



## 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.**

**Sede Social:**

Calle Valencia, 11.  
Polígono Industrial Can Oller  
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 AGREMENT*  
*EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREMENT IN BAUWESEN*

## MUY IMPORTANTE

*El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico. No tiene, por sí mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni garantía.*

*Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento íntegro del Documento, por lo que éste deberá ser suministrado, por el titular del mismo, en su totalidad.*

*La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.*

**C.D.U: 69.059.32**  
**Refuerzo de estructuras**  
**Structural reinforcement**  
**Renforcement de structures**

### DECISIÓN NÚM. 549R/20

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto n.º 3.652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden n.º 1.265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando el artículo 5.2, apartado 5, del Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) sobre conformidad con el CTE de los productos, equipos y sistemas innovadores, que establece que un sistema constructivo es conforme con el CTE si dispone de una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto,
- considerando las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de octubre de 1998,
- en virtud de los vigentes Estatutos de I' (UEAtc),
- de acuerdo a la solicitud formulada por la Sociedad MAPEI SPAIN, S.A. (anteriormente denominada IBERMAPEI, S.A.), para la RENOVACIÓN del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA N° 549/14 a los **Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado CARBOPLATE y MAPEWRAP**, que pasan a denominarse CARBOPLATE W y MAPEWRAP W.
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesiones celebradas los días 29 de abril de 2014 y 28 de abril de 2020,

### DECIDE

Renovar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 549/14, a los **Sistemas de refuerzo de estructuras de hormigón armado CARBOPLATE y MAPEWRAP**, con el número 549R/20 considerando que,

La evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema es **CONFORME CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN**, siempre que se respete el contenido completo del presente documento y en particular las siguientes condiciones:

## CONDICIONES GENERALES

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA evalúa exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el beneficiario, debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto técnico y llevarse a término mediante la oportuna dirección de obra. Será el proyecto técnico el que contemple las acciones que el Sistema transmite a la estructura general del edificio, asegurando que estas son admisibles.

En cada caso, el proyecto de reparación, realizado por el autor del proyecto y/o por la Dirección Facultativa, deberá incluir la memoria de cálculo que justifique el adecuado comportamiento del sistema frente a las acciones previstas. MAPEI SPAIN, S.A., proporcionará toda la información técnica de los sistemas de reparación, y asistencia técnica suficiente, que permitan al autor del proyecto y/o a la Dirección Facultativa el cálculo y definición para su ejecución, incluyendo toda la información necesaria de cada uno de los componentes.

## CONDICIONES DE CÁLCULO

En cada caso, el beneficiario del DIT comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en el Informe Técnico de este DIT, la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuación del sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados límite último y de servicio, en las condiciones establecidas por la Normativa en vigor y para la situación geográfica concreta.

## CONDICIONES DE FABRICACIÓN Y CONTROL

El fabricante deberá mantener el autocontrol que realiza en la actualidad sobre las materias primas, proceso de fabricación y producto acabado conforme a las indicaciones del apartado 4 del presente documento.

## CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y DE PUESTA EN OBRA

El **Sistema CARBOPLATE W**, está previsto para el refuerzo a flexión de vigas. El **Sistema MAPEWRAP W** está previsto para el refuerzo de vigas y para el confinamiento de pilares. Ambos sistemas contribuyen a la estabilidad de la construcción.

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por MAPEI SPAIN, S.A. Dichas empresas garantizarán que la utilización del Sistema se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente Documento respetando las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos. Una copia del listado actualizado de empresas instaladoras reconocidas por MAPEI SPAIN, S.A., estará disponible en el IETcc. Se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones durante el montaje, a los riesgos de caída de cargas suspendidas, de protección de personas y, en general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en los reglamentos vigentes de Seguridad y Salud en el Trabajo.

## VALIDEZ

El presente Documento de Idoneidad Técnica N.º 549R/20, sustituye y anula el documento N.º 549/14 y es válido durante un período de cinco años a condición de:

- que el fabricante no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento, por parte del Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las realizaciones más recientes.

Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 28 de abril de 2025.

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA

**CASTILLO  
TALAVERA  
ANGEL - DNI  
52507605P**

Firmado digitalmente por CASTILLO TALAVERA ANGEL, DNI 52507605P. Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, o=CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, ou=CERTIFICADO ELECTRONICO DE EMPLEADO PUBLICO, cn=IETCC, ou=52507605, serialNumber=IDCES-52507605P, sn=CASTILLO TALAVERA, givenName=ANGEL, cn=CASTILLO TALAVERA ANGEL, DNI 52507605P. Fecha: 2020.05.06 00:23:36 +0200



## INFORME TÉCNICO

### 1. OBJETO

Los sistemas CARBOPLATE W y MAPEWRAP W son técnicas de refuerzo de estructuras de edificación en hormigón armado, a base de placas o tejidos de fibras de carbono.

### 2. PRINCIPIO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Ambos sistemas, CARBOPLATE W y MAPEWRAP W, consisten en encolar, sobre la superficie de los elementos a reforzar, un tejido de fibras de carbono o láminas de carbono con la ayuda de una resina epoxídica sintética de dos componentes.

Estos sistemas están concebidos para aumentar la capacidad de carga de los elementos a reforzar, por funcionamiento mecánico conjunto: elemento-compuesto, gracias a la adherencia entre ambos materiales conferida por la resina después de su endurecimiento.

Los sistemas CARBOPLATE W y MAPEWRAP W son recomendados para:

- Reparar elementos de hormigón armado degradados por acciones físico-mecánicas.
- Aumentar la capacidad resistente de elementos de hormigón armado para obras sometidas a un aumento de cargas de servicio.

Su campo de aplicación es el de estructuras de hormigón armado de edificación convencional y edificios industriales, con cargas de carácter principalmente estático, como, por ejemplo: residencial, administrativo, sanitario, docente, etc. y aparcamiento de vehículos ligeros (30 kN de carga máxima en el eje). No quedan cubiertas las cargas no estáticas de naturaleza repetitiva continuada, que podrían dar lugar a fatiga.

Esta evaluación solo cubre aquellos casos en los que la temperatura de la resina y del soporte a nivel del encolado no exceda de 30 °C en servicio continuo y 40 °C en situación accidental, para el método CARBOPLATE W; y 40 °C en servicio continuo y 50 °C en situación accidental, para el método MAPEWRAP W.

La utilización en estructuras industriales se admite siempre que la agresividad química ambiental se pueda considerar como normal, y que las cargas no estáticas no sean de naturaleza repetitiva continuada.

La utilización en zona sísmica, así como el caso de exigencias susceptibles de cambios de sentido, no queda evaluada en este documento.

Otras aplicaciones distintas a las contempladas en este documento, y especialmente los refuerzos de elementos constituidos por materiales distintos al hormigón armado, no han sido evaluados y no quedan cubiertos por este documento.

#### 2.1 CARBOPLATE W

CARBOPLATE W es un sistema de refuerzo estructural compuesto de una placa extruida, fabricada por pultrusión, de fibras de carbono pre-encoladas por una resina epoxídica.

Este sistema se emplea para la reparación y el refuerzo a flexión de vigas de hormigón armado en estructuras de edificación.

Se compone de la placa de carbono CARBOPLATE W, suministrada por MAPEI SPAIN, S.A. y la cola epoxídica ADESILEX PG1, suministrada por MAPEI SPAIN, S.A.

#### 2.2 MAPEWRAP W

MAPEWRAP W es un sistema de refuerzo estructural compuesto de tejidos de fibras de carbono unidireccionales.

Este sistema se emplea para la reparación y refuerzo de elementos estructurales de hormigón armado de edificación: refuerzo de cortante de vigas, confinamiento de pilares y refuerzo a flexión de vigas.

Se compone de los siguientes elementos:

1. Tejido de carbono MAPEWRAP C UNI-AX W, suministrado por MAPEI SPAIN, S.A.
2. Imprimador MAPEWRAP PRIMER 1, suministrado por MAPEI SPAIN, S.A.
3. Cola epoxídica MAPEWRAP 31, suministrado por MAPEI SPAIN, S.A.

### 3. MATERIALES Y COMPONENTES

#### 3.1 Sistema CARBOPLATE W

##### 3.1.1 Placa de carbono CARBOPLATE W

La placa de carbono CARBOPLATE W es una placa compuesta de fibras de carbono aglomeradas en una matriz de resina epoxídica.

Las placas CARBOPLATE W son de color negro y se presentan en varios formatos, los cuales varían según su límite elástico y su espesor. Veánse las tablas 1 y 2.

**Tabla 1. Características físicas y dimensionales de las placas CARBOPLATE W**

| Grosor<br>(mm) | Anchura<br>(mm) | Sección<br>(mm <sup>2</sup> ) | Peso<br>(g/m) | Densidad<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------------|-----------------|-------------------------------|---------------|----------------------------------|
| 1,4±0,1        | 50±0,1          | 70                            | 113           | 1,60±0,1                         |
|                | 60±0,1          | 84                            | 135           |                                  |
|                | 80±0,1          | 112                           | 180           |                                  |
|                | 100±0,1         | 140                           | 225           |                                  |
|                | 120±0,1         | 168                           | 269           |                                  |
|                | 150±0,1         | 210                           | 338           |                                  |
| 1,2±0,1        | 50±0,1          | 60                            | 96            |                                  |
|                | 60±0,1          | 72                            | 115           |                                  |
|                | 80±0,1          | 96                            | 153           |                                  |
|                | 100±0,1         | 120                           | 192           |                                  |
|                | 120±0,1         | 144                           | 230           |                                  |
|                | 150±0,1         | 180                           | 288           |                                  |

**Tabla 2. Propiedades mecánicas de las placas CARBOPLATE W**

| Tipo de placa                 |                | E170 W |           |
|-------------------------------|----------------|--------|-----------|
| Espesor                       |                | (mm)   | 1,4   1,2 |
| Módulo de elasticidad         | Característico | (GPa)  | 150       |
|                               | Medio          | (GPa)  | 171,1     |
| Tensión de tracción en rotura | Característico | (MPa)  | >2.300    |
|                               | Medio          | (MPa)  | 2898,1    |
| Elongación en rotura          |                | (%)    | 1,5       |
| Tipo de placa                 |                | E200 W |           |
| Espesor                       |                | (mm)   | 1,4   1,2 |
| Módulo de elasticidad         | Característico | (GPa)  | 200       |
|                               | Medio          | (GPa)  | 206,1     |
| Tensión de tracción en rotura | Característico | (MPa)  | >1800     |
|                               | Medio          | (MPa)  | 2213,3    |
| Elongación en rotura          |                | (%)    | 0,9       |
| Tipo de placa                 |                | E250 W |           |
| Espesor                       |                | (mm)   | 1,4   1,2 |
| Módulo de elasticidad         | Característico | (GPa)  | 250       |
|                               | Medio          | (GPa)  | 256,1     |
| Tensión de tracción en rotura | Característico | (MPa)  | >1800     |
|                               | Medio          | (MPa)  | 2564,7    |
| Elongación en rotura          |                | (%)    | 0,7       |

### 3.1.2 Cola epoxídica ADESILEX PG1

ADESILEX PG1 es una cola epoxídica bicomponente, tixotrópica, de color gris, utilizada para el encolado de las placas de carbono CARBOPLATE W. Está formada por dos componentes, A y B, que se mezclan con una relación, de 3 a 1, respectivamente, y sus colores son gris y blanco, respectivamente. ADESILEX PG1 se presenta en kits con los dos

componentes ya proporcionados para mezcla. Está en posesión del marcado CE según la EN 1504-4:2005<sup>(1)</sup>. Sus propiedades se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3. Cola epoxídica ADESILEX PG1**

| Cola epoxídica ADESILEX PG1                      |       |  |
|--|-------|--|
| Unión/Adhesión (EN 12188)                        |       |  |
| Fuerza de arrancamiento                          |       | ≥ 14 N/mm <sup>2</sup>                 |
| Resistencia al cizallamiento oblicuo, $\sigma_0$ | a 50° | ≥ 50 N/mm <sup>2</sup>                 |
|  | a 60° | ≥ 60 N/mm <sup>2</sup>                 |
|  | a 70° | ≥ 70 N/mm <sup>2</sup>                 |
| Resistencia al cizallamiento                     |       | ≥ 12 N/mm <sup>2</sup>                 |
| Unión/adhesión (EN 12636)                        |       | Pasa                                   |
| Resistencia al cizallamiento (EN 12615)          |       | ≥ 6 N/mm <sup>2</sup>                  |
| Resistencia a la compresión                      |       | ≥ 30 N/mm <sup>2</sup>                 |
| Sensibilidad al agua (EN 12636)                  |       | Pasa                                   |
| Retracción/dilatación                            |       | ≤ 0,1%                                 |
| Trabajabilidad                                   |       | 35 min a 23°C                          |
| Módulo de elasticidad                            |       | ≥ 2.000 N/mm <sup>2</sup>              |
| Coeficiente de dilatación térmica                |       | ≤ 100x10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> |
| Temperatura de transición vítrea                 |       | ≥ 40°C                                 |
| Reacción al fuego                                |       | Clase C-s1,d0                          |
| Durabilidad                                      |       | Pasa                                   |

### 3.1.3 Asociación CARBOPLATE E 170 W / ADESILEX PG1

Los valores mostrados en la tabla 4, provienen de los resultados de los ensayos de caracterización realizados en el laboratorio L2MS (Laboratoire Mécanique Matériaux et Structures) de la Universidad Claude Bernard de Lyon (UCBL).

**Tabla 4. Asociación CARBOPLATE E 170 W / ADESILEX PG1**

| Ensayo                                  | Valor      | Norma              | Modo de rotura                 |
|---|------------|--------------------|--------------------------------|
| Adherencia sobre hormigón               | ≥ 2,5 MPa  | P18-582<br>EN 1542 | Rotura cohesiva en el hormigón |
| Tracción-corte de compuesto + compuesto | ≥ 9,72 MPa |                    |                                |
| Tracción-corte de compuesto + hormigón  | ≥ 2,1 MPa  | AFGC*              | Rotura cohesiva en el hormigón |

\* Association Française de Génie Civil –  
"Recommandations pour la réparation et renforcement des structures en béton au moyen des matériaux composites"

<sup>(1)</sup> UNE-EN 1504-4:2005. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 4: Adhesión estructural.

### 3.2 Sistema MAPEWRAP W

#### 3.2.1 Tejido de carbono MAPEWRAP C UNI-AX W

El tejido de carbono MAPEWRAP C UNI-AX W es un tejido de color negro de fibras de carbono unidireccionales caracterizado por un módulo elástico y una resistencia a la tracción elevados. Sus propiedades se muestran en la tabla 5.

El método de puesta en servicio es una impregnación por encolado del tejido seco con la ayuda de una resina epoxídica.

**Tabla 5. Propiedades de MAPEWRAP C UNI-AX W**

| Tipo de tejido                                  |                     | UNI-AX<br>240 W | UNI-AX<br>300 W | UNI-AX<br>600 W |
|---|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Gramaje   | (g/m <sup>2</sup> ) | 240             | 300             | 600             |
| Anchura   | (cm)                | 30              | 10, 20 y<br>40  | 10, 20 y<br>40  |
| Resistencia en tracción (tejido seco)           | (MPa)               | 5100            | ≥5100           | ≥5100           |
| Módulo de elasticidad en tracción (tejido seco) | (GPa)               | ≥243            | ≥245            | ≥250            |
| Elongación en rotura (tejido seco)              | (%)                 | ~ 1,95          | ~ 1,95          | ~ 1,95          |

#### 3.2.2 Imprimador MAPEWRAP PRIMER 1

MAPEWRAP PRIMER 1 es un producto líquido a base de resinas epoxídicas, sin disolvente, de color amarillo transparente, constituido por dos componentes A y B que se mezclan con una relación, respectivamente, de 3 por 1. El MAPEWRAP PRIMER 1 se encuentra en un kit con los dos componentes ya proporcionados para mezclar. Sus propiedades se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6. Propiedades del Imprimador MAPEWRAP PRIMER 1**

| Característica   | Valor            |         |
|--|------------------|---------|
| Temperatura de aplicación                                  | + 10 °C → + 30°C |         |
| Tiempo abierto   | + 10 °C          | 120'    |
|  | + 23 °C          | 90'     |
|  | + 30 °C          | 60'     |
| Densidad de la mezcla (+ 10°C) (g/cm <sup>3</sup> )        | 1,10             |         |
| Viscosidad Brookfield (mPa·s)                              | 300              |         |
| Adherencia al hormigón (después de 7 días a + 23 °C) (MPa) | > 3 *            |         |
| Tiempo de fraguado   | + 10 °C          | 5 - 6 h |
|  | + 23 °C          | 3 - 4 h |
|  | + 30 °C          | 2 - 3 h |

\* Rotura en el hormigón.

### 3.2.3 Cola epoxídica MAPEWRAP 31

MAPEWRAP 31 es la resina epoxídica utilizada para la impregnación por encolado del tejido seco MAPEWRAP C UNI-AX W. Está en posesión del marcado CE según la EN 1504-4:2005<sup>(2)</sup>

Es una pasta gelatinosa a base de resinas epoxídicas, sin disolvente, de color amarillo, compuesta de dos componentes, A y B, mezclados con una relación, respectivamente, de 4 por 1. MAPEWRAP 31 se encuentra disponible en un kit con los dos componentes ya proporcionados para mezcla. Sus propiedades se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7. Propiedades de MAPEWRAP 31**

| Característica                                   | Valor                                  |          |
|--|--|----------|
| Unión/Adhesión (EN 12188)                        | ≥ 14 MPa                               |          |
| Fuerza de arrancamiento                          |  |          |
| Resistencia al cizallamiento oblicuo, $\sigma_0$ | a 50°                                  | ≥ 50 MPa |
|  | a 60°                                  | ≥ 60 MPa |
|  | a 70°                                  | ≥ 70 MPa |
| Resistencia al cizallamiento                     | ≥ 12 MPa                               |          |
| Unión/Adhesión (EN 12636)                        | Pasa                                   |          |
| Resistencia al cizallamiento                     | ≥ 6 MPa                                |          |
| Resistencia a la compresión                      | ≥ 30 MPa                               |          |
| Sensibilidad al agua (EN 12636)                  | Pasa                                   |          |
| Retracción/dilatación                            | ≤ 0,1%                                 |          |
| Trabajabilidad                                   | 40 min a 23 °C                         |          |
| Módulo de elasticidad                            | ≥ 2000 MPa                             |          |
| Coefficiente de dilatación térmica               | ≤ 100x10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> |          |
| Temperatura de transición vítrea                 | ≥ 40 °C                                |          |
| Reacción al fuego                                | Clase E                                |          |
| Durabilidad                                      | Pasa                                   |          |

#### 3.2.4 Compuesto MAPEWRAP C UNI-AX / W MAPEWRAP 31

Los valores mostrados en la tabla 8, provienen de los resultados de los ensayos de caracterización mecánica a tracción, del tejido impregnado con la resina, realizados en el laboratorio del Departamento de estructuras para la ingeniería y la arquitectura de la Universidad de Nápoles "Federico II". Los ensayos han sido realizados y analizados según la EN 2561<sup>(3)</sup>.

<sup>(2)</sup> UNE-EN 1504-4:2005. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 4: Adhesión estructural.

<sup>(3)</sup> EN 2561. Material aeroespacial. Plásticos reforzados de fibra de carbono. Estratificados unidireccionales. Ensayo de tracción paralelamente a la dirección de la fibra.

**Tabla 8. Caracterización del compuesto MAPEWRAP C UNI-AX W/ MAPEWRAP 31 a tracción**

|  |                |     |        |
|--|----------------|-----|--------|
| 1 capa de MAPEWRAP C UNI-AX 300/20 impregnada con MAPEWRAP 31<br>Informe BIP_M_MWC30031/01_2017_ITA                |                |     |        |
| Espesor equivalente  |                | mm  | 0,164  |
| Resistencia a tracción   | Característico | MPa | 3557   |
|  | Mínimo         | MPa | 3738   |
|  | Medio          | MPa | 4338   |
| Módulo de elasticidad  | Característico | GPa | 249,96 |
|  | Mínimo         | GPa | 23,02  |
|  | Medio          | GPa | 249,96 |
| Elongación máxima  |                | %   | 1,40   |
| 3 capas superpuestas de MAPEWRAP C UNI-AX 300/20 impregnadas con MAPEWRAP 31<br>Informe BIP_M_MWC30031/02_2017_ITA |                |     |        |
| Espesor equivalente  |                | mm  | 0,492  |
| Resistencia a tracción   | Característico | MPa | 3758   |
|  | Mínimo         | MPa | 3885   |
|  | Medio          | MPa | 4260   |
| Módulo de elasticidad  | Característico | GPa | 254,49 |
|  | Mínimo         | GPa | 230,39 |
|  | Medio          | GPa | 254,49 |
| Elongación máxima  |                | %   | 1,46   |
| 1 capa de MAPEWRAP C UNI-AX 600/20 impregnada con MAPEWRAP 31<br>Informe BIP_M_MWC30031/03_2017_ITA                |                |     |        |
| Espesor equivalente  |                | mm  | 0,329  |
| Resistencia a tracción   | Característico | MPa | 3352   |
|  | Mínimo         | MPa | 3416   |
|  | Medio          | MPa | 3852   |
| Módulo de elasticidad  | Característico | GPa | 239,66 |
|  | Mínimo         | GPa | 219,10 |
|  | Medio          | GPa | 239,66 |
| Elongación máxima  |                | %   | 1,35   |
| 3 capas superpuestas de MAPEWRAP C UNI-AX 600/20 impregnadas con MAPEWRAP 31<br>Informe BIP_M_MWC30031/04_2017_ITA |                |     |        |
| Espesor equivalente  |                | mm  | 0,987  |
| Resistencia a tracción   | Característico | MPa | 3278   |
|  | Mínimo         | MPa | 3463   |
|  | Medio          | MPa | 3710   |
| Módulo de elasticidad  | Característico | GPa | 244,13 |
|  | Mínimo         | GPa | 224,98 |
|  | Medio          | GPa | 244,13 |
| Elongación máxima  |                | %   | 1,25   |

### 3.3 Productos complementarios

#### 3.3.1 MAPEFER 1K

Mortero monocomponente a base de aglomerantes hidráulicos, polímeros en polvo e inhibidores de corrosión, para la protección anticorrosión de las armaduras metálicas del

hormigón. Cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-7:2007<sup>(4)</sup>.

#### 3.3.2 MAPEGROUT T 40

Mortero de reparación monocomponente, tixotrópico, de retracción compensada, fibrado, de clase R3, según la norma UNE-EN 1504-3:2006<sup>(5)</sup>.

#### 3.3.3 EPOJET y EPOJET LV

Resina epoxídica bicomponente fluida, sin disolvente, para la reparación por inyección a baja presión de hormigones fisurados y microfisurados:

- EPOJET: para la reparación por inyección a baja presión de hormigones fisurados.
- EPOJET LV: muy fluida y de viscosidad muy baja, para la reparación por inyección a baja presión de hormigones microfisurados.

Cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-5:2005<sup>(6)</sup>.

#### 3.3.4 MAPEWRAP 11 y MAPEWRAP 12

Estuco epoxídico bicomponente tixotrópico, para la preparación localizada del soporte. Este producto se aplicará eventualmente después de la aplicación de MAPEWRAP PRIMER 1 y con anterioridad a la de MAPEWRAP 31, dependiendo del estado de la superficie de soporte:

- MAPEWRAP 11: para la preparación localizada del soporte con temperaturas de aplicación comprendidas entre 5°C y 23°C.
- MAPEWRAP 12: para la preparación localizada del soporte, con temperaturas de aplicación superiores a 23°C.

#### 3.3.5 MAPELASTIC

Mortero elástico bicomponente, a base de aglomerante hidráulico, cargas, aditivos especiales y polímeros sintéticos en dispersión

<sup>(4)</sup> UNE-EN 1504-7:2007. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 7: Protección contra la corrosión de armaduras.

<sup>(5)</sup> UNE-EN 1504-3:2006. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 3: Reparación estructural y no estructural.

<sup>(6)</sup> UNE-EN 1504-5:2005. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 5: Productos y sistemas para inyección del hormigón.

acuosa, destinado a proteger los métodos CARBOPLATE y MAPEWRAP, especialmente para las obras expuestas a los rayos solares.

Cumple los requisitos establecidos en la norma EN 1504-2:2015<sup>(7)</sup> según los principios IP y MC.

### 3.3.6 ELASTOCOLOR PITTURA

Pintura elástica monocomponente, a base de resinas acrílicas en dispersión acuosa, destinada a proteger los métodos CARBOPLATE y MAPEWRAP, especialmente para las obras expuestas a los rayos solares.

Cumple los requisitos establecidos en la norma EN 1504-2:2005<sup>(7)</sup>.

## 4. CONTROL DE CALIDAD

### 4.1 Control de fabricación

Los componentes del sistema son fabricados por MAPEI SPAIN, S.A., MAPEI, S.p.A. y por diversos proveedores, todos ellos bajo sistemas de control de calidad acordados con MAPEI SPAIN, S.A.

### 4.2 Control de recepción

MAPEI SPAIN, S.A., realiza el control de recepción de componentes según su Sistema de Gestión de Calidad, antes de la comercialización de los mismos.

MAPEI SPAIN, S.A., tiene implantado un Sistema de Gestión de la Calidad para "Desarrollo, producción, comercialización y asistencia técnica de adhesivos, morteros y productos químicos para la construcción y la industria de la construcción", de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9001<sup>(8)</sup>.

Todos los productos mencionados en el presente documento son objeto de una garantía de responsabilidad civil del fabricante, suscrita por MAPEI SPAIN, S.A.

### 4.3 Control de puesta en obra

Previo al inicio de la puesta en obra, se deberán realizar los ensayos necesarios para determinar las características mecánicas del hormigón de los elementos a reforzar.

<sup>(7)</sup> UNE-EN 1504-2:2015. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón.

<sup>(8)</sup> UNE-EN ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.

Durante toda la realización de la obra, la empresa aplicadora procederá a diferentes controles definidos por el Plan de Control. Con el fin de asegurar una puesta en obra de conformidad con las exigencias descritas por el presente documento y, de este modo, conseguir los comportamientos mecánicos mencionados.

MAPEI SPAIN, S.A., proporciona a las empresas aplicadoras autorizadas un Plan de Control de puesta en obra. Es responsabilidad de la empresa aplicadora el cumplimiento de dicho Plan de Control.

## 5. EMBALAJE, IDENTIFICACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

Las placas CARBOPLATE W se suministran en bobinas de 50 m embaladas en cajas de cartón.

Las placas CARBOPLATE W se identifican con un número de lote impreso en lado opuesto al de encolado y una etiqueta en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial del fabricante.
- Tipo de placa y anchura.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación y el código de producción que permita su trazabilidad.
- Logotipo y número de DIT.

La cola epoxídica ADESILEX PG1, formada por dos componentes, se suministra en kits compuestos por dos botes de plástico, uno por componente según dosificación.

Cada envase está identificado por una etiqueta en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial del fabricante.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación y el código de producción que permita su trazabilidad.

El tejido MAPEWRAP C UNI-AX W se suministra en rollos de 50 m embalados en cajas de cartón.

El tejido de carbono MAPEWRAP C UNI-AX se identifica con una etiqueta en el embalaje en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial del fabricante.
- Tipo de tejido y anchura.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación y el código de producción que permita su trazabilidad.
- Logotipo y número de DIT.

El imprimador epoxídico MAPEWRAP PRIMER 1, y la cola epoxídica MAPEWRAP 31, cada uno formado por dos componentes, se suministran en kits compuestos por un bote y una botella, ambos de plástico, uno por componente según dosificación.

Cada envase está identificado por una etiqueta en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial del fabricante.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación y el código de producción que permita su trazabilidad.

Todos los productos a base de resina epoxídicas bicomponentes necesitan transporte ADR.

Los productos que intervienen en los métodos CARBOPLATE W y MAPEWRAP W se deberán almacenar en obra en un local seco y cubierto, a una temperatura de entre + 5 °C y + 30 °C, en los envases originales.

Para la manipulación de los productos se seguirán las instrucciones del fabricante, recogidas en sus fichas técnicas, debiendo emplearse guantes y gafas protectoras y prestando especial atención a la ventilación.

## 6 PUESTA EN OBRA

### 6.1 Especificaciones generales

La puesta en obra del sistema debe ser realizada por empresas cualificadas y especializadas en la reparación de estructuras de hormigón, reconocidas por MAPEI SPAIN, S.A.

En cualquier caso, MAPEI SPAIN, S.A. facilita todos los datos necesarios para realizar el proyecto y ejecución de la reparación; pudiendo proporcionar, si así se solicita, asistencia técnica durante las fases de proyecto y ejecución, incluyendo la resolución de los puntos singulares.

Las condiciones climáticas y de entorno que se deben cumplir durante la puesta en obra son las siguientes:

- Tiempo calmado, con el fin de evitar que el viento introduzca en las resinas descritas en el párrafo anterior, polvo, hojas, detritus, etc.
- La temperatura del aire para la puesta en obra de los sistemas deberá estar comprendida entre + 5 °C y + 30 °C.
- Las superficies de encolado deberán estar al abrigo de la lluvia y de todo tipo de escorrentía.

- La temperatura mínima del soporte ha de ser de + 5 °C.
- La temperatura máxima del soporte ha de ser de + 30 °C ya que, por encima, el tiempo abierto del ADESILEX PG1 y del MAPEWRAP 31 es demasiado corto.
- Después de haber efectuado la intervención, se deberá mantener la superficie tratada a una temperatura superior a + 5°C.
- Proteger contra la lluvia durante 24 horas como mínimo si la temperatura no desciende de + 15 °C, y durante, por lo menos, 3 días si la temperatura es inferior a + 15 °C.
- Para una higrometría inferior al 80 %, la empresa instaladora verificará cada día, al inicio de la jornada, que la temperatura del soporte sea superior en + 3 °C a la del punto de rocío, con el fin de evitar todo riesgo de condensación sobre el soporte.
- Para una higrometría superior al 80 %, la empresa instaladora verificará todas las horas que la temperatura del soporte sea superior en + 3 °C a la del punto de rocío, con el fin de evitar cualquier riesgo de condensación sobre el soporte.

### 6.2 Trabajos previos

Como recoge el boletín 90 de la Federación Internacional del Hormigón Estructural (FIB, por sus siglas en francés), el éxito del refuerzo de estructuras de hormigón con composites de fibra de carbono depende en buena medida de la calidad de la unión entre los tres materiales implicados: el refuerzo de fibra de carbono, el agente adhesivo y la superficie del hormigón.<sup>(9)</sup>

Para poder proceder al cálculo de sistema de refuerzo, es necesario realizar con anterioridad un diagnóstico del soporte, con el fin de evaluar los eventuales defectos internos del hormigón (carbonatación, corrosión de los aceros, tasa de cloruro elevada, etc.). La idoneidad de la superficie para que el conjunto (refuerzo-adhesivo-hormigón) trabaje convenientemente se verifica previamente con el ensayo de arrancamiento por tracción directa (*pull-off*) según UNE-EN 1542:2000<sup>(10)</sup>, tal y como recomienda el FIB Bulletin 90.

En ausencia de justificaciones específicas, la superficie del hormigón deberá presentar una resistencia a la tracción superficial mayor o igual a 1,5 MPa.

<sup>(9)</sup> FIB Bulletin 90 "Externally applied FRP reinforcement for

<sup>(10)</sup> UNE-EN 1542:2000. Productos y sistemas para la protección y preparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayos. Determinación de la adhesión por tracción directa.

Las degradaciones superficiales del hormigón se deben reparar con la ayuda de morteros de reparación de la gama MAPEGROUT.

Los revestimientos antiguos (pinturas, enlucidos) serán eliminados.

Se eliminarán las vías de agua antes y durante la realización de la reparación.

#### 6.2.1 Estado de la superficie

La superficie del hormigón debe ser lisa y continua. Se deberán efectuar las operaciones siguientes:

- Sanear el hormigón por eliminación de los cuerpos extraños y zonas segregadas, reparar la superficie de las cavidades, cortar los salientes y anular por pulido las rebabas.
- Obturar todas las cavidades con la ayuda de un mortero de reparación de la gama MAPEGROUT o con la ayuda de ADESILEX PG1.
- Efectuar en caso necesario un recubrimiento de los poros y/o un enlucido de las rugosidades del soporte con la ayuda de MAPEWRAP 11 o de ADESILEX PG1.
- Inyectar las fisuras de abertura superiores a 0,3 mm con la ayuda de EPOJET o EPOJET LV.
- Para el sistema MAPEWRAP W, se amolarán los bordes para formar un chaflán con un radio de curvatura por lo menos igual a 2 cm.
- La superficie del hormigón deberá presentar por lo menos las tolerancias de forma de un revestimiento ordinario: 10 mm bajo la regla de 2 m, o 4 mm bajo la regleta de 30 cm.
- Si este no es el caso, se deberá volver a perfilar el soporte mediante la utilización de un mortero de reparación de la gama MAPEGROUT o de las colas epoxídicas MAPEWRAP 11 y ADESILEX PG1.

#### 6.2.2 Preparación del soporte hormigón

- El soporte hormigón deberá recibir una preparación de superficie de modo que se mejore la adherencia del adhesivo sobre el hormigón.
- Se deberá eliminar del soporte todo tipo de aceites, grasas, sales, etc. así como la lechada superficial.
- Para hacer esto, sería conveniente proceder con uno de los siguientes métodos: chorro de arena en seco, chorro de arena húmedo, lavado con agua a alta presión, lijado con disco diamantado.

- Están prohibidas las técnicas de abujardado, burilado y decapado térmico.

### 6.3 Fases de puesta en obra

La secuencia de las operaciones de puesta en obra debe ser la siguiente:

#### 6.3.1 Sistema CARBOPLATE W

##### 1. Preparación de CARBOPLATE W

- Seleccionar la placa con la anchura y el módulo elástico correspondiente al proyecto técnico y memoria de cálculo entregado por la oficina de proyectos.
- Cortar la placa en la longitud definida por la oficina de proyectos, con la ayuda de una sierra de metales, o bien de un disco diamantado para trocear.

##### 2. Preparación de ADESILEX PG1

- La mezcla de los dos componentes A y B se deberá realizar con un mezclador lento.
- Mezclar hasta la obtención de una mezcla homogénea y de un color gris uniforme.
- La cantidad a utilizar está en función de la planicidad, la rugosidad del soporte, así como de la anchura de las placas (valores indicativos):
  - Placas de 50 mm de anchura: 160 a 200 g por m de placa.
  - Placas de 100 mm de anchura: 320 a 400 g por m de placa.
  - Placas de 150 mm de anchura: 480 a 600 g por m de placa.

##### 3. Aplicación de CARBOPLATE W

- Retirar la película protectora que protege el lado de la placa que se va a encolar.
- Aplicar la cola ADESILEX PG1 a doble encolado: una capa de 1 a 1,5 mm sobre el CARBOPLATE W y una capa sobre el hormigón de 1 mm aproximadamente.
- Posicionar y colocar la lámina manualmente sobre el soporte ejerciendo una presión constante.
- Presionar fuertemente con la ayuda de un rodillo de encolado, hasta obtener un reflujo continuo de cola en los bordes de la lámina; retirar el excedente de cola inmediatamente con una espátula y no reutilizarlo.
- En el caso de estructuras curvadas, será necesario utilizar medios mecánicos provisionales de sujeción y retención hasta que la resina ADESILEX PG1 haya

endurecido en su totalidad (aproximadamente 24 horas).

- En el caso de superposición de placas, una vez conseguido el endurecimiento completo del ADESILEX PG1, se procederá a retirar el film protector y se aplicará la nueva lámina haciendo doble encolado.

### 6.3.2 Método MAPEWRAP W

#### 1. Preparación del MAPEWRAP C UNI-AX W

- Seleccionar el tejido con la anchura y el gramaje correspondientes al proyecto técnico y memoria de cálculo entregado por la oficina de proyectos.
- Cortar el tejido en las dimensiones indicadas por la oficina de proyectos.
- El tejido, una vez cortado, no deberá en ningún caso doblarse, con el fin de no perjudicar las fibras.

#### 2. Preparación de MAPEWRAP PRIMER 1

- La mezcla de los dos componentes A y B se deberá realizar con un mezclador lento.
- Mezclar hasta la obtención de una resina fluida y homogénea.
- El consumo está en función de la rugosidad del soporte (valores indicativos): 250 a 300 g/m<sup>2</sup>.

#### 3. Preparación de MAPEWRAP 31

- La mezcla de los dos componentes A y B se deberá realizar con un mezclador lento.
- Mezclar hasta la obtención de una mezcla homogénea y de un color amarillo uniforme.
- El consumo está en función de la regularidad, así como de la anchura y del gramaje de los tejidos (valores indicativos):
  - Tejido (300 g/m<sup>2</sup>)
    - ancho 10 cm: 100 a 110 g por m de tejido,
    - ancho 20 cm: 200 a 220 g por m de tejido,
    - ancho 40 cm: 400 a 440 g por m de tejido,
  - Tejido (600 g/m<sup>2</sup>)
    - ancho 10 cm: 150 a 155 g por m de tejido,
    - ancho 20 cm: 300 a 310 g por m de tejido,
    - ancho 40 cm: 600 a 620 g por m de tejido,

#### 4. Aplicación de MAPEWRAP C UNI-AX W

- Aplicar una capa de MAPEWRAP PRIMER 1 con brocha o rodillo sobre el soporte de hormigón (en el caso de soportes muy absorbentes, será necesaria una segunda capa).

- Cuando se absorba MAPEWRAP PRIMER 1 por el soporte de hormigón, es decir, transcurridos unos 30 minutos, aplicar una primera capa de cola MAPEWRAP 31 de unos 0,5 mm de grosor, con brocha o con rodillo.
- Sobre la capa de MAPEWRAP 31 todavía fresca, disponer el tejido sobre el soporte ejerciendo una presión constante y con cuidado de no hacer pliegues.
- Después de haber encolado bien el tejido con las manos protegidas con guantes de caucho impermeables, aplicar una segunda capa de MAPEWRAP 31 sobre el tejido y presionarlo fuertemente con la ayuda de un rodillo acanalado, hasta que la cola haya penetrado en su totalidad a través de las fibras del tejido.
- En el caso de superposición de tejidos en menos de 24 horas, se aplica una nueva capa de MAPEWRAP 31 y después, se embebe la nueva banda de tejido en la cola todavía fresca. Después de haberla encolado bien, se aplica una segunda capa de MAPEWRAP 31.
- En el caso de superposición de tejidos en más de 24 horas, resulta necesario lijar previamente la capa anterior de MAPEWRAP 31. A continuación, después de haber retirado bien el polvo, se procede tal como se ha indicado anteriormente.
- Tratamiento de juntas: cuando se precisa unir varias bandas de tejido en el sentido longitudinal, es necesario superponerlas por lo menos 20 cm. En el sentido de la anchura, los tejidos se pueden aplicar juntos.

### 6.4 Acabados y protección

Los revestimientos de acabado de los métodos CARBOPLATE W y MAPEWRAP W pueden ser, bien un mortero con base de cemento tipo MAPELASTIC, una pintura de tipo ELASTOCOLOR, o bien una pintura intumescente.

#### 6.4.1 Recubrimiento de CARBOPLATE W

- Limpiar cuidadosamente la superficie de carbono.
- Aplicar una capa de ADESILEX PG1 o de MAPEWRAP 31 sobre la placa de carbono,
- Enarenar hasta rechazo la capa todavía fresca con la ayuda de arena limpia y seca (por ejemplo, el Quartz 1,2 de MAPEI),
- Una vez seco (aproximadamente 24 h a 20 °C), eliminar el exceso de arena mediante cualquier medio adecuado (por ejemplo, barrido o aspiración).
- A partir de este momento se pueden aplicar los revestimientos de acabado (de conformidad con las fichas técnicas).

#### 6.4.2 Recubrimiento de MAPEWRAP W

- En la capa de MAPEWRAP 31 todavía fresca enarenar hasta rechazo con la ayuda de arena limpia y seca (por ejemplo, el Quartz 1,2 de MAPEI).
- Una vez seco (aproximadamente 24 horas a 20 °C), eliminar el exceso de arena mediante cualquier medio adecuado (por ejemplo, barrido o aspiración).
- A partir de este momento se pueden aplicar los revestimientos de acabado (de conformidad con las fichas técnicas).

#### 6.4.3 Protección contra la corrosión

Los métodos CARBOPLATE W y MAPEWRAP W, al ser materiales a base de fibras de carbono, son insensibles a la corrosión y, por ello, no precisan protección.

#### 6.4.4 Protección al fuego

En caso de incendio, los sistemas de refuerzo no contribuyen a la resistencia del elemento estructural, por lo que deberá verificarse el comportamiento estructural del elemento sin considerar el sistema de refuerzo o bien se procederá a proteger convenientemente el sistema de refuerzo, de manera que se mantengan sus propiedades mecánicas durante el tiempo prescrito por la normativa en vigor, en función de las características concretas del edificio, según se recoge en el CTE-DB-SI.

Para lograr esto último, será necesario emplear elementos de protección que garanticen, mediante ensayos homologados, que la temperatura de la resina y del soporte a nivel del encolado no supera la temperatura de transición vítrea de ADESILEX PG 1 o MAPEWRAP 31 dependiendo del método empleado.

#### 6.4.5 ...Exposición directa al sol

En aquellos casos en los que se prevea la puesta en obra de los sistemas CARBOPLATE W o MAPEWRAP W en paramentos exteriores bajo la acción directa del sol (fachadas o cubiertas) es necesario evitar la exposición directa de los laminados a la radiación solar, pudiendo utilizar los acabados descritos anteriormente, así como cualquier otro sistema alternativo (revocos, aplacados, etc.).

En cualquier caso, la conductividad térmica y/o reflectividad del revestimiento deberán evitar que el adhesivo alcance su temperatura límite de servicio como consecuencia del soleamiento.

## 7. CRITERIOS DE CÁLCULO

El campo de aplicación del presente documento es el del refuerzo de estructuras de edificación en hormigón armado. El dimensionado se deberá realizar por una oficina especializada en cálculo de estructuras.

Una sección reforzada se comporta de la misma manera que una sección de hormigón armado clásica; el compuesto se comporta como armadura exterior.

El dimensionado del refuerzo seguirá las reglas del Boletín 90 de la FIB "*Externally applied FRP reinforcement for concrete structures.*"

Para poder proceder al cálculo de sistema de refuerzo, es necesario realizar con anterioridad un diagnóstico del soporte, con el fin de evaluar los eventuales defectos internos del hormigón (carbonatación, corrosión de los aceros, tasa de cloruro elevada, etc.) y determinar sus características mecánicas, en particular la resistencia a compresión y la resistencia a la tracción superficial (ensayo de *pull-off*).

En ausencia de justificaciones específicas, la superficie del hormigón deberá presentar una  $1,5 \text{ MPa}$  (que se verificará in situ por medio de una prueba de tracción directa perpendicular con la ayuda de un dinamómetro).

## 8. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

El fabricante aporta como referencias realizadas con el sistema CARBOPLATE W las siguientes obras:

- Nuevo edificio de viviendas en c/ Mariners en Sant Carles de la Rapita (Tarragona). CARBOPLATE 170/50/1.4 (400 m), 2006.
- Refuerzo sótano en los Jardines De Merçè Vilaret c/ Floridablanca en Barcelona. CARBOPLATE 170/100/1.4 y CARBOPLATE 170/50/1.4 (200 m + 225 m), 2006.
- Nueva Sede del BBVA Madrid. CARBOPLATE E 170/100/1.4 (2.200 m), 2011.
- Estadio Santiago Bernabeu (Madrid). CARBOPLATE E 170/150/1.4 (4450 m), 2011.
- Reforma Centro Comercial Glories en Barcelona. CARBOPLATE 170/80/1.4 (2000 m), 2012.
- Refuerzo estructural antigua fábrica Can Mitjans para Centro Carrefour Express. CARBOPLATE 170/100/1.4 (350 m), 2012.
- Refuerzo acceso Parking Centro Comercial La Maquinista en Barcelona. CARBOPLATE E170/100/1.4 (600 m), 2015.

- Refuerzo edificio cambio de uso en Paseo de Gracia de Barcelona. CARBOPLATE E170/50/12 (700 m), 2019.
- Refuerzo pilares y vigas en edificios en Barakaldo (País Vasco). CARBOPLATE E170 de varios anchos 50, 80 y 100 (1300 m), 2019.
- Refuerzo Hospital Universitario de Melilla. CARBOPLATE E170/80/1.2 (40 000 m), 2019.

El fabricante aporta como referencias realizadas con el sistema MAPEWRAP W las siguientes obras:

- Rehabilitación de un edificio en c/ Major en Terrassa (Barcelona). MAPEWRAP C UNI-AX 300/40 (700 m), 2002.
- Refuerzo pilares en la Terminal Sur del Aeropuerto de Barcelona. MAPEWRAP C UNI-AX 300/40 y MAPEWRAP C UNI-AX 600/40 (50 m + 50 m), 2008.
- Nueva Sede del BBVA Madrid. MAPEWRAP C UNI-AX 300/20 (2150 m), 2011.
- Edificio Pirámide en Lorca. MAPEWRAP C UNI-AX 300/40 (300 m), 2012.
- Edificio Calle Benemerita 20 en Lorca. MAPEWRAP C UNI-AX 300/40 (100 m), 2012.
- Refuerzo estructural antigua fábrica Can Mitjans para Centro Carrefour Express. MAPEWRAP C UNI-AX 300/40 (650 m), 2012.
- Iglesia San Cristóbal en Lorca. MAPEWRAP C UNI-AX 600/40 (400 m), 2013.
- Refuerzo edificio Marina 92 en Barcelona. MAPEWRAP C UNI-AX 300/20 (300 m), 2015.
- Refuerzo Estadio Levante Club de Fútbol en Valencia. MAPEWRAP C UNI AX 600/20 (4800 m), MAPEWRAP C UNI AX 300/20 (1650 m), MAPEWRAP C UNI AX 300/10 (3950 m), 2018.

El IETcc ha realizado diversas visitas a obras, así como una encuesta a los usuarios, todo ello con resultado satisfactorio.

## 9. ENSAYOS

Los ensayos de caracterización han sido aportados por el fabricante y realizados en otros laboratorios externos, mientras que los ensayos mecánicos y de aptitud de empleo se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) (Informe n.º 19 210-1).

### 9.1 Ensayos de caracterización

Los ensayos de tracción para el método CARBOPLATE W, cuyos resultados se ven en las tablas 1 y 2 del presente documento, se han realizado en el *Istituto Giordano* en Italia

(Informes n.º 341731 para el CARBOPLATE E170 W, n.º 341732 para CARBOPLATE E200 W y n.º 348834 para CARBOPLATE E250 W).

Los ensayos realizados para caracterizar la asociación CARBOPLATE E 170 W / ADESILEX PG1, cuyos resultados se ven en la tabla 4 del presente documento, fueron realizados en el laboratorio L2MS (*Laboratoire Mécanique Matériaux et Structures*) de la Universidad *Claude Bernard* de Lyon (UCBL).

Los ensayos de tracción del compuesto MAPEWRAP C UNI-AX W / MAPEWRAP 31 W, cuyos resultados se ven en la tabla 8, se han realizado en el Departamento de estructuras para la Ingeniería de la Universidad de Nápoles

### 9.2 Ensayo a flexión unidireccional

#### a) Objeto del ensayo

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo CARBOPLATE W como refuerzo de elementos de hormigón armado en flexión.

#### b) Disposición del ensayo

Se realizaron tres ensayos de flexión con vigas de 3,75 m de luz y 0,3 m de anchura, con un canto de 30 cm.

La disposición del ensayo queda recogida en el informe n.º 19 210-1.

#### c) Resultados obtenidos

La carga de rotura superó la carga prevista por cálculo para rotura a flexión.

### 9.3 Ensayo a cortante

#### a) Objeto del ensayo

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo MAPEWRAP W como refuerzo a cortante de elementos de hormigón armado en flexión, y si este corresponde con el modelo teórico de cálculo.

#### b) Disposición del ensayo

Se ensayó una viga de 3,75 m de luz y 0,3 m de anchura, con un canto de 30 cm.

La disposición del ensayo queda recogida en el informe n.º 19 210-1.

c) *Resultados obtenidos*

La carga de rotura superó la carga prevista por cálculo para rotura a cortante.

#### 9.4 **Ensayo a confinamiento**

a) *Objeto del ensayo*

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo MAPEWRAP W como refuerzo de elementos de hormigón armado comprimidos, y si este corresponde con el modelo teórico de cálculo.

b) *Disposición del ensayo*

Se realizaron dos ensayos sobre pilares de 2,5 m de altura y 0,3 m x 0,3 m de dimensiones en planta.

La disposición del ensayo queda recogida en el informe n.º 19 210-1.

c) *Resultados obtenidos*

En ambos casos, la carga de rotura superó la carga prevista por cálculo para rotura a compresión.

En el primer caso, tras la rotura del pilar, éste se mantuvo confinado y soportando una carga de 3300 kN.

En el segundo caso, el ensayo se detuvo al llegar a 3987 kN, carga superior a la prevista por cálculo.

## 10. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

### 10.1 **Cumplimiento de la reglamentación nacional**

#### 10.1.1 *SE - Seguridad estructural*

Los Sistemas CARBOPLATE W y MAPEWRAP W son sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado, y por lo tanto contribuyen a la estabilidad de la edificación.

La presente evaluación técnica, con los ensayos realizados, ha permitido comprobar que el comportamiento estructural del Sistema es acorde con las hipótesis de cálculo del fabricante, según se describen en el punto 8 del presente documento.

El dimensionado del refuerzo seguirá las reglas del Boletín 90 de la FIB "*Externally applied FRP reinforcement for concrete structures* .

El proyecto de refuerzo deberá contar con su correspondiente anejo de cálculo de estructuras, donde se especifiquen los criterios de cálculo adoptados, que deberán ser conformes a lo establecido en el presente documento y justificar el cumplimiento de los requisitos básicos de resistencia y estabilidad (SE 1) y de aptitud al servicio (SE 2) del CTE.

Se prestará especial atención a una verificación de las deformaciones previstas en la estructura.

Previo al cálculo del sistema de refuerzo se realizará un diagnóstico del soporte, con el fin de evaluar los eventuales defectos internos del hormigón, determinar sus características mecánicas y la situación tensional en la que se encuentra la estructura.

Se verificará que el comportamiento estructural del elemento, sin considerar el sistema de refuerzo, es suficiente para que, en caso de pérdida accidental de dicho refuerzo (incendio, etc.), la estructura no colapse. El refuerzo se protegerá adecuadamente frente a condiciones ambientales o de uso que puedan suponer alcanzar valores elevados de temperatura, especialmente cuando los laminados estén a la intemperie o expuestos al sol, según lo descrito en el apartado 6.4.5.

#### 10.1.2 *SI - Seguridad en caso de incendio*

No se ha determinado la clasificación de reacción al fuego de los materiales que integran el sistema, por lo que tendrán consideración de Euroclase de Reacción al Fuego F.

Deberá verificarse el cumplimiento de la Exigencia básica de Resistencia al fuego de la estructura (SI6), según queda recogido en el CTE-DB-SI relativo a Seguridad en caso de incendio.

En caso de incendio, los sistemas de refuerzo no contribuyen a la resistencia del elemento estructural, por lo que deberá verificarse el comportamiento estructural del elemento sin considerar el sistema de refuerzo o bien se procederá a proteger convenientemente el sistema de refuerzo, de manera que se mantengan sus propiedades mecánicas durante el tiempo prescrito por la normativa en vigor, en función de las características concretas del edificio, según se recoge en el CTE-DB-SI.

Debe tenerse en cuenta que las propiedades adhesivas de las colas disminuyen rápidamente al aumentar la temperatura.

### 10.1.3 SUA - Seguridad de Utilización y Accesibilidad

Para los sistemas de refuerzo una vez instalados en obra, no proceden consideraciones relativas a la Seguridad de Utilización y Accesibilidad, según quedan recogidas en el CTE-DB-SUA.

### 10.1.4 HS - Salubridad

Los componentes de ambos sistemas una vez instalados en obra, según declara el fabricante de los mismos, no contienen ni liberan sustancias peligrosas de acuerdo a la legislación nacional y europea.

### 10.1.5 HR - Protección frente al ruido

No procede.

### 10.1.6 HE - Ahorro energético

No procede.

## 10.2 Gestión de residuos

Se seguirán las especificaciones del Real Decreto 105/2008 por el que se regula la Producción y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, así como las reglamentaciones autonómicas y locales que sean de aplicación.

## 10.3 Mantenimiento y condiciones de servicio

Se considera que ambos sistemas tienen un comportamiento satisfactorio conforme a las exigencias relativas a durabilidad, siempre que se instalen conforme a lo descrito en el presente documento y dentro de los campos de aplicación recogidos en el punto 2 del informe técnico.

En caso de que se prevean deterioros (por ejemplo, por choques, abrasión, etc.) se deberá proporcionar al sistema una protección mecánica adecuada.

No se ha verificado la durabilidad de los sistemas en caso exposición prolongada a la radiación ultravioleta. No se ha verificado la durabilidad de los sistemas en caso de ambientes agresivos o cuando la temperatura sea susceptible de sobrepasar puntualmente los 40°C en el caso del CARBOPLATE W o los 50 °C en el caso del MAPEWRAP W.

## 10.4 Condiciones de seguimiento

La concesión del DIT está ligada al mantenimiento de un seguimiento anual del

control de producción en fábrica del fabricante y si procede de algunas de las obras realizadas.

Este seguimiento no significa aval o garantía de las obras realizadas.

## 11. CONCLUSIONES

Considerando:

- que en el proceso de fabricación se realiza un control de calidad que comprende un sistema de autocontrol por el cual el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas, proceso de fabricación y producto final;
- que la fabricación de los elementos se realiza en empresas que aseguran la calidad requerida y la homogeneidad de los mismos;
- que el proceso de fabricación y puesta en obra está suficientemente contrastado por la práctica;
- los resultados obtenidos en los ensayos y las visitas a obras realizadas;

se estima favorablemente, con las observaciones de la Comisión de Expertos de este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.

## 12. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS<sup>(11)</sup>

Las principales observaciones de la Comisión de Expertos<sup>(12)</sup> son las siguientes:

---

<sup>(11)</sup> La Comisión de Expertos de acuerdo con el Reglamento de concesión del DIT (O.M. de 23/12/1988), tiene como función, asesorar sobre el plan de ensayos y el procedimiento a seguir para la evaluación técnica propuestos por el IETcc. Los comentarios y observaciones realizadas por los miembros de la Comisión no suponen en sí mismos aval técnico o recomendación de uso preferente del sistema evaluado.

La responsabilidad de la Comisión de Expertos no alcanza los siguientes aspectos:

- a) Propiedad intelectual o derechos de patente del producto o sistema.
- b) Derechos de comercialización del producto o sistema.
- c) Obras ejecutadas o en ejecución en las cuales el producto o sistema se haya instalado, utilizado o mantenido, ni tampoco sobre su diseño, métodos de construcción ni capacitación de operarios intervinientes.

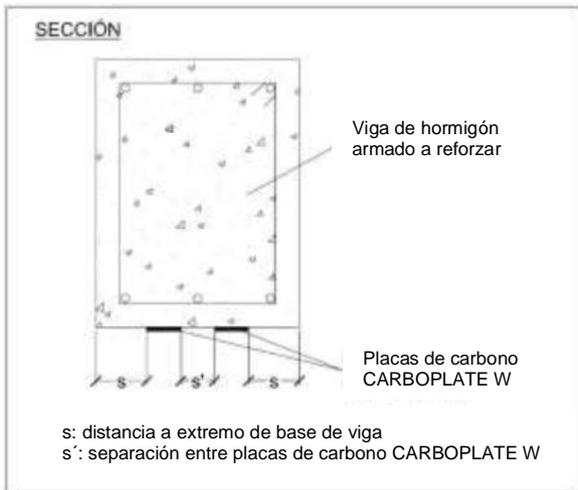
<sup>(12)</sup> La Comisión de Expertos estuvo integrada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- AENOR.
- Asociación para el Fomento de la Investigación y la Tecnología de la Seguridad contra Incendios (AFITI).
- AVINTIA Grupo.
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- DRAGADOS, S.A.
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM).
- Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM).

- Para asegurar la viabilidad del Sistema será preciso aportar, en cada caso que se vaya a aplicar, una memoria técnica de cálculo estructural que incluya los análisis de estados límite último y de servicio. En dicha memoria deberá quedar adecuadamente justificada la correcta respuesta estructural de los distintos elementos y las uniones entre ellos. También se fijarán los coeficientes de seguridad exigibles según la normativa en vigor, las tolerancias aplicables y las soluciones a adoptar en caso de que hubiera juntas de dilatación.
- Deben tenerse en cuenta las limitaciones establecidas en el Boletín 90 del FIB relativas a refuerzos a cortante.
- Estos sistemas no se utilizarán como refuerzo a compresión dada su nula capacidad de absorber compresiones debido a su elevada esbeltez. Para elementos sometidos a compresión simple o compuesta se podrá hacer un refuerzo por confinamiento, zunchando el elemento, colocando las fibras en dirección perpendicular al esfuerzo, de manera que estas trabajen a tracción. Se debe tener en cuenta las limitaciones establecidas en el artículo 6.3.2.4 del Boletín 14 del FIB relativas al refuerzo por confinamiento de pilares de sección rectangular.
- Deberá tenerse en cuenta la vulnerabilidad de este tipo de refuerzos a las altas temperaturas, debiendo respetarse los límites de temperaturas máximas para su uso indicadas en el presente documento. Se deberá valorar, en función de la localización del edificio y del refuerzo, la temperatura superficial que podría alcanzar el elemento a reforzar.
- Deberá evaluarse el estado límite último (ELU) de la estructura en caso de incendio, según lo recogido en el CTE-DB-SI, SI-6, relativo a Resistencia al fuego de la estructura, en función de los coeficientes reflejados en el CTE-DB-SE sobre Seguridad Estructural.
- Si la estructura sin reforzar no es capaz de resistir las acciones previstas en situación de incendio, durante el tiempo exigido por el CTE-DB-SI con los coeficientes de seguridad establecidos en el CTE-DB-SE, deberá protegerse el refuerzo, teniendo en cuenta que éste no debe superar las temperaturas recogidas en el Informe Técnico. El material empleado para proteger el refuerzo deberá garantizar mediante ensayos que la temperatura del refuerzo y del soporte al nivel del encolado no supera las temperaturas recogidas en el Informe Técnico.
- La idoneidad de ambos sistemas depende fundamentalmente de que la puesta en obra sea realizada por empresas cualificadas con reconocida experiencia en la instalación del sistema a emplear.
- Durante la puesta en obra, deberá prestarse especial atención a la limpieza de la superficie a reparar antes de la aplicación de la cola epoxídica que corresponda.
- Se recomienda que una copia del presente Documento de Idoneidad Técnica se incorpore al Libro del Edificio.

- 
- FCC Construcción, S.A.
  - Ferrovial Agroman.
  - GRUPO CPV (Control, Prevención y Verificación).
  - Instituto de Control e Investigación de la Edificación AIE (ICIE-AIE).
  - Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, S.A. (INTEMAC, S.A.)
  - INTA. Laboratorio de Ingenieros del Ejército «General Marvá».
  - Ministerio de la Vivienda.
  - Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).
  - SGS Tecnos, S.A. (miembro de AECCTI).
  - SOCOTEC Iberia, S.A.
  - Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
  - Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

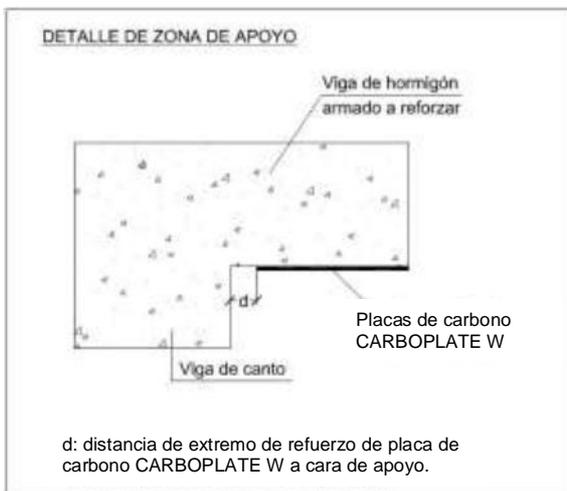
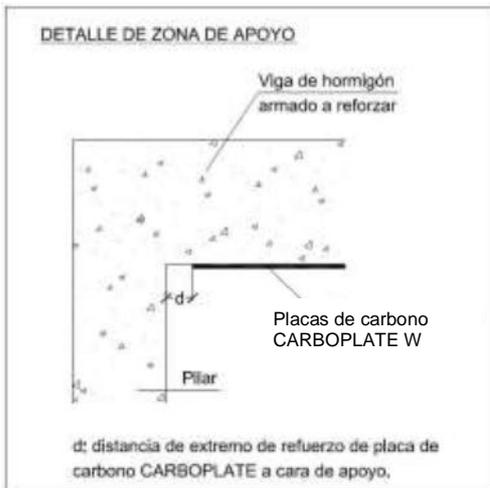
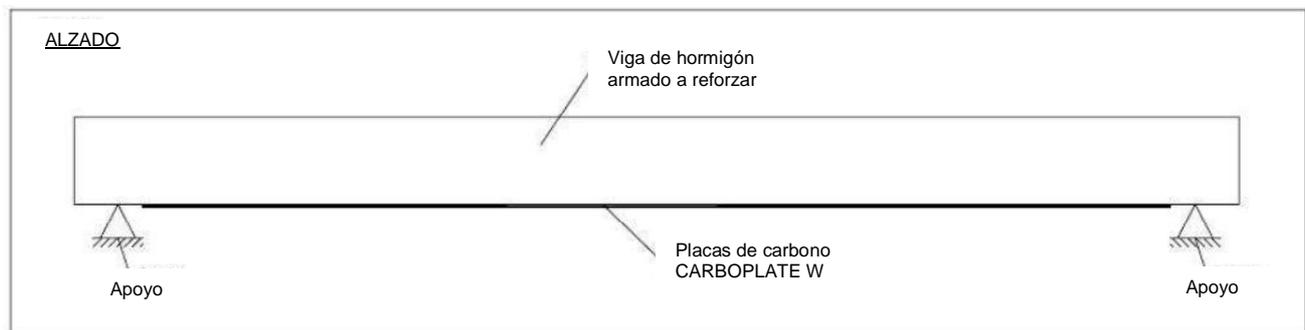
**FIGURA 1.** Sistema CARBOPLATE W para refuerzo a flexión en vigas.



Los detalles recogidos en las figuras son orientativos, debiendo definirse para cada proyecto.

El tipo, número y disposición de los refuerzos se fijará por cálculo, debiendo quedar reflejado en el proyecto técnico.

El centro de gravedad del refuerzo deberá hacerse coincidir con el eje que pasa por el centro de gravedad de la sección, salvo que se justifique adecuadamente por cálculo una disposición distinta.



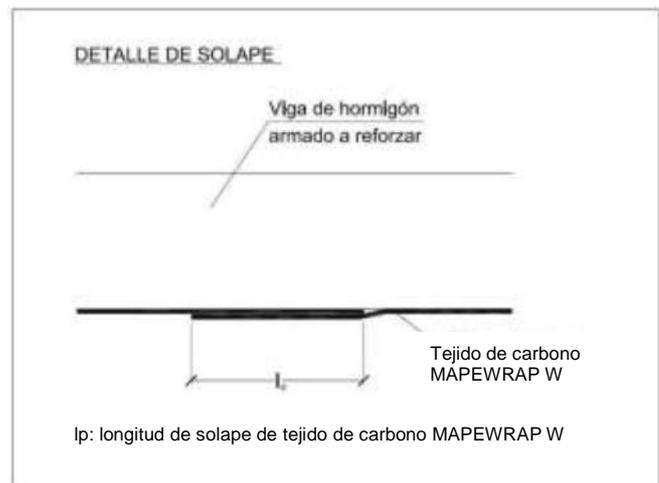
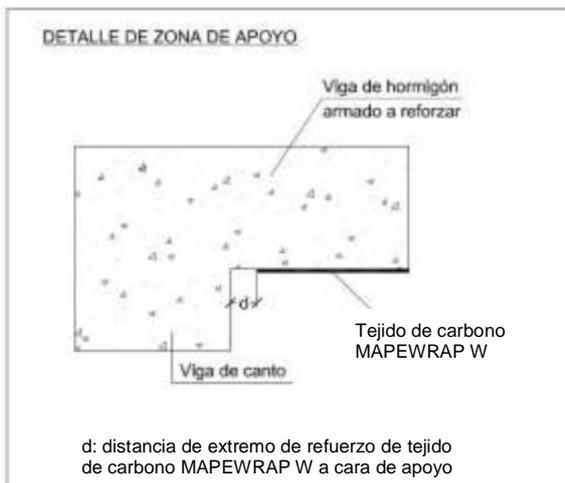
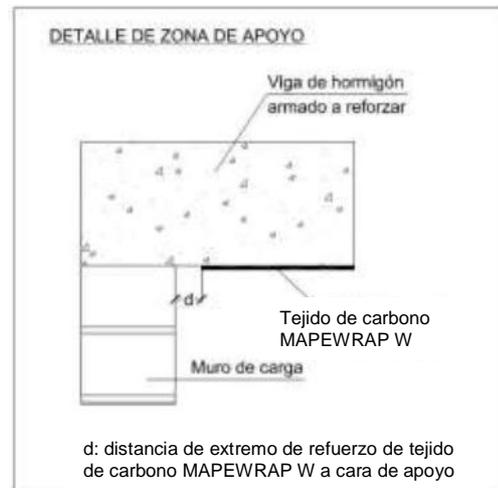
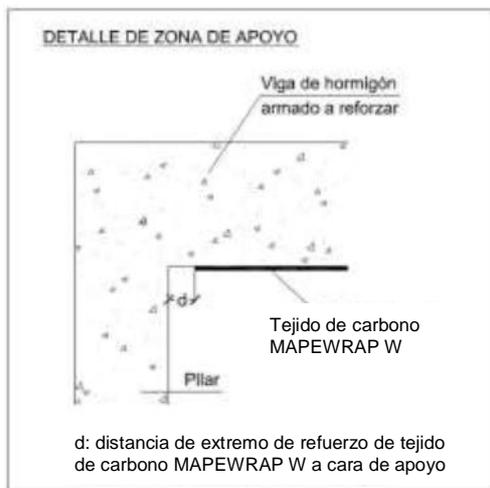
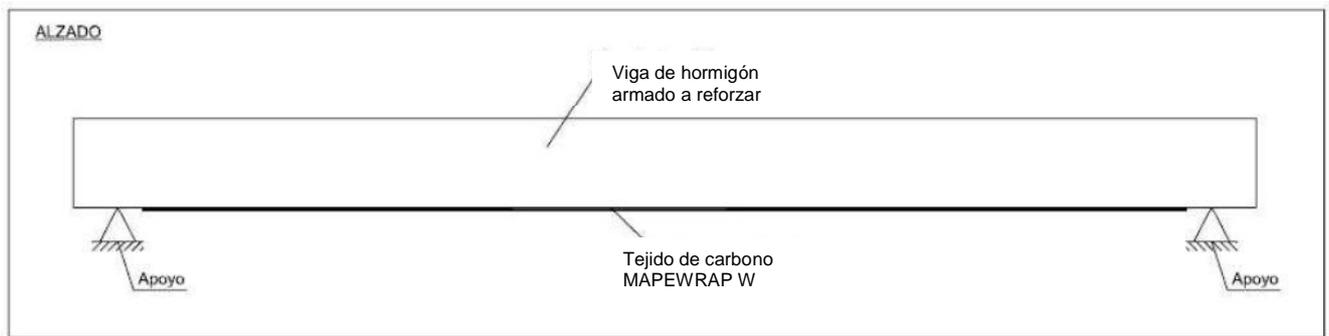
**FIGURA 2.** Sistema MAPEWRAP W para refuerzo a flexión en vigas.



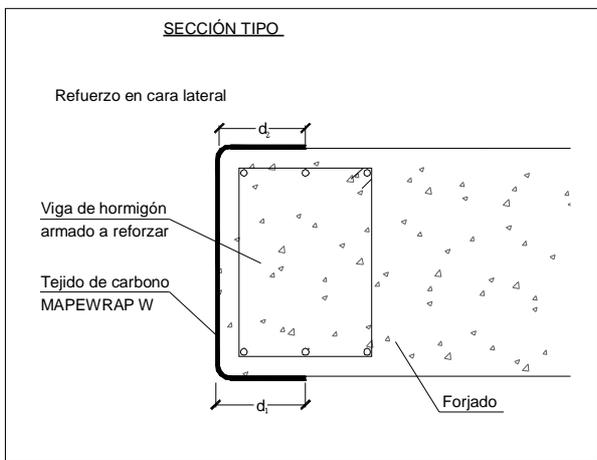
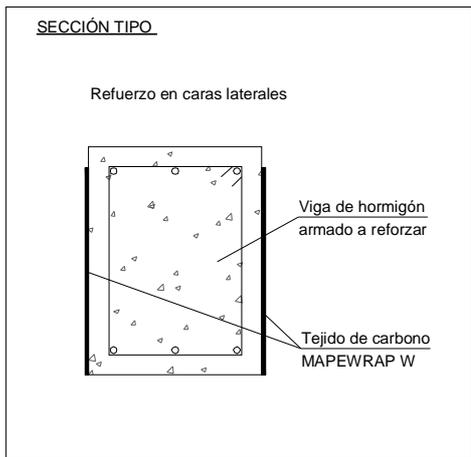
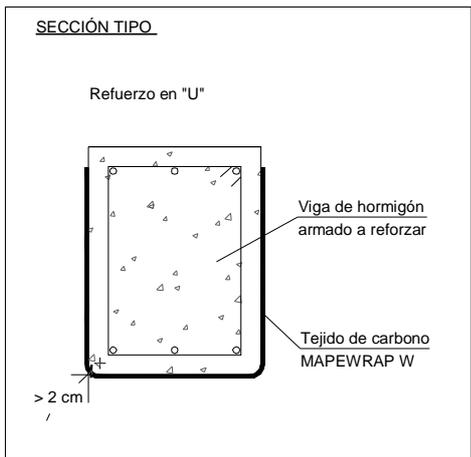
Los detalles recogidos en las figuras son orientativos, debiendo definirse para cada proyecto.

El tipo, número y disposición de los refuerzos se fijará por cálculo, debiendo quedar reflejado en el proyecto técnico.

El centro de gravedad del refuerzo deberá hacerse coincidir con el eje que pasa por el centro de gravedad de la sección, salvo que se justifique adecuadamente por cálculo una disposición distinta.



**FIGURA 3.** Sistema MAPEWRAP W para refuerzo a cortante en vigas.



Los detalles recogidos en las figuras son orientativos, debiendo definirse para cada proyecto.

El tipo, número y disposición de los refuerzos se fijará por cálculo, debiendo quedar reflejado en el proyecto técnico.

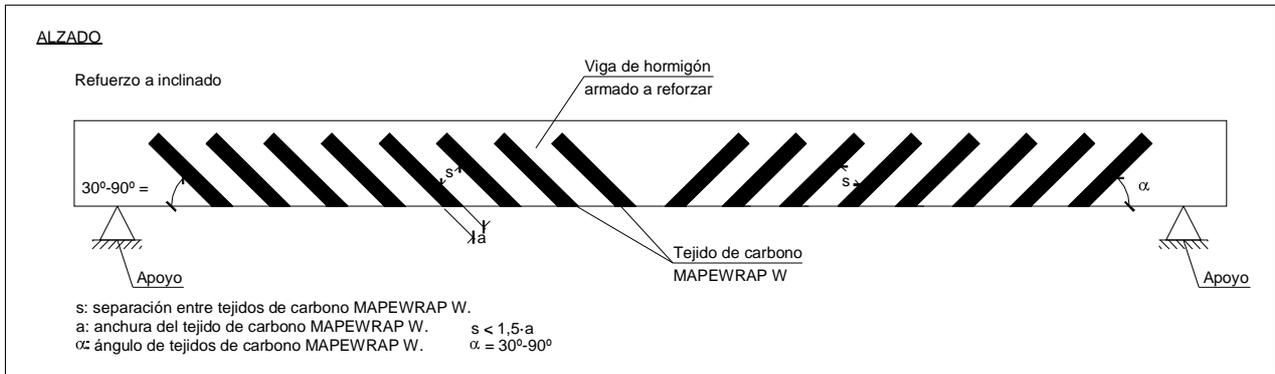
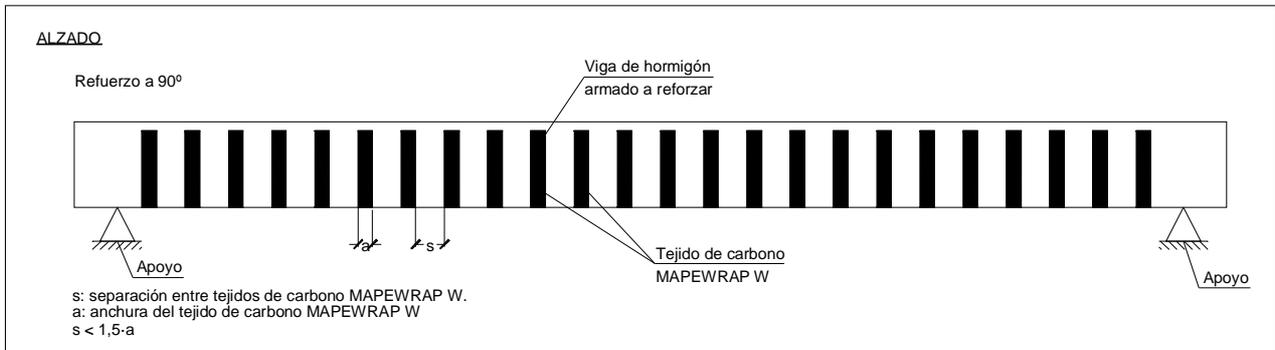
El uso de refuerzo de cortante en vigas planas estará limitado a vigas cuya anchura no sea mayor que

$$a = b + 1,75 \cdot c,$$

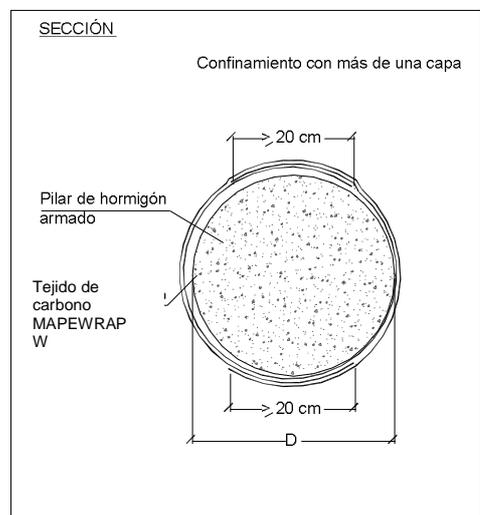
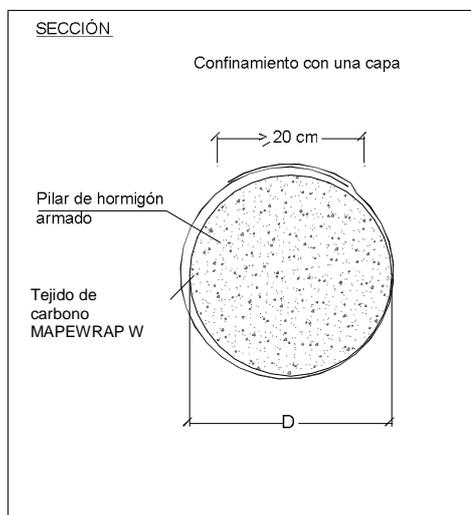
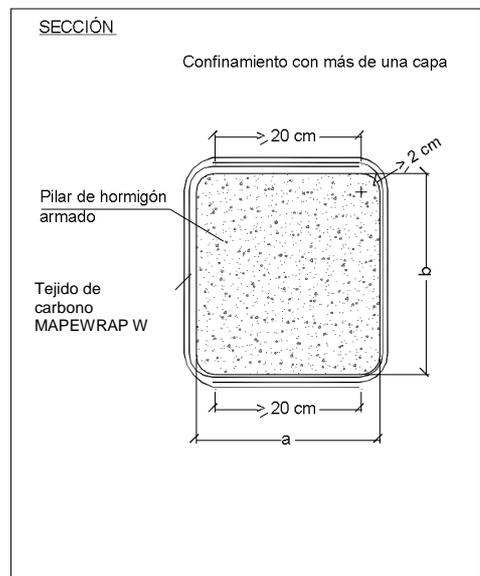
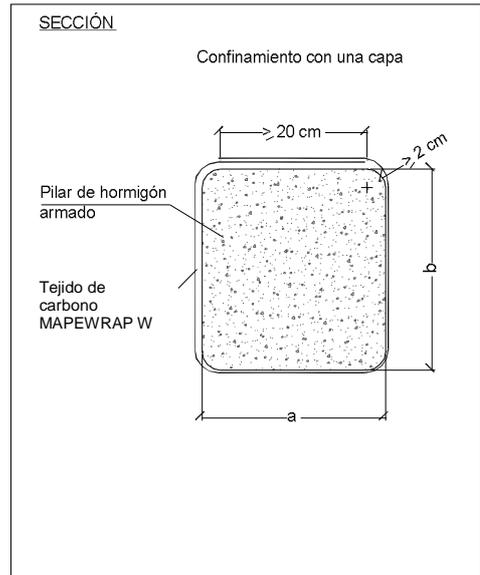
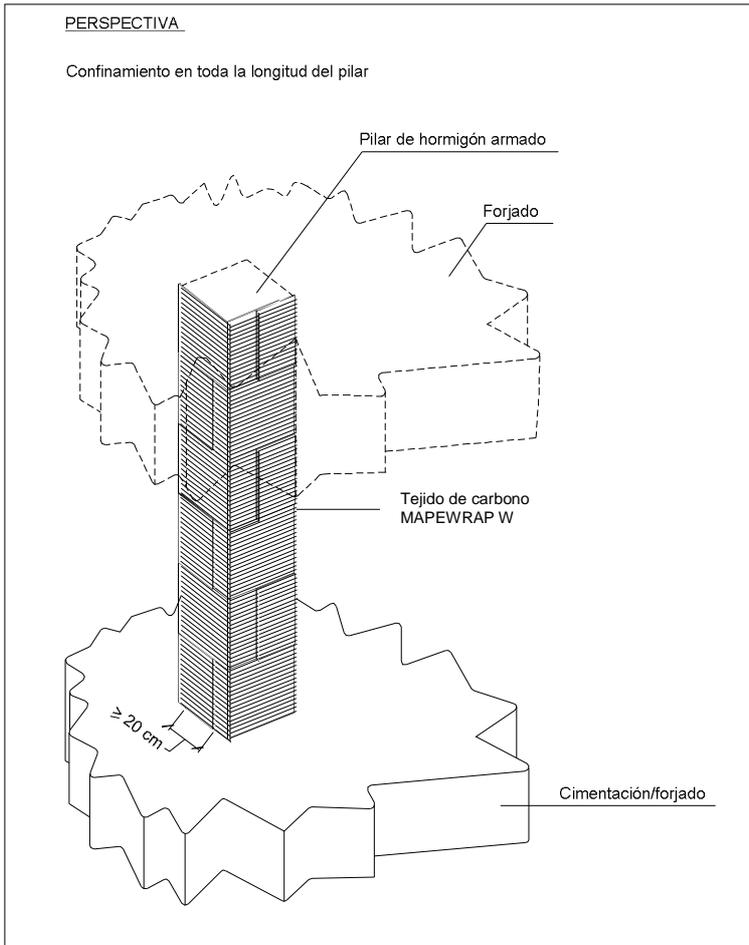
siendo:

b la anchura del pilar

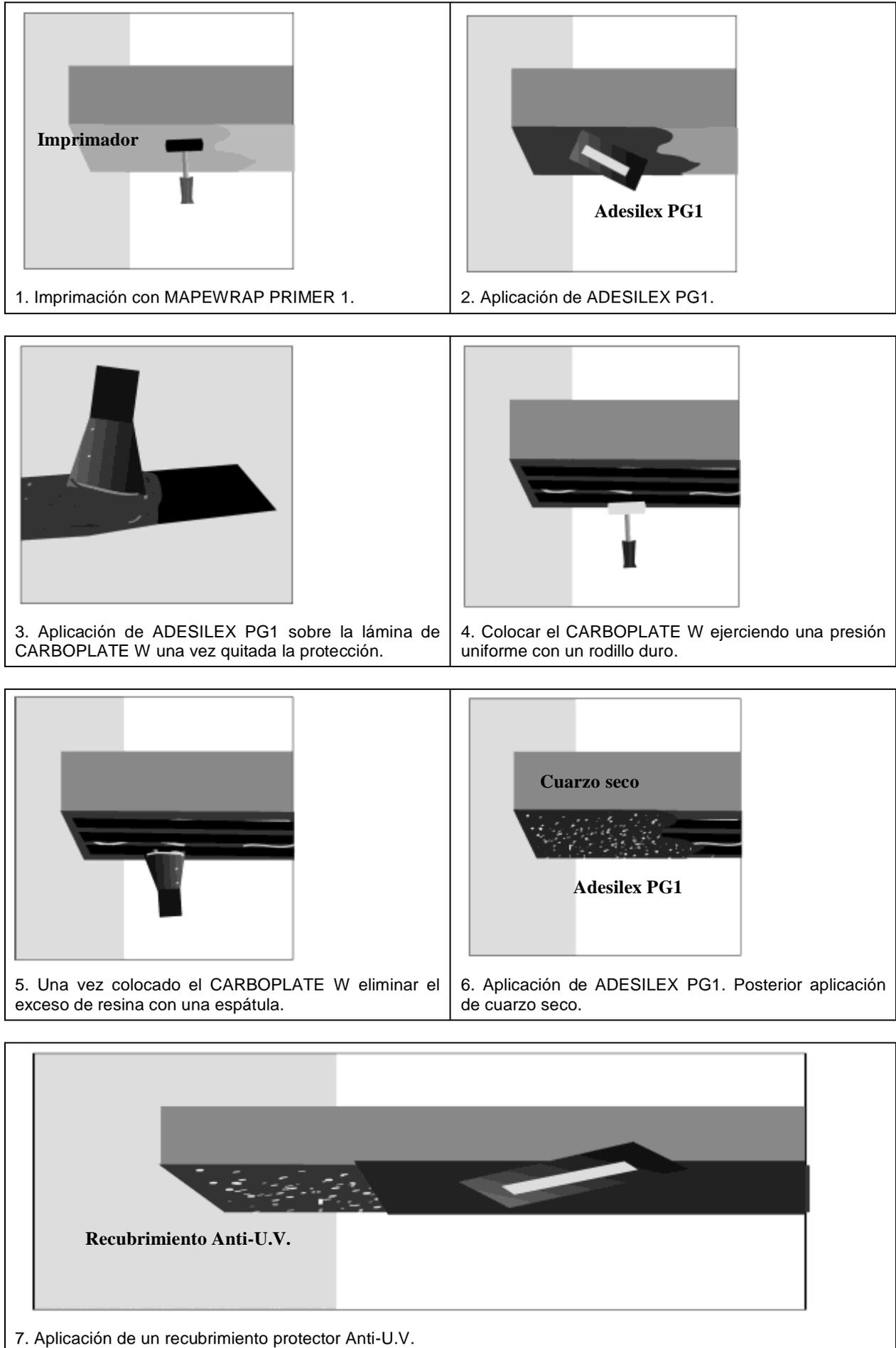
c el canto de la viga



**FIGURA 4.** Sistema MAPEWRAP W para confinamiento de pilares.



**FIGURA 5.** Sistema CARBOPLATE W. Puesta en obra.



**FIGURA 6.** Sistema MAPEWRAP W. Puesta en obra

