



FRP y FRG System: los sistemas para el refuerzo y la adecuación estática de las estructuras



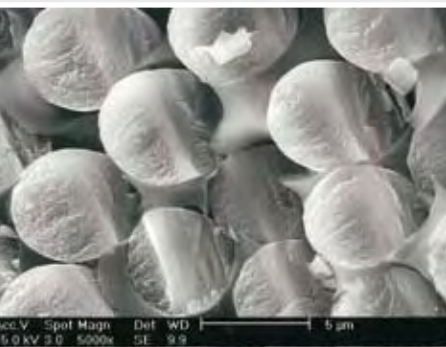


Figura 1
Microfotografía de un compuesto
estructural de matriz polimérica.
Laboratorio de Investigación y
Desarrollo Mapei

MAPEI FRP SYSTEM Y FRG SYSTEM SISTEMAS PARA EL REFUERZO Y LA ADECUACIÓN ESTÁTICA DE LAS ESTRUCTURAS PORTANTES DE HORMIGÓN ARMADO, ALBAÑILERÍA, MADERA Y ACERO

Los sistemas de refuerzo de la línea Mapei **FRP SYSTEM** respetan las indicaciones contenidas en el documento técnico de referencia CNR DT-200/2004 y están clasificados como sistemas certificados de TIPO A, con notables ventajas desde el punto de vista de la calidad final y de la seguridad de la intervención.

¿QUÉ ES MAPEI FRP SYSTEM?

Mapei **FRP SYSTEM** es una gama completa de materiales compuestos por fibras de alta y de altísima resistencia mecánica y por resinas poliméricas específicamente formuladas para el refuerzo y la adecuación estática de estructuras de hormigón armado, pretensado, de acero y de albañilería.

LOS MATERIALES FRP

El término **FRP** es el acrónimo de *Fiber Reinforced Polymer*, es decir, “material polimérico fibro-reforzado”. Los **FRP** pertenecen a la vasta familia de los “compuestos estructurales”, es decir, a la de aquellos materiales (entre los que también podemos considerar el hormigón armado) que están constituidos por dos fases: el refuerzo, presente en forma discontinua y caracterizado por unas elevadas prestaciones mecánicas; la matriz, que se puede identificar como elemento continuo y, generalmente, mecánicamente más débil (Figura 1).

La característica peculiar de los compuestos estructurales es la de ofrecer prestaciones mecánicas mejores o, por lo menos, más “completas” que las proporcionadas individualmente por cada una de las frases componentes. En los compuestos de matriz polimérica (los **FRP** precisamente) la matriz está generalmente constituida por una resina epoxídica mientras que los refuerzos están constituidos por fibras de carbono.

Los **FRP** son materiales utilizados, ya desde hace muchos años, en sectores como el naval, el aeronáutico, el astronáutico y el militar, donde se explotan por su inigualable resistencia específica (entendida como resistencia mecánica a tracción por unidad de peso). La notable reducción de los costes, en particular de las fibras de carbono, debida a su mayor difusión y a una optimización de los procesos productivos, ha permitido recientemente la introducción de los **FRP** también en el sector de la construcción.

LOS FRP EN LA CONSTRUCCIÓN

La utilización de los **FRP** en la industria de la construcción está relacionada, esencialmente, con el sector de la restauración estática de las estructuras deterioradas o dañadas y con el de la adecuación estática, en particular, en el campo antisísmico. En este sector, las técnicas de intervención basadas en la utilización de materiales tradicionales presentan bastantes dificultades operativas y varias dudas sobre la durabilidad futura de la propia intervención.

Desde esta óptica, una intervención de restauración basada en la utilización de compuestos de altas prestaciones, resulta más económica que las intervenciones tradicionales, si se extiende la evaluación económica a los tiempos y a los instrumentos necesarios para la intervención, a los costes derivados de eventuales interrupciones de servicio de la estructura y a la consideración de la vida útil de la misma estructura después de la intervención. Los materiales **FRP**, gracias a su extrema ligereza, se ponen en obra, de hecho, sin la ayuda de instrumentos y maquinarias específicos, por un número limitado de operarios, en tiempos extremadamente breves y, a menudo, sin que resulte necesario interrumpir el servicio de la estructura.

EJEMPLOS DE INTERVENCIONES ESPECÍFICAS EN LAS QUE RESULTA VENTAJOSO EL USO DE LOS FRP:

- fajado exterior de elementos a compresión o flexocompresión como pilares, pilas de puentes (Figuras 2, 3, y 4), tuberías, chimeneas, etc.;
- refuerzo de elementos flexionados mediante el aplacado exterior de las zonas solicitadas a tracción;
- restauración de estructuras localmente dañadas por golpes como, por ejemplo, vigas de puentes impactados por medios de transporte fuera de gálibo;
- refuerzo y adecuación sísmica de cerramientos, arcos y bóvedas de albañilería mediante aplacado, incluso en presencia de frescos, y sin peligro de que, como en el caso de las técnicas tradicionales de intervención basadas en el vertido de una chapa de hormigón en el extradós, haya filtración de líquidos hacia el intradós a través de la albañilería de la bóveda.

¿QUÉ TIPO DE FRP HAY QUE USAR EN LA CONSTRUCCIÓN?

El parámetro principal que define las características de un refuerzo de **FRP** no es el de la resistencia a la tracción, que resulta siempre enormemente mayor que el de las tasas de trabajo a las que están sujetos los **FRP**, sino el módulo elástico. Cuanto más elevado es el módulo de las fibras, más alta es la contribución a la rigidez que estas podrán ofrecer.

Las fibras más adecuadas para ser utilizadas en la restauración de estructuras de hormigón armado son las de carbono de resistencia media (carga de rotura a tracción > 2000 MPa) y módulo elástico medio-alto ($E=170-250$ GPa). Para la restauración de los edificios de albañilería y de las estructuras de madera, caracterizadas por un módulo elástico más bajo es, en cambio, más oportuno recurrir al uso de compuestos fibrosos caracterizados por un valor del módulo de elasticidad más bajo que el del carbono. En este caso, pues, es mejor recurrir al uso de compuestos a base de fibras de vidrio, caracterizadas por un módulo elástico inferior a los 80 GPa. y, por lo tanto, más compatibles desde el punto de vista elasto-mecánico con los soportes.

En lo relativo a la matriz polimérica, las resinas epoxídicas son preferibles a las de poliéster, sobre todo por su mayor capacidad de adhesión al soporte cementoso.

Los compuestos estructurales se utilizan en la restauración de las construcciones bajo forma de: tejidos unidireccionales o pluridireccionales (biaxiales o cuadriaxiales) que pueden ser impregnados a pie de obra con el "sistema en húmedo" o en el lugar de colocación mediante el "sistema en seco"; elementos rígidos ya impregnados con la resina, obtenidos por medio de un proceso industrial de extrusión bajo tracción, denominado pultrusión. Estos últimos, utilizados bajo forma de láminas, se encolan a la estructura a restaurar mediante la utilización de resinas tixotrópicas.



Figura 2
Refuerzo estructural "armado" de edificios de albañilería



Figura 3
Enfajado de pilares y vigas



Figura 4
Enfajado de pilares y vigas

Mapei FRP System



Figura 5
Gama de tejidos MAPEWRAP C

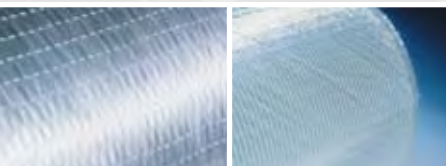


Figura 6
Tejidos unidireccionales y
cuadriaxiales de fibra de vidrio



Figura 7
MAPEWRAP S FIOCCO



Figura 8
MAPEWRAP FIOCCO



Figura 9
Lámina de
CARBOPLATE

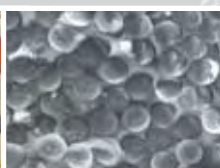


Figura 10
Microfotografía de
CARBOPLATE



Figura 11
Tubo pultruso de fibra de carbono
CARBOTUBE e INYECTORES Ø23



Figura 12
Barras pultrusas MAPEROD

¿QUÉ ES MAPEI FRP SYSTEM?

Mapei **FRP SYSTEM** es un sistema completo de productos a base de fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras metálicas y resinas epoxídicas para la reparación y la adecuación estática de elementos estructurales de hormigón armado, normal y pretensado.

La línea Mapei FRP SYSTEM comprende los siguientes productos:

MAPEWRAP C - Amplia gama de tejidos uniaxiales (Figura 14), biaxiales (Figura 15) y cuadriaxiales (Figura 20) de fibras de carbono, disponibles en varios gramajes, para impregnar a pie de obra con el "sistema en húmedo" o bien directamente en el lugar de colocación mediante el "sistema en seco", para la reparación y la integración de la sección resistente a flexión y a cortante de elementos de hormigón degradados (Figura 5).

MAPEWRAP G - Amplia gama de tejidos uniaxiales y cuadriaxiales, de fibra de vidrio alcali-resistente, disponibles en varios gramajes, para impregnar a pie de obra con el "sistema en húmedo" o bien directamente en el lugar de colocación mediante el "sistema en seco", para la reparación y la integración de la sección resistente a flexión y a cortante de elementos de hormigón degradados (Figura 6).

MAPEWRAP S FIOCCO - Cuerda unidireccional de fibras de acero de alta resistencia, particularmente indicado para la mejora a cortante y a flexión de elementos de hormigón armado o de albañilería y para la adecuación sísmica de estructuras en zonas con riesgo, junto a los tejidos **MapeWrap** (Figura 7).

MAPEWRAP FIOCCO - Amplia gama de cuerdas de fibra de carbono (**MAPEWRAP C FIOCCO**) y vidrio (**MAPEWRAP G FIOCCO**), a impregnar con **MAPEWRAP 21**, para la realización de anclajes de elementos de material compuesto (Figura 8).

MAPEWRAP - Línea completa de resinas para la preparación del soporte, la impregnación y el encolado de los tejidos. La gama completa comprende los siguientes productos:

MAPEWRAP PRIMER 1 - Imprimador epoxídico para el tratamiento del soporte.

MAPEWRAP 11 - Estuco epoxídico con tiempos de fraguado normales, de consistencia tixotrópica, para regularizar las superficies de hormigón.

MAPEWRAP 12 - Estuco epoxídico de fraguado lento, de consistencia tixotrópica, para regularizar las superficies de hormigón.

MAPEWRAP 21 - Resina epoxídica superfluida, para la impregnación con el "sistema en húmedo" de los tejidos.

MAPEWRAP 31 - Adhesivo epoxídico de viscosidad media, para la impregnación con el "sistema en seco" de los tejidos.

CARBOPLATE - Láminas flexibles de fibra de carbono preimpregnadas con resina epoxídica mediante un proceso de pultrusión, a encolar en obra con resinas tixotrópicas, para el aplacado a flexión de vigas y de forjados (Figuras 9 y 10).

CARBOTUBE - Tubo pultruso de fibras de carbono, preimpregnado con resina epoxídica, para utilizar en combinación con **INYECTORES Ø23**, particularmente indicado para la realización de "cosidos armados" con resinas epoxídicas o lechadas fluidas (Figura 11).

MAPEROD - Barras pultrusas de fibra de carbono (**MAPEROD C**) y de vidrio (**MAPEROD G**), preimpregnadas con resina epoxídica, para el refuerzo estructural de elementos de hormigón armado, albañilería y madera (Figura 12).

ADESILEX PG1 - Adhesivo epoxídico de consistencia tixotrópica, con tiempos normales de fraguado, para encolados estructurales.

ADESILEX PG2 - Adhesivo epoxídico de consistencia tixotrópica, de fraguado lento, para encolados estructurales.

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS MAPEWRAP C Y MAPEWRAP G

PREPARACIÓN DEL SOPORTE (Figura 13)

Ante todo es necesario verificar si el soporte sobre el que se tiene que efectuar el refuerzo está sano o bien si está degradado.

En el primer caso se realiza una limpieza de aceites, grasas y depósitos superficiales mediante chorreo de arena o hidrolimpieza.

En el segundo caso se tienen que eliminar todas las partes incoherentes o degradadas del soporte, limpiar las armaduras metálicas de eventuales restos de óxido y restaurar la sección con los productos de la línea **MAPEGROUT**.

Esta operación es extremadamente importante, ya que el éxito de la intervención depende, ante todo, de la calidad del soporte sobre el que se tenga que encolar el refuerzo.

Se procede luego al "redondeo" de todos los ángulos vivos en los que se quiera realizar un fajado con el tejido. Es preferible realizar un redondeo con una curvatura de radio no inferior a 2 cm.

APLICACIÓN DE MAPEWRAP C Y MAPEWRAP G CON EL "SISTEMA EN HÚMEDO"

Aplicar con una brocha o un rodillo, una mano homogénea de **MAPEWRAP PRIMER 1** sobre la superficie de hormigón limpia y seca.

Esperar aproximadamente 1 hora y luego efectuar un enlucido de unos 2 mm de espesor con **MAPEWRAP 11** ó **MAPEWRAP 12**, en función de la temperatura (**MAPEWRAP 12** tiene un mayor tiempo de trabajabilidad que **MAPEWRAP 11**).

Proceder a la impregnación a pie de obra del tejido con **MAPEWRAP 21**, sumergiéndolo directamente en una cubeta de forma rectangular (Figura 17).

Sacar el tejido de la cubeta, dejarlo que escurra y luego estrujarlo entre las manos, protegidas con guantes impermeables de goma, con la finalidad de eliminar completamente el exceso de resina. Como alternativa, la impregnación se puede realizar con una máquina adecuada, dotada con una cubeta y una serie de rodillos, que permite a los operarios efectuar a la vez tanto la operación de saturación como la de escurrido (Figura 18).

Colocar **MAPEWRAP C** / **MAPEWRAP G** poniendo atención en extenderlo sin dejar ninguna arruga (Figura 19).

Presionar el tejido primero con un rodillo de goma rígida y luego con un rodillo de tornillo sin fin de aluminio de forma que se eliminen completamente las eventuales burbujas de aire ocluidas durante las operaciones precedentes (Figura 20).



Figura 13
Preparación
del soporte

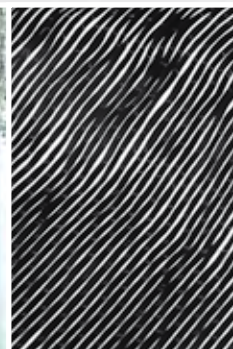


Figura 14
MAPEWRAP C
uniaxial

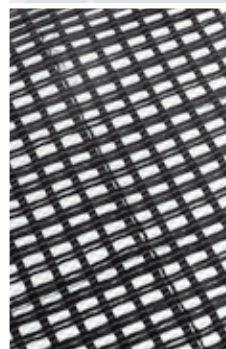


Figura 15
MAPEWRAP C
BIAxIAL

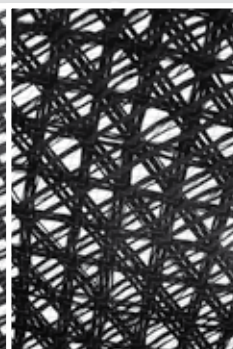


Figura 16
MAPEWRAP C
CUADRIAXIAL



Figura 17
Impregnación manual
de MAPEWRAP C



Figura 18
Impregnación a máquina
de MAPEWRAP C

Mapei FRP System



Figura 19 Fase de aplicación

Figura 20 Fase de aplicación



Figura 21 Eliminación de la película protectora de CARBOPLATE



Figura 22 Preparación de la lámina CARBOPLATE

APLICACIÓN DE MAPEWRAP C Y MAPEWRAP G CON EL “SISTEMA EN SECO”

Extender con brocha o rodillo una mano homogénea de **MAPEWRAP PRIMER 1** sobre la superficie de hormigón limpia y seca.

Esperar aproximadamente una hora y, después, efectuar un enlucido de aproximadamente 2 mm de espesor con **MAPEWRAP 11** ó **MAPEWRAP 12**, en función de la temperatura.

Aplicar una primera mano, a brocha o rodillo, de **MAPEWRAP 31** y proceder inmediatamente a la puesta en obra de **MAPEWRAP C** / **MAPEWRAP G** (Figura 19).

Alisarlo con cuidado con las manos protegidas con guantes impermeables de goma y, después, aplicar una segunda mano de **MAPEWRAP 31**.

Presionar el tejido utilizando primero un rodillo de goma rígida y después un rodillo de aluminio de tornillo sinfín (Figura 20).

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE CARBOPLATE

Extender, eventualmente, con brocha o rodillo una mano homogénea de **MAPEWRAP PRIMER 1** sobre la superficie a reforzar oportunamente preparada.

Aplicar, sobre el soporte de hormigón limpio y seco, una capa de 2 mm de espesor de **ADESILEX PG1** ó de **ADESILEX PG2**, en función de la temperatura.

Quitar de la lámina de **CARBOPLATE** la película de plástico que se coloca en fase de producción con la finalidad de proteger el lado que se tendrá que encolar (Figura 21).

Después de haber quitado la protección, aplicar también una capa de adhesivo sobre la lámina de carbono (Figura 22).

Colocar **CARBOPLATE** ejerciendo una presión uniforme. Quitar la resina en exceso con una espátula.

Extender una capa fina de **ADESILEX PG1** ó **ADESILEX PG2** sobre la lámina recién colocada y aplicación de arena de cuarzo seca sobre la resina fresca, para obtener una superficie de adhesión adecuada para las eventuales capas sucesivas a aplicar.

Esperar al menos 24 horas y, luego, proceder a la aplicación de un recubrimiento protector resistente a los rayos U.V.

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN CON EL SISTEMA FRG

Regularización de las superficies, para obtener una capa adecuadamente uniforme, mediante el uso de **PLANITOP HDM** ó **PLANITOP HDM MAXI** (según los espesores a realizar).

Posicionamiento de la malla **MAPEGRID G120** ó **MAPEGRID G220**.

Aplicación de una segunda capa de **PLANITOP HDM** ó **PLANITOP HDM MAXI**, con el fin de cubrir integralmente la malla colocada, cuando la primera capa esté todavía fresca.

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE MAPEWRAP S FIOCCO

Extender con brocha o rodillo una mano homogénea de **MAPEWRAP PRIMER 1** sobre la superficie de hormigón limpia y seca.

Esperar aproximadamente 1 hora y, después, realizar un enlucido de 2 mm de espesor con **MAPEWRAP 11** ó **MAPEWRAP 12**, en función de la temperatura.

Posicionar en obra las porciones de cuerda **MAPEWRAP S FIOCCO** oportunamente dimensionadas.

Extenderlo y alisarlo con cuidado con las manos, protegidas con guantes impermeables de goma, y después aplicar una segunda mano de **MAPEWRAP 11** ó **12**.

FIBER REINFORCED GROUT (FRG)

MAPEGRID G120 / MAPEGRID G220 + PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI

Un nuevo concepto del refuerzo estructural de elementos de albañilería.

A diferencia de los tradicionales FRP, el sistema MAPEGRID G120 / MAPEGRID G220 + PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI permite sustituir la matriz polimérica utilizando un aglomerante hidráulico cementoso con reactividad puzolánica para asegurar una óptima compatibilidad química y elasto-mecánica con los soportes de albañilería (Figura 25).

MAPEGRID G120 - Malla aprestada de fibra de vidrio, resistente a los álcalis (Tipo A.R.), para el refuerzo estructural “armado” local de soportes de piedra, ladrillo y tufo. Gramaje 125 g/m²; malla de 12,7 x 12,7 mm (Figura 26).

MAPEGRID G220 - Malla aprestada de fibra de vidrio, resistente a los álcalis (Tipo A.R.), para el refuerzo estructural “armado” de soportes de piedra, ladrillo y tufo (Figura 27). Gramaje 225 g/m²; malla de 25 x 25 mm.

PLANITOP HDM - Mortero cementoso bicomponente, con reactividad puzolánica, de elevada ductilidad, para utilizar tanto en el refuerzo estructural “armado” de soportes de albañilería en combinación con MAPEGRID G120 / MAPEGRID G220, como en el enlucido de superficies de hormigón, piedra, ladrillo y tufo (Figura 28).

PLANITOP HDM MAXI - Mortero cementoso bicomponente, con reactividad puzolánica, de elevada ductilidad, a utilizar en un espesor máximo de 25 mm, para la regularización de soportes de piedra, ladrillo y tufo antes de la aplicación de MAPEGRID G120 / MAPEGRID G220 (Figura 29).

CAMPOS DE APLICACIÓN

Los productos de la línea Mapei FRG SYSTEM se aplican en la reparación y la adecuación estática de todo tipo de estructuras de hormigón armado y pretensado, de acero, de albañilería y de madera, como alternativa a los métodos tradicionales de intervención y, en particular, en aquellos casos en los que éstos sean inaplicables o comporten la aparición de problemas añadidos. Mapei FRG SYSTEM, además, es una alternativa válida a la técnica de refuerzo mediante encolado de placas de acero como el *béton plaqué*. Algunos ejemplos de intervención de reparación realizados con los productos de la línea Mapei FRG SYSTEM son:

- el refuerzo de elementos comprimidos o flexocomprimidos como pilares, pilas de puentes, chimeneas, para aumentar la carga de rotura a compresión o la ductilidad;
- el refuerzo de elementos cilíndricos huecos sujetos a presión hidrostática como tubos, silos, depósitos;
- el recubrimiento de nudos viga-pilar en zona sísmica, para incrementar la ductilidad y la capacidad de disipar energía;
- el refuerzo a flexión y a corte de elementos a flexión como vigas, forjados y soleras como alternativa a la técnica del *béton plaqué*.

El refuerzo a flexión y a corte de paramentos de albañilería sujetos a las acciones sísmicas. El refuerzo extradossal o intradosal de elementos abovedados para incrementar la ductilidad y la capacidad estática portante.

VENTAJAS

Las ventajas conexas al uso de los productos de la línea Mapei FRG SYSTEM con respecto a las tecnologías tradicionales de reparación son múltiples, entre éstas las más evidentes son:

- simplicidad y velocidad de puesta en obra: los productos de la línea MAPEWRAP SYSTEM, gracias a su extrema ligereza, se aplican y ponen en obra sin la ayuda de herramientas y máquinas particulares, por un número limitado de operarios, en tiempos extremadamente breves y, a menudo, sin que resulte necesario interrumpir el servicio de la estructura;
- elevada durabilidad;
- ningún problema de corrosión de los refuerzos aplicados, a diferencia de lo que sucede con las placas de acero utilizadas en las intervenciones de refuerzo realizadas con la técnica del *béton plaqué*;
- ningún incremento de las masas en juego: las intervenciones realizadas con Mapei FRG SYSTEM no aumentan la masa de los elementos estructurales reforzados. Este aspecto resulta de extrema importancia, sobre todo, en el campo sísmico donde las solicitaciones son proporcionales a las masas en juego;
- completa reversibilidad de la intervención: las intervenciones realizadas con Mapei FRG SYTEM son completamente reversibles por cuanto los refuerzos y las capas de adhesivo pueden ser eliminadas hasta recuperar completamente la situación precedente a la intervención. Esta característica resulta de especial importancia cuando se realicen intervenciones temporales de puesta en seguridad, sobre todo sobre edificios de particular interés histórico.

Para más información consultar con el Servicio de Asistencia Técnica Mapei, e-mail: ibermapei@ibermapei.es



Figura 25
Sistema de refuerzo MAPEGRID G220 +
PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI

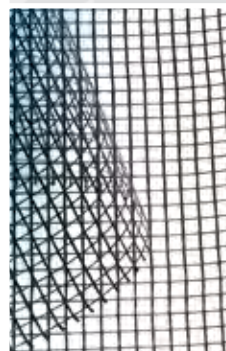


Figura 26
MAPEGRID G120

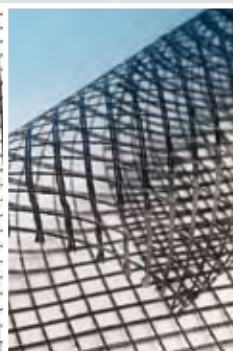


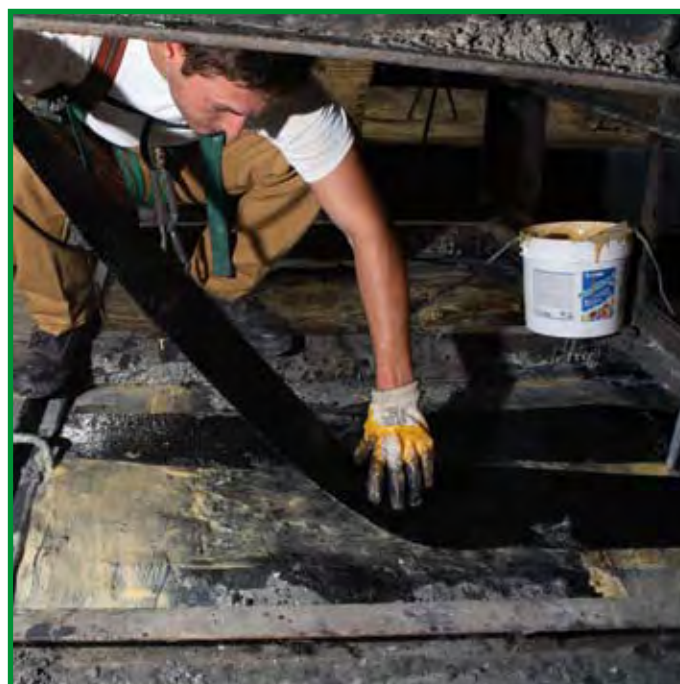
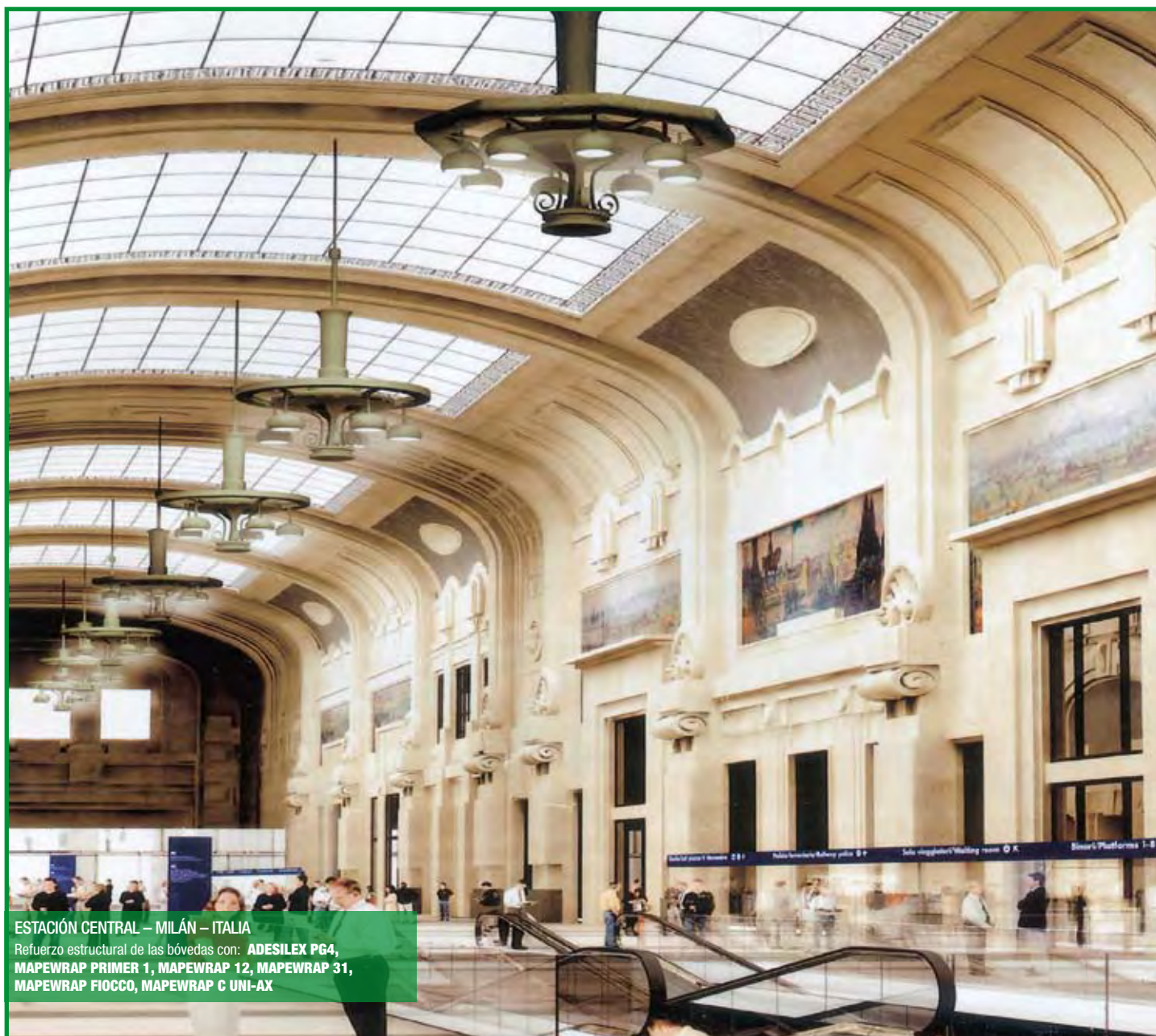
Figura 27
MAPEGRID G220



Figura 28
PLANITOP HDM

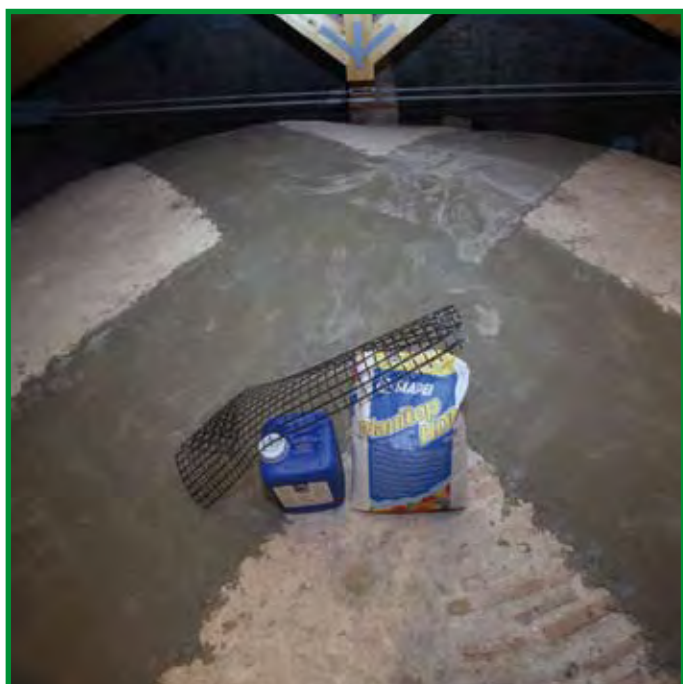
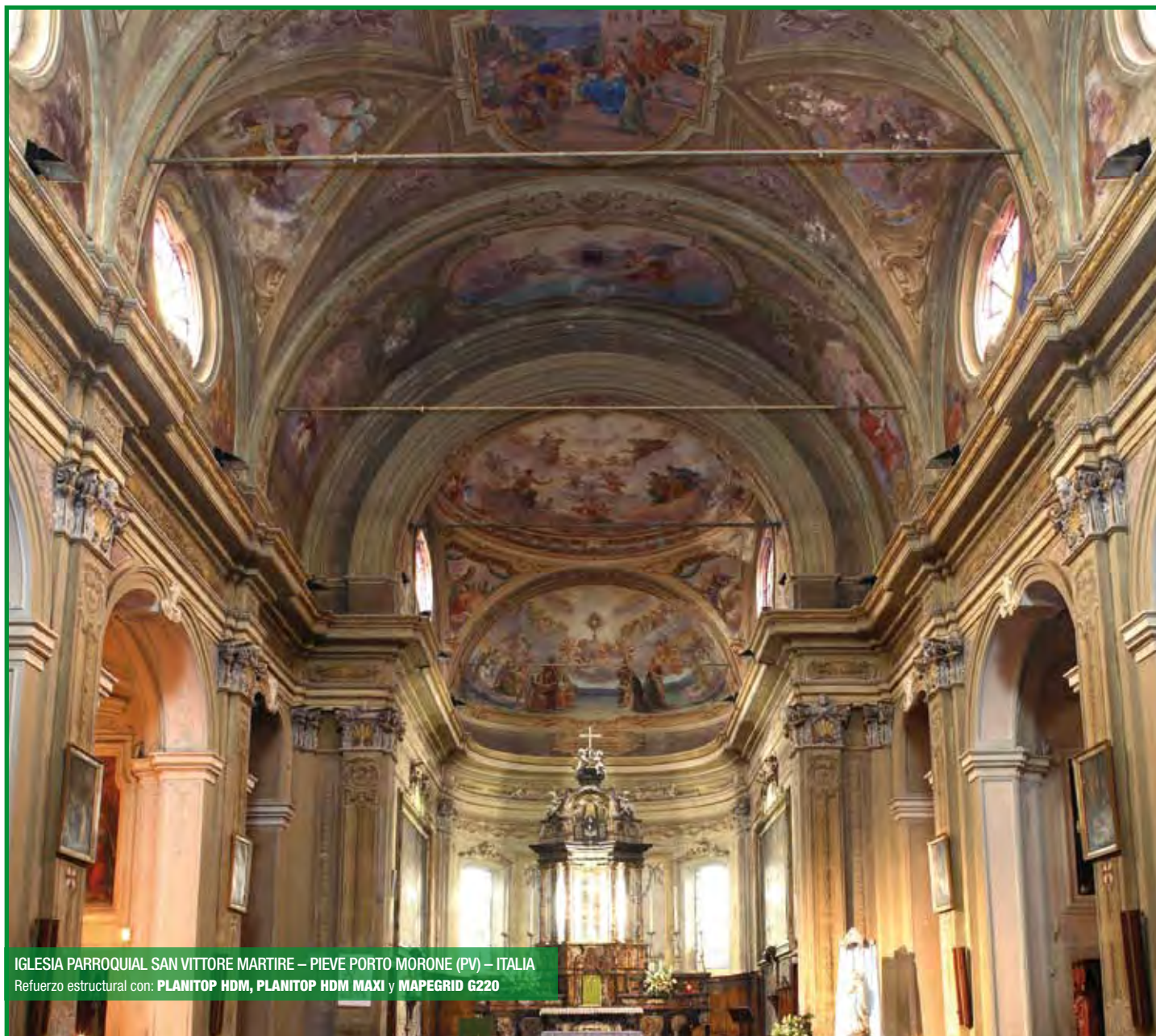


Figura 29
PLANITOP HDM MAXI











RASCACIELO PIRELLI – MILÁN – ITALIA

Refuerzo estructural con: **ADESILEX PG1**, **CARBOPLATE** y **MAPEWRAP PRIMER 1**

IBERMAPEI, S.A.

Pl. Cataluña, 20 – 5ª Planta

08002 Barcelona

Tel. +34 93 3435050

Fax +34 93 3024229

Web: www.mapei.es

E-mail: ibermapei@ibermapei.es