO DI VALUTAZIONE TECNICA ai sensi del Cap.11, punto 11.1 lett. c) del D.M. 17.1.2018

Denominazione commerciale del Prodotto	PLANITOP HPC PLANITOP HPC FLOOR PLANITOP HPC FLOOR T PLANITOP HPC FLOOR 46 PLANITOP HPC FLOOR 46 T
Oggetto della certificazione e campo di impiego	Calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) <i>Malte e betoncini per il ripristino ed il rinforzo strutturale.</i>
Titolare del Certificato	MAPEI S.p.A. Via Cafiero, 22 20158 - MILANO
Centro di distribuzione e Stabilimento di produzione	Stabilimento di Mediglia, Strada Provinciale 159, 20060 Robbiano di Mediglia (MI) Stabilimento di Latina, Via Mediana S.S. 148 km 81, 3 - 04100 Latina (LT)
Validità del Certificato	Anni 5 a decorrere dalla data di protocollo sopraindicata

Il presente Certificato è emesso in formato digitale ed è riproducibile solo nella sua interezza

VIA NORDMANTOVA 2 - 00141 ROMA
TEL. 06 4412 5430
www.cslp.it

DAU 20/117 A

Documento de adecuación al uso

Denominación comercial
Planitop HPC

Titular del DAU
MAPEI SPAIN SA
Valencia 11
Polígono Industrial Can Oller
ES-08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)
Tel. 933 43 50 50
www.mapei.es

Tipo genérico y uso
Mortero compuesto por cemento, áridos y fibras metálicas que se emplea en el refuerzo estructural y reparación de pilares y muros de hormigón armado o pretensado mediante el recrecido de su sección.

Planta de producción
Mapei S.p.A.
20090 Robbiano di Mediglia (Mián)
Italia

Edición vigente y fecha
A 26.01.2021

Valides (condicionada al)
Desde: 26.01.2021
Hasta: 25.01.2026

[*] La validez del DAU 20/117 A en condiciones del Reglamento edición vigente de este DAU figura en el registro que se puede acceder en francés y a través del siguiente código QR.

Este documento consta de 24 páginas. Queda prohibida su reproducción.

ITeC

DAU 20/118 A

Documento de adecuación al uso

Denominación comercial
Planitop HPC Floor

Titular del DAU
MAPEI SPAIN SA
Valencia 11
Polígono Industrial Can Oller
ES-08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)
Tel. 933 43 50 50
www.mapei.es

Tipo genérico y uso
Mortero compuesto por cemento, áridos y fibras metálicas que se emplea en el refuerzo estructural y reparación de forjados de hormigón mediante el aumento de su espesor.

Planta de producción
Mapei S.p.A.
20090 Robbiano di Mediglia (Mián)
Italia

Edición vigente y fecha
A 26.01.2021

Valides (condicionada a seguimiento anual [*])
Desde: 26.01.2021
Hasta: 25.01.2026

[*] La validez del DAU 20/118 A está sujeta a las condiciones del Reglamento de DAU. La edición vigente de este DAU es la que figura en el registro que mantiene el ITeC (accesible en francés y a través del siguiente código QR).

ITeC

REFUERZO DE ESTRUCTURAS CON MATERIALES HPC

Introducción

¿Qué son los materiales HPC? Tipos de materiales

Certificación

Referencias de obra

REFERENCIA DE OBRA: Refuerzo de forjados Calle Prim nº 12, Madrid

PROYECTISTA Y DIRECCIÓN FACULTATIVA:

Jesús Martínez del Vas
Berta Iglesias Gómez

INGENIERIA DE ESTRUCTURAS:

CHC Ingenieros

PROMOTORA:

Sociedad Estatal de Gestión Inmobiliaria del
Patrimonio SA (SEGIPSA)

CONSTRUCTORA:

Serranco

EMPRESA APLICADORA:

Reditec S:L



REFERENCIA DE OBRA: Refuerzo de forjados Calle Prim nº 12, Madrid

Estado inicial



REFERENCIA DE OBRA: Refuerzo de forjados Calle Prim nº 12, Madrid

Tratamiento del soporte



REFERENCIA DE OBRA: Refuerzo de forjados Calle Prim nº 12, Madrid

Fresado e imprimación del soporte



REFERENCIA DE OBRA: Refuerzo de forjados Calle Prim nº 12, Madrid

Vertido del producto



REFERENCIA DE OBRA: Refuerzo de forjados Calle Prim nº 12, Madrid

Acabado



PROGRAMA

Introducción

Refuerzo de estructuras con materiales compuestos por una matriz orgánica (FRP)

Refuerzo de estructuras con morteros de altísima resistencia (HPC)

Software de cálculo



- Manual de Refuerzo
- Fichas por sistemas
- DWG de cada sistema
- Software de calculo
- Otros: Guias, Fichas técnicas, etc.

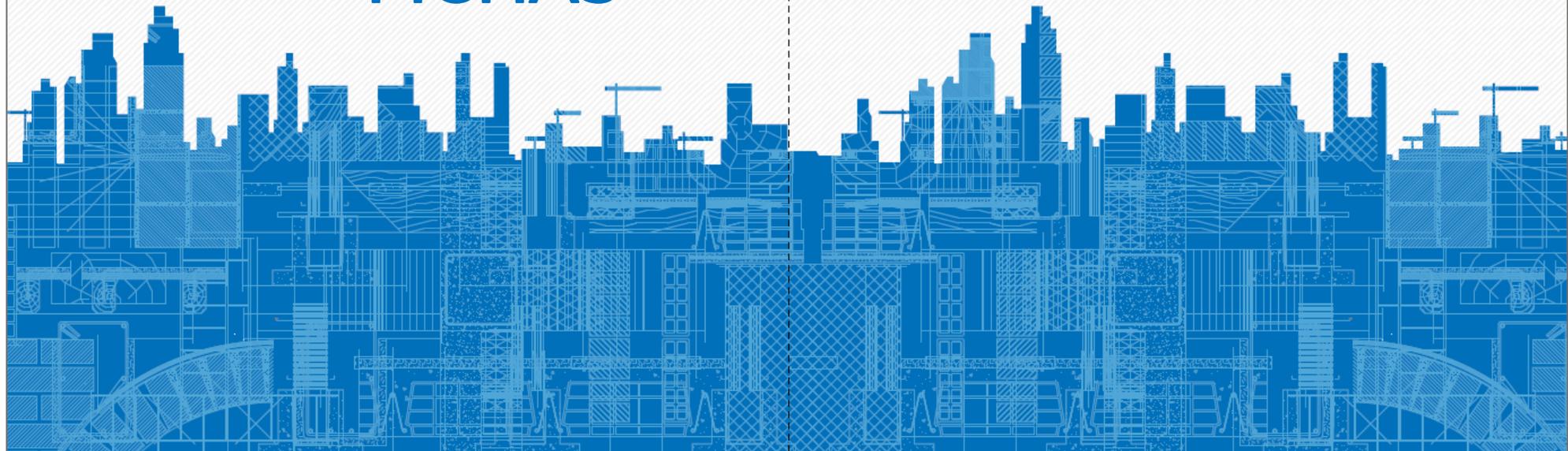
REFUERZO
ESTRUCTURAL

47

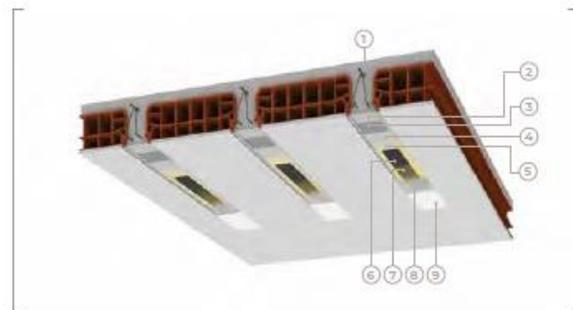
FICHAS

2

APLICACIONES
PRÁCTICAS
Fichas de refuerzo



REFUERZO A FLEXIÓN DE VIGUETAS Y LOSAS MACIZAS APLACADO CON SISTEMA FRP: TEJIDOS MAPEWRAP SYSTEM



- 1 | VIGUETA EXISTENTE
- 2 | REPARACIÓN DE SECCIÓN
- 3 | MAPEWRAP PRIMER 1
- 4 | MAPEWRAP T1/T2
- 5 | MAPEWRAP 3I
- 6 | MAPEWRAP C UNI-AX
- 7 | MAPEWRAP 3I
- 8 | QUARZO 1,2
- 9 | PLANITOP 200

PROCEDIMIENTO TÉCNICO DE INTERVENCIÓN →

La intervención de refuerzo a flexión de un forjado se realiza mediante la colocación en el intradós de las viguetas de los tejidos unidireccionales de fibra de carbono **MAPEWRAP**, aplicados con un ciclo epoxidico.

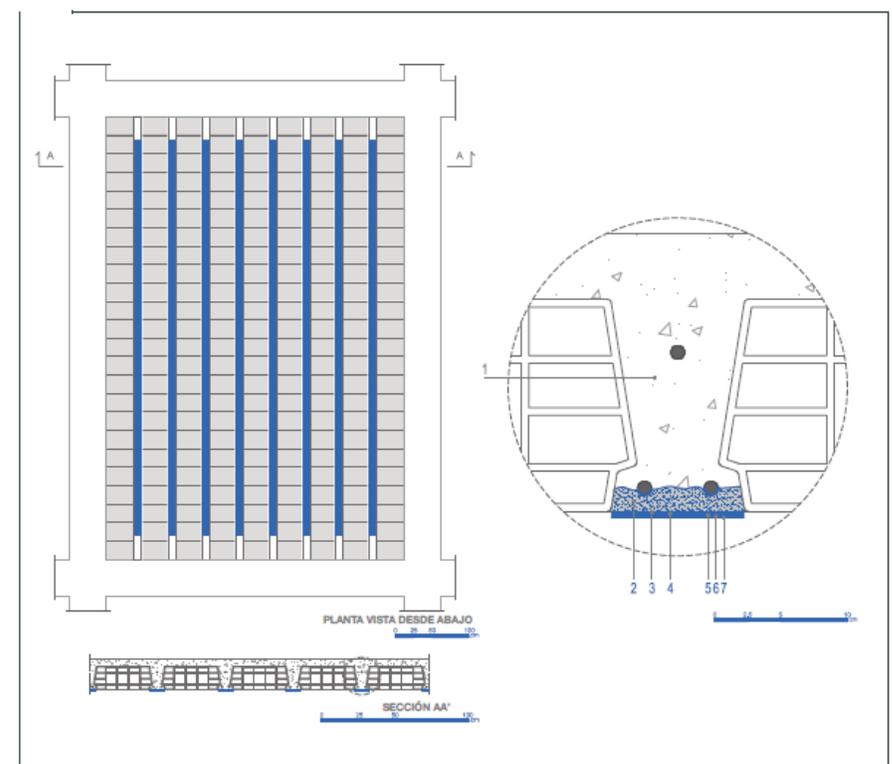
Una vez realizada la **preparación del soporte** (FICHA 1.A), así como las eventuales **operaciones de reparación** (FICHA 1.B), se procederá tal y como se indica a continuación:

- Aplicar sobre la superficie a reforzar el imprimador epoxidico bicomponente **MAPEWRAP PRIMER 1** (foto A).
- Aplicar con llana, sobre el imprimador fresco, una capa uniforme de 1,0-1,5 mm de estuco epoxidico bicomponente **MAPEWRAP T1** o **MAPEWRAP 12** (*) (foto B).
- Aplicar, sobre el estuco epoxidico aún fresco, una capa de resina epoxidica fluida para la impregnación de los tejidos **MAPEWRAP 3I** (foto C).
- Cortar con unas tijeras el tejido **MAPEWRAP C UNI-AX** a la longitud deseada;
- Aplicar **MAPEWRAP C UNI-AX** y presionarlo con ayuda de un rodillo tipo **RODILLO MAPEWRAP** a fin de eliminar eventuales burbujas de aire (foto D).
- Aplicar una segunda capa de **MAPEWRAP 3I** (foto E).
- Espolvorear la resina todavía fresca con arena de **QUARZO 1,2** seca (foto F).
- Una vez transcurridas al menos 24 horas desde la aplicación de los tejidos, enlucir con los enlucidos cementosos de la línea **PLANITOP**.

(*) Para un mayor tiempo de trabajabilidad es posible utilizar **MAPEWRAP 12**



2|A



↓ NOTAS

1. A través del software **MAPEI FRP FORMULA**, en conformidad con las instrucciones del CNR DT 200 Italiana, es posible definir las características del tejido **MAPEWRAP UNI-AX** (tipo de fibra, gramaje, módulo elástico, dimensiones y número de capas).
2. En el caso de aplicar varias capas de tejido (no se recomiendan más de tres), es necesario que éstas se coloquen directamente sobre la capa de **MAPEWRAP 3I** aún fresca.
3. **MAPEWRAP C UNI-AX SYSTEM** cuenta con el Certificado de Evaluación Técnica italiano (CVT) de acuerdo con el I.G. a que se refiere el D.P.C.S.LL.PP. n.220 de 09/07/2015.
4. En España, los sistemas de refuerzo FRP de **MAPEI CARBOPLATE** y **MAPEWRAP**, poseen el Documento de Idoneidad Técnica (DIT) S49/14, emitido por el Instituto Eduardo Torroja (IETcc).

ENFOCA EL CÓDIGO QR y descárgate la ficha de refuerzo, las fichas técnicas, el dwg, el software de cálculo y otras informaciones de utilidad o bien **DESCÁRGATELOS DESDE LA PÁGINA WEB** www.rinforzo-structurale.it



[NOTICIAS Y EVENTOS](#) [BLOG](#) [CONTÁCTENOS](#)

MyMapei 
NICIO DE SESIÓN



[ACERCA DE NOSOTROS](#) [PROYECTOS](#) [PRODUCTOS Y SOLUCIONES](#) [REALIDAD MAPEI](#) [FORMACIÓN Y ASISTENCIA](#) [HERRAMIENTAS Y DESCARGAS](#)

[PREMIO MAPEI](#)





Software de cálculo



MAPEI STRUCTURAL DESIGN

Herramienta MAPEI para el cálculo de los sistemas de refuerzo MAPEI aplicados en estructuras existentes



DATA MAPESILENT

Data Mapesilent es un programa de software de Mapei que se utiliza para verificar las características acústicas de los edificios y calcular la transmitancia térmica de las paredes divisorias. El programa también le permite verificar si los requisitos del proyecto cumplen con los límites legales especificados.



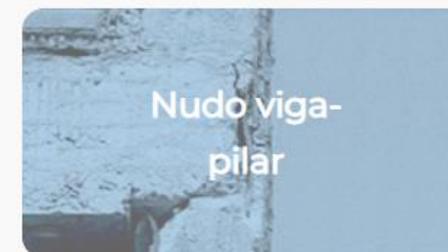
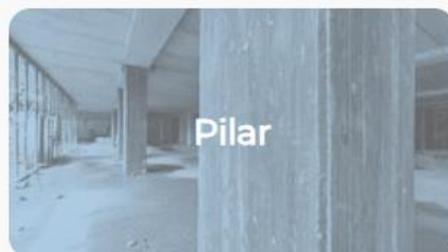
MAPEFIX SOFTWARE DESIGN

Mapefix Software Design es una herramienta de cálculo desarrollada específicamente para calcular las dimensiones correctas de un anclaje utilizando resinas Mapefix de conformidad con las normas europeas vigentes.

Seleccione tipo



Seleccionar elemento





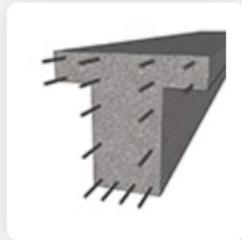
SECCIÓN EXISTENTE



SECCIÓN REFORZADA

NTC 2018

Dimensiones de la sección



RELAZIONE DI CALCOLO RINFORZO CON SISTEMA FRP



Comittente:	
Progettista:	
Direttore dei Lavori:	
Impresa:	
Collaudatore:	

1

MAPEI S.p.A. Via Caffaro, 22 20136 - Milano Italia - Tel +39-02-576731
Fax +39-02-57673214 - mapei@mapei.it - P. IVA 01649900158



SOMMARIO

Inquadramento	3
Descrizione dell'intervento	3
Normativa di riferimento	3
Geometria della sezione esistente	3
Materiali esistenti	4
Livello di conoscenza	4
Caratteristiche meccaniche dei materiali esistenti di progetto	4
Sollecitazioni agenti	5
Verifica della sezione esistente	5
Tipologia di rinforzo	5
Caratteristiche meccaniche del rinforzo	6
Dimensionamento del rinforzo	6
Verifica della sezione rinforzata	9

SOLLECITAZIONI AGENTI

Le sollecitazioni agenti allo S.L.U. sono:

Momento massimo agente $M_{Ed,ult}$	50.0 kNm
-------------------------------------	----------

Le sollecitazioni agenti allo S.L.E. sono:

Momento massimo agente $M_{Ed,all}$	50.0 kNm
-------------------------------------	----------

VERIFICA DELLA SEZIONE ESISTENTE

Le deformazioni agenti allo S.L.U. sulla sezione esistente sono:

Deformazione fibra di calcestruzzo ϵ_c	0.0035
Deformazione armatura compressa ϵ'_s	-0.0066
Deformazione armatura tesa ϵ_s	0.14195

Le tensioni agenti allo S.L.U. sulla sezione esistente sono:

Tensione armatura compressa σ'_s	-500.0 MPa
Tensione armatura tesa σ_s	500.0 MPa

Le caratteristiche resistenti allo S.L.U. della sezione esistente sono:

Momento massimo positivo $M_{Rd,lim,poz}$	115.33 kNm
Momento massimo negativo $M_{Rd,lim,neg}$	-55.99 kNm
Ttaglio massimo resistente V_{Rd}	106.21 kN

- ### TIPOLOGIA DI RINFORZO
- Il rinforzo con sistema FRP è costituito da:
- lamina in fibra di tipo CARBOPLATE E 170 della MAPEI S.p.A.;
 - primer per il consolidamento delle superfici tipo MAPEWRAP PRIMER 1 della MAPEI S.p.A.
 - stucco epossidico per la regolarizzazione del supporto e l'eventuale incollaggio del sistema FRP tipo MAPEWRAP 11/MAPEWRAP 12/MAPEWRAP 31T della MAPEI S.p.A.
 - resina epossidica per l'incollaggio dei tessuti tipo MAPEWRAP 21/MAPEWRAP 31 della MAPEI S.p.A.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL RINFORZO

lamina CARBOPLATE E 170 per il rinforzo a flessione

Spessore equivalente t	1.4 mm
--------------------------	--------

2

MAPEI S.p.A. Via Caffaro, 22 20136 - Milano Italia - Tel +39-02-576731
Fax +39-02-57673214 - mapei@mapei.it - P. IVA 01649900158



Per la valutazione della capacità degli elementi/meccanismi duttili si impiegano i valori medi delle proprietà dei materiali esistenti, direttamente ottenute da prove in situ e da eventuali informazioni aggiuntive, divise per i fattori di confidenza, in relazione al livello di conoscenza raggiunto (§ 8.7.2 delle NTC 2018).

Per la valutazione della capacità degli elementi/meccanismi fragili si impiegano i valori medi delle proprietà dei materiali esistenti, direttamente ottenute da prove in situ e da eventuali informazioni aggiuntive, divise per i fattori di confidenza, in relazione al livello di conoscenza raggiunto, e per il coefficiente di sicurezza parziale del materiale. Per il calcestruzzo il coefficiente parziale di sicurezza γ_c è pari a 1,5, per l'acciaio γ_s è pari a 1,15 (§ 8.7.2 delle NTC 2018).

SOLLECITAZIONI AGENTI

Le sollecitazioni agenti allo S.L.U. sono:

Momento massimo agente $M_{Ed,ult}$	50.0 kNm
-------------------------------------	----------

Le sollecitazioni agenti allo S.L.E. sono:

Momento massimo agente $M_{Ed,all}$	50.0 kNm
-------------------------------------	----------

VERIFICA DELLA SEZIONE ESISTENTE

Le deformazioni agenti allo S.L.U. sulla sezione esistente sono:

Deformazione fibra di calcestruzzo ϵ_c	0.0035
Deformazione armatura compressa ϵ'_s	-0.0066
Deformazione armatura tesa ϵ_s	0.14195

Le tensioni agenti allo S.L.U. sulla sezione esistente sono:

Tensione armatura compressa σ'_s	-500.0 MPa
Tensione armatura tesa σ_s	500.0 MPa

Le caratteristiche resistenti allo S.L.U. della sezione esistente sono:

Momento massimo positivo $M_{Rd,lim,poz}$	115.33 kNm
Momento massimo negativo $M_{Rd,lim,neg}$	-55.99 kNm
Ttaglio massimo resistente V_{Rd}	106.21 kN

- ### TIPOLOGIA DI RINFORZO
- Il rinforzo con sistema FRP è costituito da:
- lamina in fibra di tipo CARBOPLATE E 170 della MAPEI S.p.A.;
 - primer per il consolidamento delle superfici tipo MAPEWRAP PRIMER 1 della MAPEI S.p.A.
 - stucco epossidico per la regolarizzazione del supporto e l'eventuale incollaggio del sistema FRP tipo MAPEWRAP 11/MAPEWRAP 12/MAPEWRAP 31T della MAPEI S.p.A.
 - resina epossidica per l'incollaggio dei tessuti tipo MAPEWRAP 21/MAPEWRAP 31 della MAPEI S.p.A.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL RINFORZO

lamina CARBOPLATE E 170 per il rinforzo a flessione

Spessore equivalente t	1.4 mm
--------------------------	--------

5

MAPEI S.p.A. Via Caffaro, 22 20136 - Milano Italia - Tel +39-02-576731
Fax +39-02-57673214 - mapei@mapei.it - P. IVA 01649900158



Tensione caratteristica di rottura f_{td} 2700.0 MPa
 Modulo elastico E_c 160000.0 MPa
 Deformazione ultima ϵ_{cu} 1.5 %
 Numero di strati n_f 1.0
 Larghezza b_f 100.0 mm
 Raggio di curvatura r 20 mm
 Coefficiente di sicurezza FRP γ_f 1,1
 Fattore di conversione ambientale η_f 1-0.95

DIMENSIONAMENTO DEL RINFORZO

RINFORZO A FLESSIONE

DIMENSIONAMENTO DEL RINFORZO ALLO S.L.U.

Ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza dei materiali;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Legami costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio conformi alle normative vigenti;
- Legame costitutivo del composito elastico lineare fino a rottura.

La rottura per flessione avviene per raggiungimento di una delle due deformazioni ultime:

- deformazione calcestruzzo $\epsilon_{cu} = 0.0035$
- deformazione del composito fibrorinforzato $\epsilon_{fd} = \min \left\{ \eta_f \cdot \frac{\epsilon_{fu}}{\gamma_f}, \epsilon_{fd,lim} \right\}$

dove:

$$\epsilon_{fd,lim} = \frac{f_{td,lim}}{E_f} \geq \epsilon_{cu} - \epsilon_s$$

dove:

- ϵ_{cu} è la deformazione di calcolo dell'armatura pre-esistente
- ϵ_s è la deformazione pre-esistente all'applicazione del rinforzo in corrispondenza del lembo teso
- $f_{td,lim}$ è la tensione massima di progetto ed è pari a

$$f_{td,lim} = \frac{k_{c,2}}{\gamma_{c,d}} \cdot \left[\frac{E_c \cdot 2 \cdot k_{c,1} \cdot k_{c,2}}{F \cdot C} \sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm}} \right]$$

dove:

- $k_{c,2} = 0.10$ mm è un coefficiente correttivo
- $k_{c,1} = 1.25$ per carichi distribuiti e $k_{c,1} = 1.00$ per carichi concentrati

Caso 1. Momento ultimo per raggiungimento della massima deformazione nel calcestruzzo

Deformazione calcestruzzo compresso $\epsilon_c = \frac{x}{h} \cdot (h - x) - \epsilon_s \leq \epsilon_{cu}$

Deformazione acciaio in compressione $\epsilon'_s = \epsilon_{cu}$

Deformazione acciaio in trazione $\epsilon_s = \epsilon_{cu} \cdot \frac{x-c}{x}$

6

MAPEI S.p.A. Via Caffaro, 22 20136 - Milano Italia - Tel +39-02-576731
Fax +39-02-57673214 - mapei@mapei.it - P. IVA 01649900158



Tensione caratteristica di rottura f_{td} 2700.0 MPa
 Modulo elastico E_c 160000.0 MPa
 Deformazione ultima ϵ_{cu} 1.5 %
 Numero di strati n_f 1.0
 Larghezza b_f 100.0 mm
 Raggio di curvatura r 20 mm
 Coefficiente di sicurezza FRP γ_f 1,1
 Fattore di conversione ambientale η_f 1-0.95

Se gli acciai sono in fase elastica, le tensioni di lavoro sono pari al prodotto tra la deformazione e il modulo elastico, altrimenti sono da assumere pari al limite di snervamento.

Caso 2. Momento ultimo per raggiungimento della massima deformazione nel composito

Deformazione calcestruzzo compresso $\epsilon_c = (\epsilon_{fd} + \epsilon_s) \cdot \frac{x}{h-x} \leq \epsilon_{cu}$

Deformazione acciaio in compressione $\epsilon'_s = (\epsilon_{fd} + \epsilon_s) \cdot \frac{x-c}{h-x}$

Deformazione acciaio in trazione $\epsilon_s = (\epsilon_{fd} + \epsilon_s) \cdot \frac{d-x}{h-x}$

dove:

- ϵ_s è la deformazione pre-esistente all'applicazione del rinforzo in corrispondenza del lembo teso ed è pari a $\epsilon_s = \frac{M_0}{I_0} \cdot (h - x_0)$

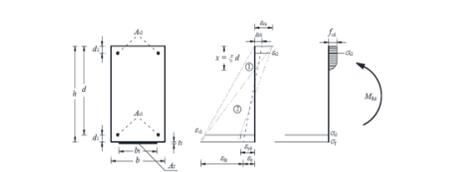
dove:

- asse neutro $b \cdot \frac{x_0^2}{2} + n_f \cdot A'_s \cdot (x_0 - c) - n_f \cdot A_s \cdot (d - x_0) = 0 - x_0$

momento di inerzia $I_0 = b \cdot \frac{x_0^3}{3} + n_f \cdot A'_s \cdot (x_0 - c)^2 + n_f \cdot A_s \cdot (d - x_0)^2$

dove:

- M_0 è il momento iniziale agente prima dell'applicazione del rinforzo
- E_c è il modulo elastico del calcestruzzo valutato come da NTC



Per entrambi i tipi di rottura, la posizione dell'asse neutro è ricavata dall'equilibrio alla trazione ed è pari a $\Psi \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \sigma'_s - A_{s1} \cdot \sigma_s - A_f \cdot \sigma_f - E_f \cdot \epsilon_f = 0$

Dall'equilibrio alla rotazione si ottiene il valore del momento ultimo $M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} [\Psi \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot (d - \lambda \cdot x) + A_{s2} \cdot \sigma'_s \cdot (d - c) + A_f \cdot \sigma_f \cdot E_f \cdot c]$

Con $\gamma_{Rd} = 1.00$, $\Psi = 0.809$ e $\lambda = 0.416$

7

MAPEI S.p.A. Via Caffaro, 22 20136 - Milano Italia - Tel +39-02-576731
Fax +39-02-57673214 - mapei@mapei.it - P. IVA 01649900158



Biblioteca BIM

bimobject

Busca objetos BIM Categorías Noticias Sobre nosotros Para los fabricantes Login / Register

Buscar objetos BIM, categorías o fabricantes

Help us fight COVID-19

29 Familias de productos 1 marcas

Fabricantes: Mapei

Mapetherm EPS external insulation system - ETA

System for waterproofing and installing glass

System for installing ceramic in bathrooms and

Cycle lanes, pavements and street furniture in

Mapefloor Parking System Me

Renovating existing walls with rising damp

Installation of porphyry block flooring

Complete system for renovating masonry (lime)

Complete system for renovating masonry damaged

Breathable render for newly built masonry for

Breathable render for newly built masonry for

Durable elastomeric protection and

Breathable render for newly built masonry for

Breathable render for newly built masonry for

Decorative finish for internal walls with natural

Mixed waterproofing system for

Mapei color paving system flooring not bonded to the

Rapid system for overlaying old flooring with an

Durable elastomeric protection and

System for installing thin porcelain tiles on a

Bancos de precios



GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

Beatriz Pozo

Prescripción Levante-Canarias
Edificación, Obra Civil e Industria

☎ 661486430

✉ b.pozo@mapei.es

