



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 572R/21

Área genérica / Uso previsto:

Sistemas de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado

Nombre comercial:

SISTEMA MasterBrace®

Beneficiario:

Master Builders Solutions España S.L.U.

Sede Social:

Carretera de l'Hospitalet 147-149
08940 Cornellá de Llobregat (Barcelona)
Teléfono 93 6194600
www.master-builders-solutions.basf.es

Validez. Desde:
Hasta:

10 de junio de 2021
10 de junio de 2026
(Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 27 páginas



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGREEMENT
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREEMENT 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. La responsabilidad del IETcc no alcanza a los aspectos relacionados con la Propiedad Intelectual o la Propiedad Industrial ni a los derechos de patente del producto, sistema o procedimientos de fabricación o instalación que aparecen en el DIT.

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. 572R/21

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

- en virtud del Decreto n.º 3652/1963, 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 1265/1988, 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 *l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc)*,
- de acuerdo a la solicitud formulada por la Sociedad Master Builders Solutions España S.L.U. (anteriormente denominada BASF Construction Chemicals España S.L.), para la RENOVACIÓN del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA N.º 572R/16 de los **Sistemas MasterBrace® de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado**,
- 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.

DECIDE:

Renovar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 572R/16, con el número 572R/21 a los **Sistemas MasterBrace® de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado**, 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 peticionario debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto de edificación y llevarse a término mediante la dirección de obra correspondiente. Será el proyecto de edificación el que contemple en cada caso, las acciones que el Sistema trasmite a la estructura general del edificio, asegurando que éstas son admisibles.

En cada caso, Master Builders Solutions España S.L.U., 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. 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.

CONDICIONES DE CÁLCULO

En cada caso se comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en el Informe Técnico de este Documento, 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

Master Builders Solutions España S.L.U., deberá mantener el control de recepción de materiales y componentes que en la actualidad realiza, conforme a las indicaciones que se dan en el apartado 4 del presente Documento.

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA

El Sistema **MasterBrace® LAM** de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado, está previsto para el refuerzo a flexotracción. El Sistema **MasterBrace® FIB**, está previsto para el refuerzo a flexión y cortante de estructuras de edificación de hormigón armado y para el confinamiento de pilares.

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por Master Builders Solutions España S.L.U. 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 Master Builders Solutions España S.L.U., 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 número 572R/21, 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 obras realizadas más recientemente

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 10 de junio de 2026.

Madrid, 10 de junio de 2021



EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA

INFORME TÉCNICO

1. OBJETO

El Sistema de refuerzo MasterBrace® se basa en el empleo de materiales compuestos de fibras de carbono, que se adhieren externamente en estructuras de edificación de hormigón, con el que se consigue aumentar su resistencia y de esta manera incrementar las condiciones de seguridad existentes.

2. PRINCIPIO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Los Sistemas MasterBrace®, están formados por una cantidad variable de fibras altamente resistentes, embebidas en una matriz polimérica o sintética adherente y de propiedades determinadas.

Típicamente la relación fibra / resina es de un 65 % a 70 % para láminas preformadas (MasterBrace® LAM) y entre 20 % y 30 % para hojas de fibras impregnadas *in situ* (MasterBrace® FIB).

El armado principal y el esqueleto resistente lo aporta la fibra mientras que la transmisión de esfuerzos rasantes entre fibras y el soporte, lo proporciona el adhesivo o matriz empleada.

El comportamiento resistente del compuesto viene determinado por la calidad, cantidad, orientación y distribución de las fibras en la sección y el porcentaje en resinas constitutivas de la matriz.

La fabricación del material compuesto, puede ser mediante un proceso industrializado (MasterBrace® LAM) o puede realizarse *in situ* de forma manual o mecanizada (MasterBrace® FIB).

Para garantizar el éxito del refuerzo, se debe asegurar una unión perfecta entre el compuesto MasterBrace® y el soporte, tal que permita una correcta transmisión de esfuerzos entre el elemento y el compuesto resistente. Un fallo de adherencia entre el soporte y el compuesto, o entre los componentes del compuesto, conduce irrevocablemente a un fallo del refuerzo. Para ello los sistemas constan de productos específicos diseñados para su aplicación, y protocolos de puesta en obra.

Estos métodos 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.

El campo de aplicación de estos métodos 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.

La utilización en zona sísmica, así como el caso de exigencias susceptibles de cambios de sentido, no quedan evaluadas 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.

Por su orientación unidireccional y anisótropa, sólo funciona en una dirección y no permite anclajes pasantes, ya que puede presentarse desgarro.

Las fibras de carbono soportan temperaturas bastante altas, sin embargo, la resina empieza a degradarse a partir de su temperatura de transición vítrea (Tg), que según el CEB-FIB Boletín 14 es de 45 °C.

Se evaluará, en cada caso, la necesidad de colocar un elemento de protección que evite que, por condiciones ambientales o de uso, el refuerzo alcance la temperatura de transición vítrea de la resina. En cualquier caso el refuerzo con el Sistema MasterBrace® deberá cumplir la normativa vigente relativa a protección contra incendios (CTE – DB-SI y UNE – EN 13501-1⁽¹⁾).

2.1 Sistema MasterBrace® LAM

La tecnología MasterBrace® LAM para refuerzo estructural, consiste en la adhesión superficial de compuestos preformados a base de fibra de carbono, altamente resistentes.

El laminado presenta una orientación de fibras unidireccional, en formato semirrígido y en rollos, precisando de un devanador para su desenrollado cómodo y seguro. Tiene un 70 % de fibras por sección.

El proceso de fabricación del laminado incorpora la fibra de carbono en un matriz epoxi, mediante un procedimiento completamente industrializado y de estricto control de calidad. Esto permite garantizar las propiedades resistentes de los refuerzos realizados mediante el módulo elástico, la resistencia a rotura y la elongación última.

La fibra de carbono empleada en el Sistema MasterBrace® presenta una curva tensión-deformación completamente lineal hasta rotura.

El Sistema MasterBrace® LAM consta de los siguientes productos diseñados para su aplicación.

- **MasterBrace® LAM 170/3100:** Laminado preformado que aporta la resistencia mecánica del material compuesto.

⁽¹⁾ UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

- **MasterBrace® P 3500:** Se trata de una imprimación que se aplica sobre el elemento a reparar para garantizar la adherencia y anclaje del refuerzo con dicho elemento.
- **MasterBrace® ADH 4000:** Es un adhesivo epoxi espatulable que sirve para regularizar el soporte, adherir y transferir esfuerzos entre el soporte y el compuesto resistente.

2.2 Sistema MasterBrace® FIB

La tecnología MasterBrace® comprende el uso de compuestos con fibras de refuerzo de carbono para el refuerzo estructural basado en la impregnación y adhesión de la fibra a partir de un sistema completo de resinas.

Mediante el refuerzo por adhesión de materiales compuestos de elevadas prestaciones se consigue la absorción de tracciones: incrementando la respuesta a flexión, a cortante y confinando elementos comprimidos.

Las hojas laminadas *in situ* presentan entre un 20 y un 30 % de fibras por sección y su módulo elástico dependerá principalmente de su aplicación (ver Tabla 5 de características en el apartado 3.2.1).

El Sistema de refuerzo MasterBrace® FIB está compuesto por las hojas de fibra específicas en cada caso y además por una serie de productos diseñados para su aplicación.

- **MasterBrace® FIB:** Mantas unidireccionales de fibras de carbono que aporta la resistencia mecánica del material compuesto.
- **MasterBrace® P 3500:** Se trata de una imprimación que se aplica sobre el elemento a reparar para garantizar la adherencia y anclaje del refuerzo con dicho elemento. Se trata del mismo producto descrito en el punto 2.1 para el Sistema MasterBrace® LAM.
- **MasterBrace® SAT 4500:** Es un adhesivo empleado para la impregnación y adhesión de la fibra al soporte, mediante la aplicación en dos capas.

3. MATERIALES Y COMPONENTES

3.1 Sistema MasterBrace® LAM

3.1.1 MasterBrace® LAM

Este material laminado preformado de fibra de carbono empleado para refuerzo de elementos estructurales, presenta dos tipos de laminado que difieren entre sí por su módulo de elasticidad y su resistencia a la tracción.

Tabla 1. Características de MasterBrace® LAM 170/3100

Características	Método de ensayo	Ud	Valor
Densidad	-	g/cm ³	≥ 1,6
Volumen de fibra	-	%	70

Características	Método de ensayo	Ud	Valor
Módulo de elasticidad	EN 2561	GPa	> 170
Resistencia a tracción mínima		MPa	> 3000
Resistencia a tracción media		MPa	3050
Elongación a rotura		%	> 1,7

Tabla 2. Dimensiones estándar de MasterBrace® LAM 170/3100 (Otros formatos bajo pedido)

Ancho (mm)	Espesor (mm)
50	1,2 y 1,4
80	1,2 y 1,4
100	1,2 y 1,4
120	1,4

3.1.2 MasterBrace® P 3500

Es la imprimación previa a la aplicación de MasterBrace® ADH 4000.

Se trata de una resina epoxi, en dos componentes, fluida y exenta de disolventes. Sus características son las que se dan a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de la resina MasterBrace® P 3500

Características	Método de ensayo	Ud	Valores
Densidad (20 °C)	UNE-EN ISO 2811-1:2016	g/cm ³	≥ 1,05
Pot Life* (25 °C)	UNE-EN ISO 2555:2018	min	30
Temperatura de aplicación (soporte y material)	-	°C	de + 5 a + 30
Ensayos a tracción:	DIN 53504	MPa	≥ 19
Rotura a tracción			
Deformación en rotura		%	≥ 11
Ensayos a flexión:	UNE-EN ISO 178:2003/ /A1:2011	MPa	no se rompe
Rotura a flexión			
Módulo a flexión			≥ 200
Ensayos a compresión:	UNE-EN 13412:2008	MPa	no se rompe
Rotura a compresión			
Módulo a compresión	ASTM D695		≥ 800
Adherencia:	UNE-EN ISO 4624:2016	MPa	rotura del hormigón

(*)Pot. Life: Tiempo que dura la mezcla una vez realizada y durante el cual todavía es utilizable manteniendo todas sus propiedades.

3.1.3 MasterBrace® ADH 4000

MasterBrace® ADH 4000 es una resina epoxi en dos componentes exenta de disolventes. Su aplicación asegura una correcta transmisión de esfuerzos y una compatibilidad de deformaciones entre el laminado y el soporte.

Cuenta con marcado CE, cumpliendo con los requerimientos de la UNE EN 1504-4:2005⁽²⁾

Tabla 4. Características de la resina MasterBrace® ADH 4000

Características	Método de ensayo	Ud	Valores
Densidad (20 °C)	-	g/cm ³	≥ 1,4
Espesores aplicables	-	mm	de 1 a 3
Tiempo de mezclado	-	Min.	mínimo 3
Pot life (*) (25 °C)	-	Min.	90
Tiempo abierto (a 22 y 30 °C)	UNE-EN 12189:2000	Min.	60
Tiempo de endurecimiento(**)	-	días	≥ 3
Temperatura de aplicación (soporte y material)	-	°C	de + 5 a + 30
Ensayos a tracción: -Adhesión a tracción	UNE-EN 1542 :2000	MPa	rotura en hormigón
Adhesión hormigón endurecido –hormigón endurecido	UNE-EN 12636:2000	MPa	rotura en hormigón
Ensayos a cizallamiento: -Resistencia al cizallamiento oblicuo	UNE-EN 12188:2000	MPa	50° > 60 60° > 70 70° > 80
-Resistencia a cizallamiento	UNE-EN 12188:2000	MPa	> 50
Ensayos a compresión: -Resistencia a compresión	UNE-EN 12190:1999	MPa	> 70
-Módulo E (compresión)	UNE-EN 13412:2008		> 6000
Ensayo a flexión: -Módulo E (flexión)	UNE-EN ISO 178:2020	MPa	> 3000
Temperatura de transición vítrea - Tg	EN 12614:2006	°C	52
Retracción lineal	UNE-EN 12617-1:2004	%	< 0.1

⁽²⁾ 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".

Características	Método de ensayo	Ud	Valores
Coefficiente de dilatación térmica	UNE-EN 1770:1999		< 100 x 10-6 por K
Durabilidad composite ciclos térmicos: Hormigón fresco – hormigón endurecido	UNE-EN 13733:2002	MPa	rotura en hormigón
Hormigón endurecido – hormigón endurecido			rotura en hormigón
Durabilidad composite ciclos húmedos: Hormigón fresco – hormigón endurecido	UNE-EN 13733:2002	MPa	rotura en hormigón
Hormigón endurecido – hormigón endurecido			rotura en hormigón

(*)Pot. Life: Tiempo que dura la mezcla una vez realizada y durante el cual todavía es utilizable manteniendo todas sus propiedades.

(**) Los tiempos de endurecimiento están medidos a 20 °C y 65 % de H.R. Temperaturas superiores y/o H.R. inferiores pueden acortar estos tiempos y viceversa.

3.2 Sistema MasterBrace® FIB

3.2.1 MasterBrace® FIB

Se trata de unas mantas unidireccionales de fibras de carbono. MasterBrace® FIB, presenta dos tipos de hoja de fibra, las cuales difieren entre sí por su gramaje.

Tabla 5. Características de MasterBrace® FIB

Características	Ud	Master-Brace® FIB 300/ 50 CFS	Master-Brace® FIB 450/50 CFS
Espesor diseño	mm	0,165	0,255
Peso hoja	g/m ²	300	450
Ancho hoja	mm	500	500
Longitud hoja	m	50	50
Módulo de elasticidad mínimo:	GPa	221	221
Módulo de elasticidad media	GPa	230	230
Resistencia a tracción mínima	MPa	4510	4510
Resistencia a tracción media	MPa	4900	4900
Elongación a rotura media	%	2,1	2,1

Los valores medios son indicativos. Sólo están garantizados los valores mínimos

3.2.2 MasterBrace® P 3500

Es la imprimación previa a la aplicación de MasterBrace® SAT 4500.

Se trata de una resina epoxi, en dos componentes, fluida y exenta de disolventes.

Sus características son las que se dan en la Tabla 3 del apartado 3.1.2.

3.2.3 MasterBrace® SAT 4500

Se trata de una resina epoxi saturante en dos componentes, para la impregnación, fijación y estructuración de hojas de fibra de carbono MasterBrace® FIB para refuerzo de estructuras.

Es un material de fácil aplicación fluida y exenta de disolventes que presenta elevadas resistencias y una adherencia adecuada.

Cuenta con marcado CE, cumpliendo con los requerimientos de la UNE-EN 1504-4:2005⁽²⁾.

Tabla 6. Características de la resina MasterBrace® SAT 4500

Características	Método de ensayo	Ud	Valores
Densidad	-	g/cm ³	0,98-1,08
Tiempo de mezclado	-	Min.	mínimo 3
Pot-life ^(*) a 22 °C	-	Min.	80
Tiempo abierto (a 22 y 30 °C)	UNE-EN 12189:2000	Min.	60
Temperatura de aplicación (soporte y material)	-	°C	de + 5 a + 30
Ensayos a tracción:			
Adhesión a tracción	UNE-EN 1542 :2000	MPa	rotura en hormigón
Adhesión hormigón – hormigón	UNE-EN 12636:2000	MPa	rotura en hormigón
Ensayos a cizallamiento:			
Resistencia al cizallamiento oblicuo	UNE-EN 12188:2000	MPa	50° > 70 60° > 80 70° > 90
Resistencia al cizallamiento	UNE-EN 12188:2000	MPa	> 70
Ensayos a compresión:			
Resistencia a compresión	UNE-EN 12190:1999	MPa	> 70
Módulo E(compresión)	UNE-EN 13412:2008	MPa	> 2000
Ensayos a flexión:			
Módulo E (flexión)	UNE-EN ISO 178:2020	MPa	> 2000
Temperatura de transición vítrea Tg:	EN 12614:2006	°C	50
Retracción lineal	UNE-EN 12617-1:2004	%	< 0,1
Coeficiente de dilatación térmica	UNE-EN 1770:1999		< 100 x 10 ⁻⁶ por K

Características	Método de ensayo	Ud	Valores
Durabilidad composite ciclos térmicos:			
Hormigón fresco – hormigón endurecido	UNE-EN 13733:2002	MPa	rotura en hormigón
Hormigón endurecido – Hormigón endurecido		MPa	rotura en hormigón
Durabilidad composite ciclos húmedos:			
Hormigón fresco – hormigón endurecido	UNE-EN 13733:2002	MPa	rotura en hormigón
Hormigón endurecido – hormigón endurecido		MPa	rotura en hormigón

(*)Pot. Life: Tiempo que dura la mezcla una vez realizada y durante el cual todavía es utilizable manteniendo todas sus propiedades.

3.3 Productos complementarios

En el caso de ser necesaria una reparación previa del soporte, Master Builders Solutions España S.L.U., cuenta con una serie de productos indicados para realizar dichas reparaciones y así garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos entre fibra y estructura, garantizando un soporte regular y libre de daños que puedan afectar el comportamiento del refuerzo aplicado.

Dichos productos cumplen con los requerimientos descritos en las distintas partes de la Norma UNE-EN 1504, tal y como se indica a continuación.

3.3.1 MasterEmaco P 5000 AP

MasterEmaco P 5000 AP es una imprimación activa que no sólo reinstaura la alcalinidad del material, sino que también contiene aditivos inhibidores de la corrosión para la protección del acero de las armaduras. Puede emplearse como puente de unión previo a la aplicación de morteros de reparación. Una vez mezclado con agua puede aplicarse con una brocha sobre el armado limpio o bien directamente sobre la superficie humedecida del hormigón en caso de uso como puente de unión.

MasterEmaco P 5000 AP cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-7:2007⁽³⁾.

3.3.2 MasterEmaco P 2000 BP

MasterEmaco P 2000 BP es un puente de unión epoxi para la protección por barrera del acero de refuerzo. Puede emplearse como puente de unión

⁽³⁾ UNE-EN 1504-7:2007. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Parte 7: Protección contra la corrosión de armaduras.

previo a la aplicación de morteros de reparación. Una vez mezclados los dos componentes puede aplicarse con una brocha sobre el armado limpio o bien directamente sobre la superficie seca del hormigón en caso de uso como puente de unión.

MasterEmaco P 2000 BP cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-7:2007⁽³⁾.

3.3.3 *MasterEmaco S 5300*

MasterEmaco S 5300 es un mortero monocomponente aligerado, de elevada resistencia mecánica y módulo de elasticidad medio con retracción compensada.

MasterEmaco S 5300 cumple con los requerimientos de la Norma europea UNE-EN 1504-3:2006⁽⁴⁾, para los morteros de reparación estructural de clase R3.

3.3.4 *MasterEmaco S 5400*

MasterEmaco S 5400 es un mortero monocomponente, de elevada resistencia mecánica, elevado módulo y con retracción compensada.

MasterEmaco S 5400 cumple con los requerimientos de la Norma europea UNE-EN 1504-3:2006⁽⁴⁾, para los morteros de reparación estructural de clase R4.

3.3.5 *MasterInject 1360*

Resina epoxídica bicomponente fluida, sin disolvente, para la inyección de fisuras.

La inyección se realiza mediante un equipo de presión específico para resinas.

Cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-5:2014⁽⁵⁾.

3.3.6 *MasterEmaco S 2600*

Mortero epoxi tixotrópico de dos componentes para reparaciones en superficies verticales y horizontales.

MasterEmaco S 2600 cumple con los requerimientos de la Norma europea UNE-EN 1504-3:2006⁽⁴⁾ para los morteros de reparación estructural de clase R4.

3.3.7 *MasterProtect 325 EL*

Recubrimiento anticarbonatación elástico a base de acrilatos para la protección de estructuras de hormigón. Resistente a los rayos U.V, a la intemperie y a las heladas.

⁽⁴⁾ UNE-EN 1504-3:2006. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Parte 3: Mortero tipo PCC para la reparación estructural del hormigón.

⁽⁵⁾ UNE-EN 1504-5: 2014. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Parte 5: Productos y sistemas para inyección del hormigón.

MasterProtect 325 EL cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-2:2005⁽⁶⁾.

4. CONTROL DE CALIDAD

4.1 **Control de fabricación**

Los componentes del Sistema MasterBrace[®] son fabricados bajo el control de calidad estipulado por Master Builders Solutions España S.L.U.

4.2 **Control de recepción**

A la llegada del material a la obra se comprobarán y anotarán (aceptación o rechazo) los siguientes aspectos:

- Cómputo de las cantidades recibidas.
- Comprobación de la denominación de los productos y de la correcta identificación de la totalidad de envases de las resinas y su fecha límite de uso, que deberá estar claramente indicada en cada uno de los envases.
- Inspección visual del estado de los envases descartando aquellos que presenten roturas con pérdida de material.
- Comprobación de la identificación de la fibra (tipo, gramaje, etc.) y de las dimensiones comprobando que los laminados no sufren delaminaciones ni fisuras.
- Inspección visual del estado de las hojas de MasterBrace[®] FIB comprobando que no existe daño ni desmadejamiento de la fibra y de los rollos de MasterBrace[®] LAM comprobando que los laminados no sufren delaminaciones ni fisuras.

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.

Es responsabilidad de la empresa aplicadora el cumplimiento de dicho Plan de Control. La dirección de la empresa aplicadora designará un responsable técnico de los trabajos, convenientemente especializado, el cual se responsabilizará del cumplimiento de dicho plan de control de calidad.

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.

Durante la obra se comprobará que los materiales se almacenan en las condiciones adecuadas

⁽⁶⁾ UNE-EN 1504-2:2005⁶. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Parte 2.; Sistemas de protección superficial para el hormigón.

descritas para cada producto en el Plan de Control.

5. EMBALAJE, IDENTIFICACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

MasterBrace® LAM se suministran en rollos de 25, 50 y 100 m (otros formatos bajo pedido).

Los laminados MasterBrace® vienen identificados con una etiqueta en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

- Marca comercial.
- Tipo de laminado.
- Longitud y anchura.
- Número de lote, compuesto por la fecha de fabricación y el código de producción que permita su trazabilidad.
- Fecha límite de uso.
- Logotipo y número de DIT.

El adhesivo epoxi espatulable exento de disolventes, MasterBrace® ADH 4000, formado por dos componentes, se suministra en conjuntos de 5-kg preparados para mezclar según las instrucciones que se detallan en los botes.

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

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

MasterBrace® FIB se suministra en bobinas de 50 m² (otros formatos bajo pedido). El tejido de carbono MasterBrace® FIB se identifican con una etiqueta en el embalaje en la que quedan recogidos, como mínimo, los siguientes datos:

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

La resina epoxi saturante exenta de disolventes, MasterBrace® SAT 4500, formada por dos componentes, se suministra en conjuntos de 5 kg preparados para mezclar según las instrucciones que se detallan en los botes.

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

- Marca comercial.

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

- Fecha límite de uso.

La imprimación epoxi fluida y exenta de disolventes MasterBrace® P 3500, formada por dos componentes, se suministra en conjuntos de 1 y 5 kg preparados para mezclar según las instrucciones que se detallan en los botes.

5.1 Almacenaje

MasterBrace® ADH 4000, MasterBrace® SAT 4500 y MasterBrace® P 3500 puede almacenarse durante 18 meses en lugar fresco y seco (+15 - 25 °C y 70 % humedad) y en sus envases originales cerrados.

MasterBrace® LAM y MasterBrace® FIB deben almacenarse en lugar fresco y seco (+15 - 25 °C y 70 % humedad), lejos de la luz directa del sol, las llamas u otros peligros

5.2 Manipulación y transporte

Para la manipulación de este producto deberán observarse las medidas preventivas habituales en el manejo de productos químicos, por ejemplo, no comer, fumar ni beber durante el trabajo y lavarse las manos antes de una pausa y al finalizar el trabajo.

Puede consultarse la información específica de seguridad en el manejo y transporte de este producto en la Hoja de Datos de Seguridad del mismo.

La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final del producto.

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 Consideraciones previas

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por empresas cualificadas y especializadas en la reparación de estructuras de hormigón, aplicación de refuerzos con fibra de carbono en general, y en aplicación de resinas sintéticas en particular.

Dichas empresas deberán estar homologadas y/o reconocidas por Master Builders Solutions España S.L.U.

Asimismo, Master Builders Solutions España S.L.U., mediante técnico cualificado, podrá personarse en los lugares de trabajo, a fin de complementar los trabajos de supervisión de calidad.

6.2 Aplicación

6.2.1 Preparación del soporte

Se comprobará la resistencia a tracción del elemento soporte. Se realizará al menos una determinación de la resistencia a tracción del hormigón por cada 200 metros lineales de refuerzo a aplicar.

Como recoge el boletín 90⁽⁷⁾ 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.

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⁽⁸⁾, 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.

Resistencias inferiores deberán ser contempladas en el cálculo y dimensionado del refuerzo.

En general, es imprescindible que la superficie de contacto sea de un hormigón sano y que todo elemento extraño, que pueda afectar o perjudicar la adherencia, sea eliminado. El soporte debe de estar limpio, seco, firme, rugoso, sin lechadas y libre de aceites y contaminantes.

Las superficies de hormigón a reforzar deberán estar en perfectas condiciones en el momento de ejecutar los trabajos de refuerzo. Para ello se recomienda el empleo de patrones de textura recomendados (CSP 4 a CSP 6) por el International Concrete Repair Institute (ICRI). Los trabajos de preparación del soporte se realizarán de acuerdo a las indicaciones del pliego de condiciones de Master Builders Solutions: MBS_PC_PSH-1 PREPARACIÓN DE SUPERFICIES DE HORMIGÓN.

La elección del método apropiado depende de la situación, especialmente de la extensión, del acceso en obra (trabajo en altura o no) y del tipo

de elemento a reforzar. El método ideal de tratamiento de soporte, pensando en la posterior adhesión de material compuesto MasterBrace[®] (en cualquier formato) será aquél que elimine la lechada y cualquier resto de pintura y deje el soporte lo más regular posible. De no ser así, se requerirán trabajos previos generalizados de regularización.

No se recomiendan métodos manuales por golpeteo o repicado, tales como el abujardado, al provocar microfracturación del recubrimiento de hormigón y debilitar la sección.

Los métodos recomendados para ello son:

- Chorro de arena.
- Lijadora de diamante para hormigón.
- Agua a media y alta presión (hasta 200 MPa), verificando los contenidos máximos de humedad residual en el momento del refuerzo.

La humedad residual del soporte será inferior al 4 %. En caso de existir dudas sobre este valor, se realizarán determinaciones del contenido de humedad mediante aparato tipo CM-GERÄT o similar.

6.2.2 Condiciones climáticas y de entorno durante la puesta en obra

- 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 de MasterBrace[®] P 3500, MasterBrace[®] ADH 4000, MasterBrace[®] SAT 4500 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

⁽⁷⁾ FIB Bulletin 90 "Externally applied FRP reinforcement for concrete structures."

⁽⁸⁾ 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.

+ 3 °C a la del punto de rocío, con el fin de evitar cualquier riesgo de condensación sobre el soporte.

6.2.3 Aplicación de MasterBrace® LAM

La aplicación de MasterBrace® LAM precisará de su adhesión sobre el soporte existente.

Dado el bajo peso de los compuestos laminados y la consistencia del adhesivo, no es necesario apuntalar los elementos. Simplemente se necesita una presión uniforme sobre el laminado con objeto de permitir el rebose del adhesivo sobrante.

Sobre el soporte perfectamente preparado, saneado y libre de polvo se aplicará la imprimación MasterBrace® P 3500, dónde habrá que tener en cuenta:

- Comprobación de la temperatura (superior a + 5 °C) y humedad del soporte (inferior al 4 %).
- Mezclado: se establecerá un tiempo mínimo de 3 minutos. Se realizará siempre con medios mecánicos.
- Utilización de útiles recomendados para el material.
- Se realizará el control de la cantidad de material aplicado. En ningún caso será inferior a 300 g/m² en superficies de hormigón.
- No se aceptará la realización de mezclas parciales.
- En caso de sobrepasarse los tiempos máximos de aplicación de los productos, se procederá a la aplicación de una nueva capa de material.

Transcurridos 90 minutos de la aplicación de la imprimación MasterBrace® P 3500 y antes de 48 horas, se procederá a la aplicación del adhesivo MasterBrace® ADH 4000, mediante un dispensador o de forma manual.

- Comprobación de la temperatura (superior a +5 °C) y humedad del soporte (inferior al 4 %).
- Comprobación de cantidad de material aplicado sobre el laminado (siempre inferior a 2 mm).
- Comprobación de la cantidad de material aplicado sobre el soporte (1-2 mm).
- Comprobación del rebose del material por todo el perímetro del laminado.
- Comprobación de la utilización de los útiles recomendados.
- No se aceptará la realización de mezclas parciales.
- Caso de sobrepasarse los tiempos máximos de los productos, se procederá a la aplicación de una nueva capa de material previa retirada del material endurecido por medios mecánicos.

- Para aquellas aplicaciones que requieran un acabado con mortero o enlucido de yeso o pintura, aplicar una nueva capa de MasterBrace® ADH 4000 sobre el laminado y mientras esté fresco, se procederá al espolvoreo de arena de sílice. La aplicación de los revocos o enlucidos será la habitual como si de un soporte mineral se tratara.

6.2.4 Aplicación de MasterBrace® FIB

En los trabajos de puesta en obra de MasterBrace® FIB, se requerirán más operaciones que la simple adhesión. Esto es así al requerir la laminación in situ, mediante la impregnación con MasterBrace® SAT 4500 sobre soporte imprimado con MasterBrace® P 3500.

La hoja de fibra, de distintos gramajes, debe quedar embebida entre dos manos de resina impregnante MasterBrace® SAT 4500, y al mismo tiempo adherida sobre un soporte imprimado con una resina fluida de anclaje MasterBrace® P 3500. Todos los productos son aplicados a rodillo.

Las condiciones de aplicación de la imprimación MasterBrace® P 3500 son las mismas que las descritas en el epígrafe anterior para el Sistema MasterBrace® LAM.

Condiciones de aplicación de MasterBrace® SAT 4500:

- Utilización de los útiles recomendados (llana, rastrillo de goma, rodillo...).
- Comprobación de la aplicación de MasterBrace® SAT 4500 (entre 0,5 y 48 horas después de MasterBrace® P 3500).
- Comprobación de la aplicación de la segunda capa de MasterBrace® SAT 4500 (entre 0,5 y 48 horas desde la aplicación de la primera capa).
- Comprobación de la visibilidad de las fibras negras de la hoja de fibra.
- Comprobación de la cantidad de material aplicado.
- En ningún caso será inferior a 650 g/m².
- No se aceptará la realización de mezclas parciales.
- En caso de sobrepasarse los tiempos máximos de los productos, se procederá a la aplicación de una nueva capa de material previa retirada del material endurecido por medios mecánicos.
- Para aquellas aplicaciones que requieran un acabado con mortero o enlucido de yeso o pintura, mientras la última capa de MasterBrace® SAT 4500 esté fresca, se procederá al espolvoreo de arena de sílice. La aplicación de los revocos o enlucidos será la habitual como si de un soporte mineral se tratara.

Condiciones de aplicación de MasterBrace® FIB:

- Se comprobará la colocación de la fibra estando aún fresco MasterBrace® SAT 4500.
- Se comprobarán las longitudes de solapes (mínimo 20 cm).

6.2.5 Protección contra la corrosión

El Sistema MasterBrace®, al ser materiales a base de fibras de carbono, son insensibles a la corrosión y, por ello, no precisan protección.

6.2.6 Protección contra el fuego

En caso de incendio, los sistemas de refuerzo pierden propiedades y dejan de contribuir 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, establecidos en el CTE-DB-SI.

Esta protección deberá evitar que la temperatura en el refuerzo supere la T_g (temperatura en la que el polímero deja de ser rígido y comienza a reblandecerse) garantizando las exigencias establecidas en el CTE-DB-SI. Será necesario emplear elementos que garanticen, mediante ensayos homologados el nivel de protección exigido.

La protección deberá realizarse según el tipo de edificación de acuerdo con las normas vigentes (CTE-DB-SI y UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010⁽⁹⁾).

6.2.7 Protección frente a la exposición al sol

En aquellos casos en los que se prevea la puesta en obra de los Sistemas MasterBrace® 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. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

El fabricante aporta como referencias realizadas con el Sistema MasterBrace® las siguientes obras:

- Antigua Audiencia de Santander (Santander). 2000. MasterBrace® LAM.

⁽⁹⁾ UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

- Estadio de Chapín (Jerez). 2001-2002. MasterBrace® LAM.
- Refuerzo de Forjado en Plaza de la Constitución. La Línea de la Concepción (Cádiz). 2004. MasterBrace® LAM.
- Iglesia del Salvador (Sevilla). 2004-06. MasterBrace® FIB) y MasterBrace® LAM.
- Palacio Iturri de Elorrio (Vizcaya). 2006. MasterBrace® LAM.
- Estación internacional de Canfrán (Huesca) 2006-2007. MasterBrace® FIB.
- Refuerzo dovelas Iglesia IRURA (Guipúzcoa). 2006-2007. MasterBrace® FIB 140 y MasterBrace® LAM.
- Mercado de La Ribera (Bilbao) 2009. MasterBrace® LAM.
- Centro Comercial Plaza Mayor (Málaga) 2018. Refuerzo estructuras a momentos positivos y a cortante. MasterBrace® FIB, MasterBrace® LAM.
- Fábrica de Cervezas La Virgen (Madrid) 2018 Refuerzo de estructuras frente a sobrecargas de uso sin necesidad de parar la producción. MasterBrace® FIB, MasterBrace LAM España.
- Pantalán Dynasol en la Bahía de Santander. 2013. Reparación y protección de estructura de hormigón expuesta a ambiente marino MasterBrace® FIB, MasterBrace® LAM, MasterEmaco® P 5000 AP, MasterEmaco® S 5400, MasterEmaco® S 5450 PG.

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

8. CRITERIOS DE CÁLCULO

El campo de aplicación del presente Documento es el del refuerzo de estructuras de edificación en hormigón armado.

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 del FIB, "Externally applied FRP reinforcement for concrete structures".

Para poder proceder al cálculo del 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

cohesión superficial $\geq 1,5$ MPa (que se verificará in situ por medio de una prueba de tracción directa perpendicular con la ayuda de un dinamómetro).

9. ENSAYOS

Los siguientes ensayos se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc), (Informes n.º 19 454 – 11 - 01 y n.º 19 454 -11- 02) y otra parte de los ensayos han sido aportados por el fabricante y realizados en otros laboratorios.

9.1 Ensayos de caracterización

Los ensayos de caracterización para la obtención del Documento de Idoneidad Técnica DIT han sido aportados por el fabricante.

Para el MasterBrace® FIB, los ensayos de caracterización fueron realizados por la Universität Bayreuth (Engineering Polymer) informe n.º 100825 del 11/11/2010, de acuerdo con la Norma DIN EN 2561 A.

Para el MasterBrace® LAM, los ensayos fueron realizados por el laboratorio AETECH:

- Informes n.º 305C14-RF4 del 11/12/2007 y n.º 647C14-RF16 del 8/10/2009 para (MasterBrace® LAM 210/3300) según Norma NF EN 2561.
- Informe n.º 226C14-RF4 del 20/03/2007 para (MasterBrace® LAM 170/3100), de acuerdo con la Norma EN 2561.

Adicionalmente se realizaron los ensayos de caracterización de acuerdo con CEB-FIB Boletín 14 para el MasterBrace® ADH 4000, informe BASF n.º LAA-10-62 del 4/08/2010 y para el MasterBrace® SAT 4500, informe BASF n.º LAA-10-63 del 4/08/2010, cuyos resultados se muestran en el epígrafe 3.

9.2 Ensayo a flexión unidireccional

Este ensayo ha sido realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc). (Informe n.º 19 454-11-01).

a) Objeto del ensayo

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

b) Disposición del ensayo

Se realizaron tres ensayos sobre unas vigas de hormigón armado HA - 30 de 5,0 m de longitud, 30 cm de anchura y 30 cm de canto.

La armadura de las vigas estaba formada por barras corrugadas de acero B500S con un recubrimiento nominal de 3 cm.

La armadura longitudinal inferior estaba constituida por 2 Ø 12, y la armadura longitudinal

superior por 2 Ø 12; la armadura transversal estaba constituida por cercos de Ø 8 cada 20 cm.

La sección de cada viga se reforzó por medio de 2 placas de MasterBrace® LAM 179/3100/50 x 1.4, situadas en la parte inferior de las vigas como refuerzo a tracción; la aplicación se realizó por instaladores autorizados por Master Builders Solutions España S.L.U.

Las vigas se situaron biapoyadas con una luz entre apoyos de 3,66 m, en los ensayos n.º 1 y n.º 2 y con una luz entre apoyos de 4,90 m en el ensayo n.º 3, todos ellos bajo un pórtico de carga.

Para la realización de los ensayos se aplicaron dos cargas puntuales en los tercios de la luz.

Durante el ensayo, un sistema de adquisición de datos registraba los valores de carga y desplazamiento.

c) Resultados obtenidos

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

En los ensayos 1 y 2 se alcanzaron cargas de 106,50 kN y 103,00 kN respectivamente.

En el ensayo 3 se alcanzó una carga de 71,3 kN.

9.3 Ensayo a cortante

El ensayo a cortante se realizó en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc), dentro de un proyecto de investigación cuyas conclusiones y resultados han sido publicados en los siguientes:

- Alzate, A. Arteaga, A. de Diego, R. Perera, Refuerzo a cortante de vigas de hormigón armado con materiales compuestos. Estudio experimental. IV Congreso ACHE. Congreso Internacional de estructuras. Resúmenes de comunicaciones, pp. 91-92, ISBN 978-84-89670-62-4, 2008.
- Alzate, A. Arteaga, A. de Diego, R. Perera, (2011). Experimental study on reinforced concrete beams externally shear strengthened with CFRP sheets. Construction and Building Materials. Artículo en Revisión. 11 pp.

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

9.4 Ensayo a compresión centrada

a) Objeto del ensayo

El objetivo es verificar el comportamiento mecánico del refuerzo MasterBrace® 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 0,30 m x 0,30 m de dimensiones en planta con una sección neta de 500 cm² por

abertura para paso de perno para el izado del pilar. El pilar estaba ejecutado con HA-25 y armado con 4 \varnothing 12.

La disposición del ensayo queda recogida en el informe 19.454-11-02.

Se hicieron 3 ensayos con una, dos y tres bandas de refuerzo respectivamente.

c) Resultados obtenidos

En los tres casos la carga de rotura superó la carga prevista por cálculo para rotura a compresión. Tras la rotura de los pilares, éstos se mantuvieron confinados y soportando una carga superior a 3.000 kN.

10. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

10.1 Cumplimiento de la reglamentación Nacional

10.1.1 SE - Seguridad estructural

El Sistema MasterBrace[®], es un sistema de refuerzo de estructuras de edificación de hormigón armado, y por lo tanto contribuye 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 del 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 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 de temperatura en el refuerzo superiores a la de transición vítrea.

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.

10.1.6 HR - Protección frente al ruido

No procede.

10.1.5 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 de exposición prolongada a la radiación ultravioleta.

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⁽¹⁰⁾

Las principales observaciones de la Comisión de Expertos⁽¹¹⁾ fueron las siguientes:

- 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.

⁽¹⁰⁾ 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.

⁽¹¹⁾ Las Comisiones de Expertos estuvieron integradas por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- Ministerio de Fomento.
- DRAGADOS.
- FERROVIAL-AGROMÁN, S.A.
- ANDIMAT.
- Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (EUATM).
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas. Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil.
- Asociación de Empresas de Control de Calidad y Control Técnico Independientes (AECCTI).
- Consejo General de la Arquitectura Técnica.
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (UPM).
- INTA. Laboratorio de Ingenieros del Ejército «General Marvá» (M.º de Defensa).
- Unidad de Obras, Instalaciones y Mantenimiento (M.º de Defensa).
- Instituto Técnico de Instalaciones y Construcción (ITIC S.L.).
- Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

- Se debe tener en cuenta las limitaciones establecidas en el artículo 5 del Boletín 14 del FIB relativas a refuerzos a cortante.
- 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.
- Se debe tener en cuenta la vulnerabilidad de este tipo de refuerzos a las altas temperaturas, debiendo respetarse las temperaturas máximas 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.
- Se debe evaluar con cuidado el estado límite último (ELU) de la estructura en caso de incendio, según lo recogido en el CTE-SB-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, se deberá proteger 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 homologados, que la temperatura del refuerzo y del soporte al nivel del encolado no supera las temperaturas recogidas en Informe Técnico.
- La idoneidad de ambos sistemas depende fundamentalmente de que la puesta en obra sea realizada por empresas cualificadas por el fabricante, con reconocida experiencia en la instalación del sistema a emplear.
- Durante la puesta en obra, se deberá prestar especial atención a la limpieza de la superficie a reparar antes de la aplicación de la cola epoxídica que corresponda.
- Se tendrá en cuenta el procurar una protección adecuada del refuerzo durante la obra, una vez colocado, frente a posibles golpes, rozaduras y acción de los rayos solares, antes de ser revestido, el elemento reforzado, con los acabados exteriores que correspondan según proyecto.
- Se recomienda que una copia del presente Documento de Idoneidad Técnica se incorpore al Libro del Edificio.

INFORMACIÓN GRÁFICA

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.

SISTEMA MasterBrace® LAM – REFUERZO A FLEXIÓN

FIGURA 1. Refuerzo a flexión en vigas

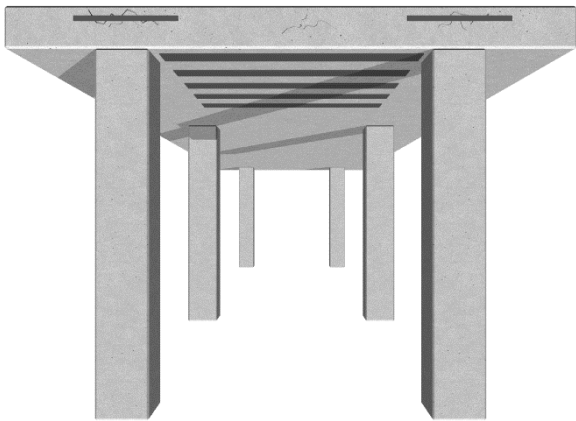


FIGURA 2. Refuerzo a flexión en muros

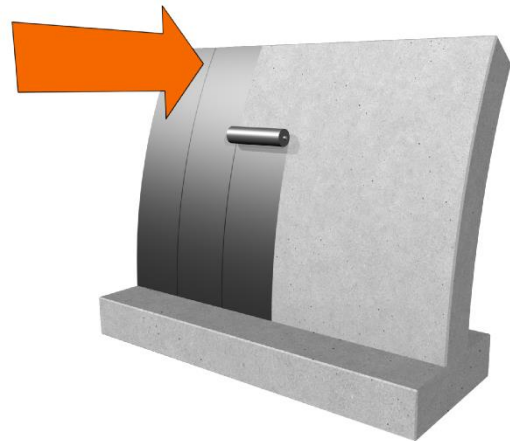


FIGURA 3. Refuerzo MasterBrace® LAM

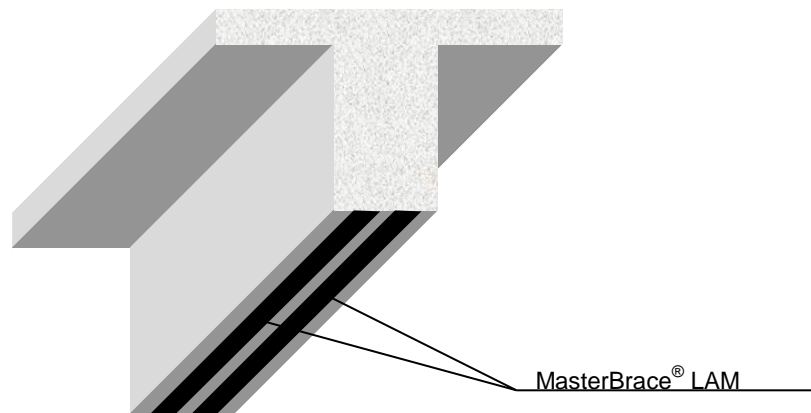
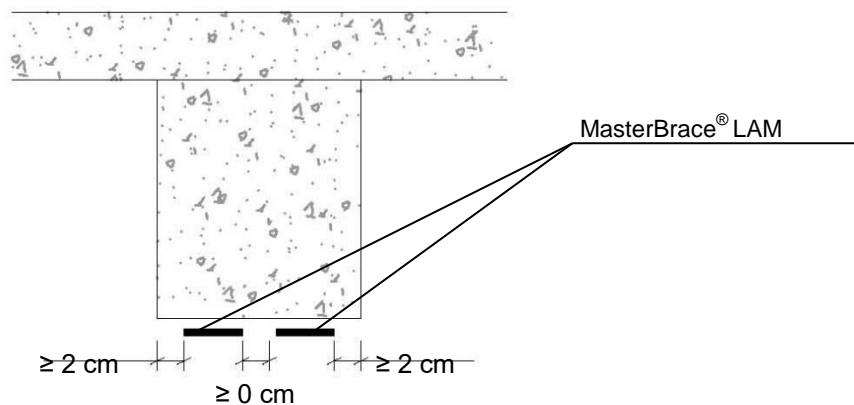


FIGURA 4. Refuerzo MasterBrace® LAM



SISTEMA MasterBrace® FIB – REFUERZO A CORTANTE

FIGURA 5. Refuerzo a cortante en vigas

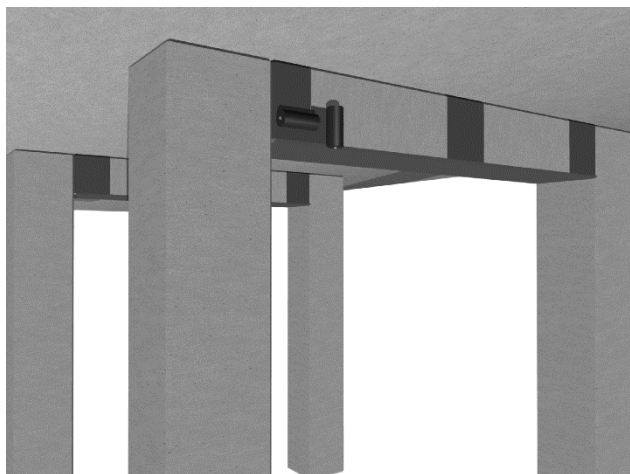


FIGURA 6. Refuerzo a cortante en muros

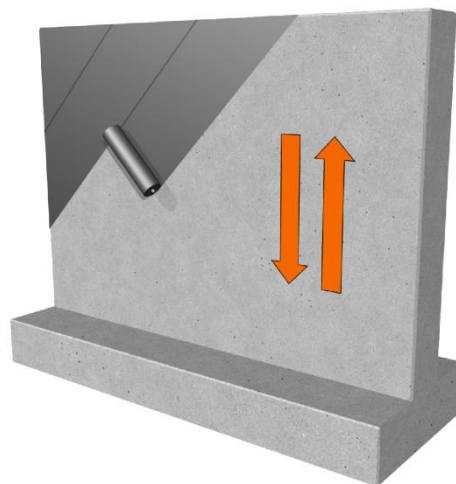


FIGURA 7. Refuerzo MasterBrace® FIB (a 90°)

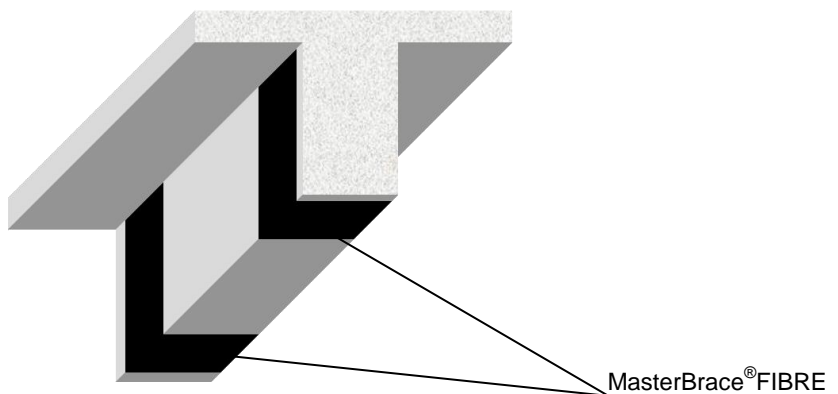


FIGURA 8. Refuerzo MasterBrace® FIB ($30 \leq \alpha \leq 60$)

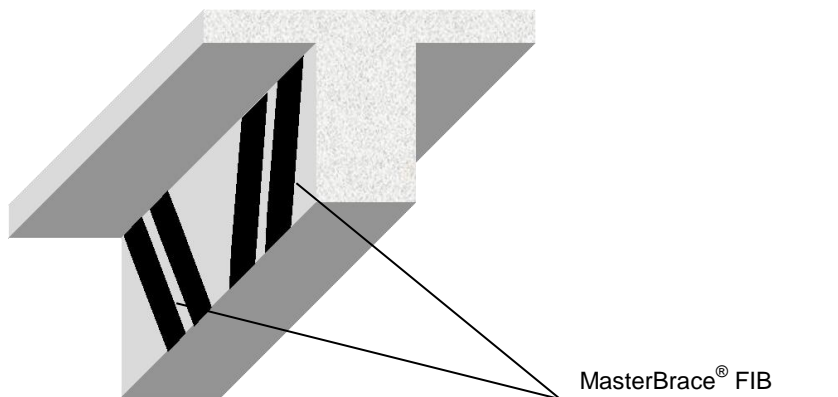


FIGURA 9. Refuerzo MasterBrace® FIB (colocado en “U”)

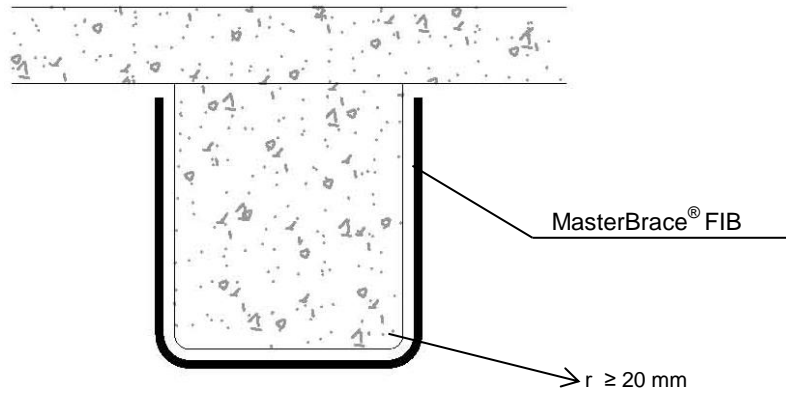


FIGURA 10. Refuerzo MasterBrace® FIB (refuerzo lateral)

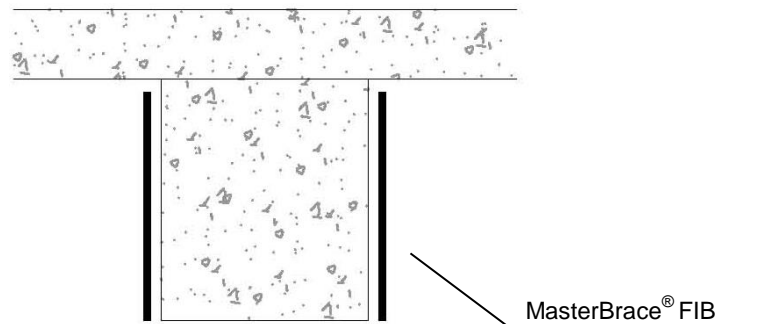


FIGURA 11. Refuerzo MasterBrace® FIB (zunchado completo)

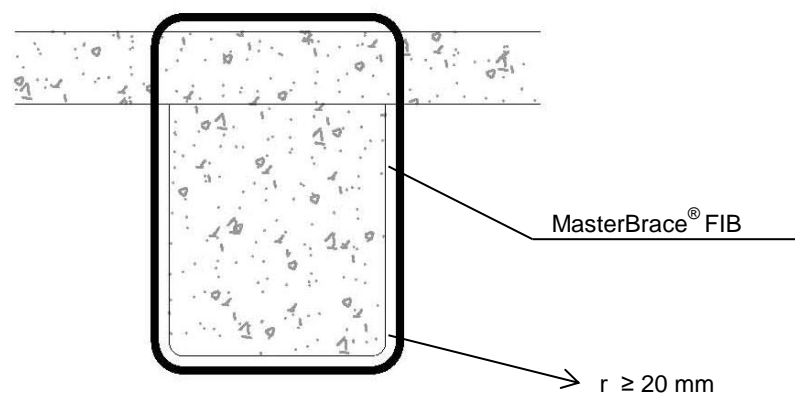


FIGURA 12. Refuerzo a confinamiento en pilares

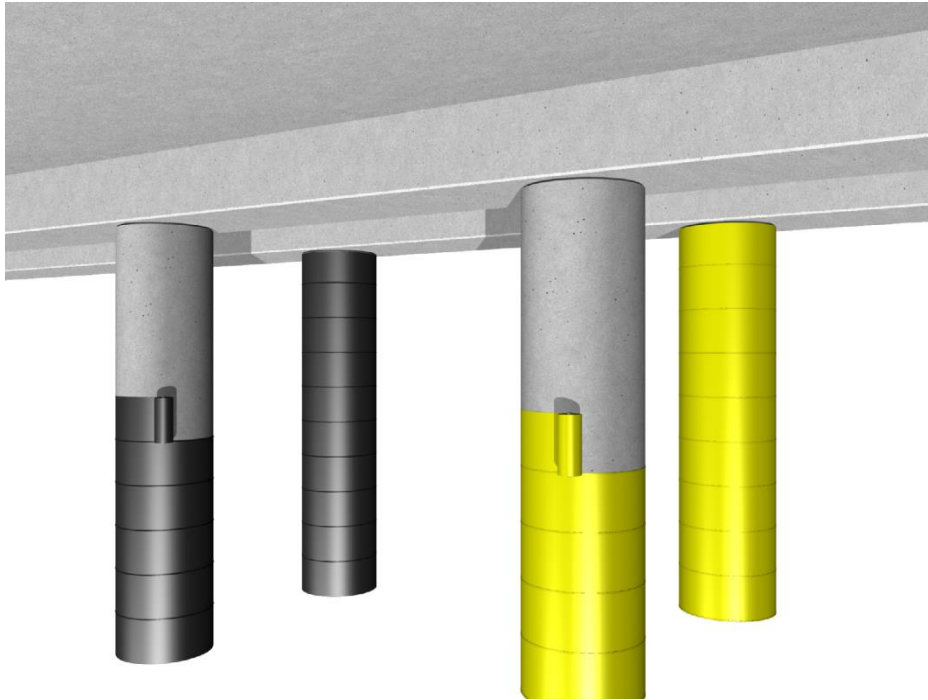


FIGURA 13. Refuerzo MasterBrace® FIB

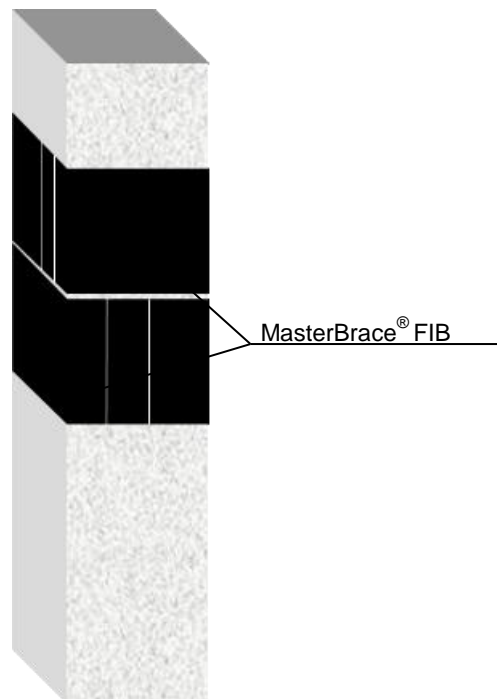


FIGURA 14. Refuerzo con MasterBrace® FIB Pilares Prismáticos

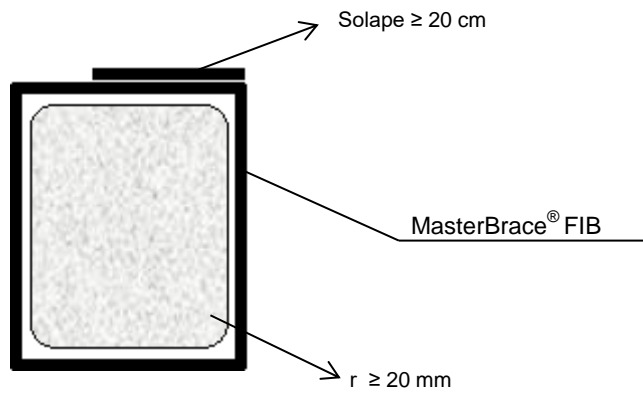
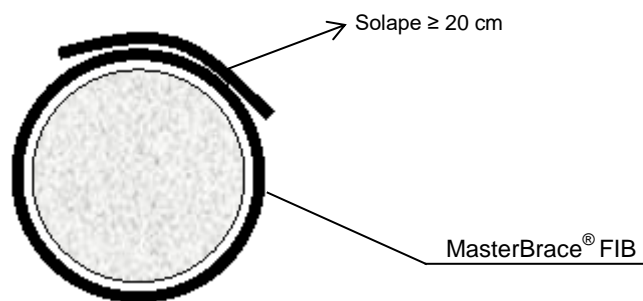
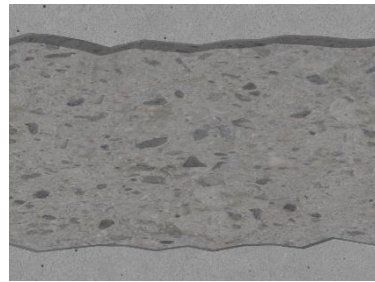


FIGURA 15. Refuerzo con MasterBrace® FIB Pilares Circulares



MasterBrace® LAM – PUESTA EN OBRA

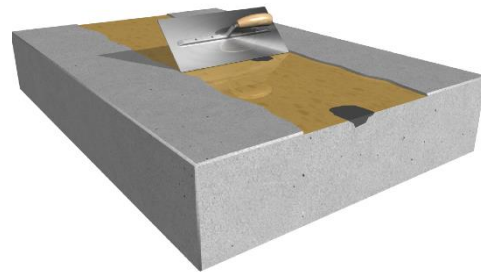
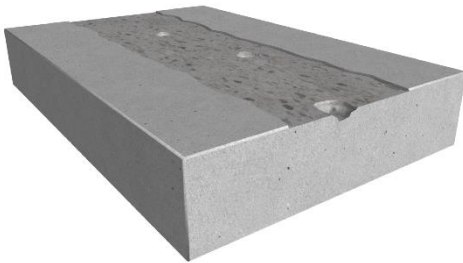
1. Preparación del Soporte



Soporte rugoso – poro abierto

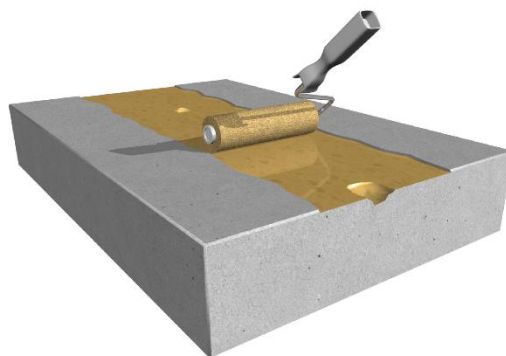


Limpieza del soporte

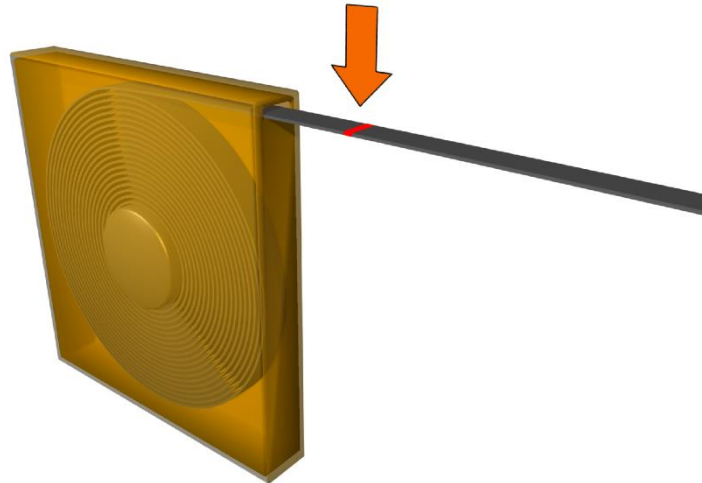


Regularización del soporte (aplicación de morteros gama MasterEmaco)

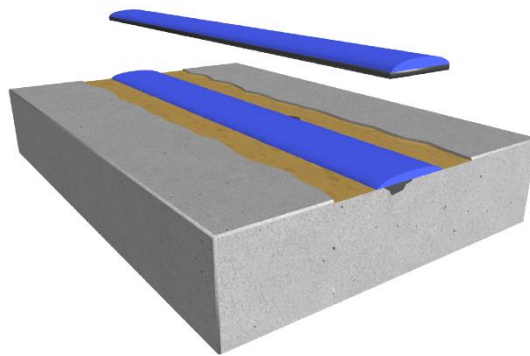
2. Imprimación del soporte con MasterBrace® P 3500



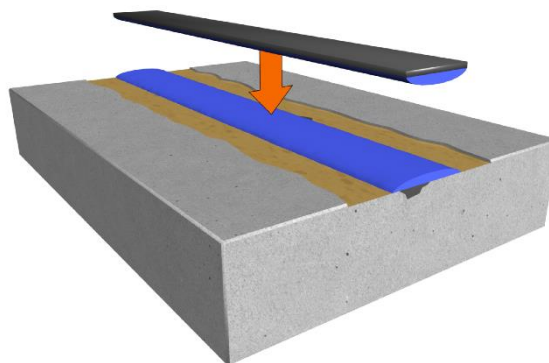
3. Medir y cortar el MasterBrace® LAM



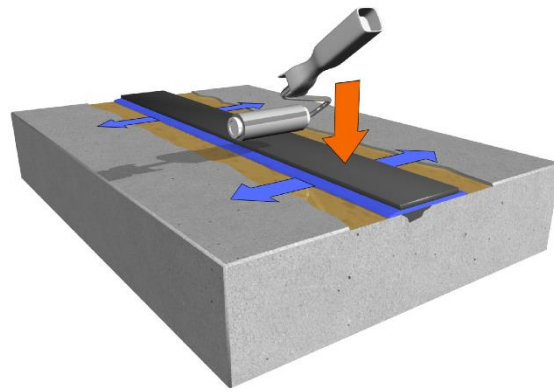
4. Aplicar MasterBrace® SAT 4500 tanto en el laminado como el soporte (espesor total ≤ 3 mm)



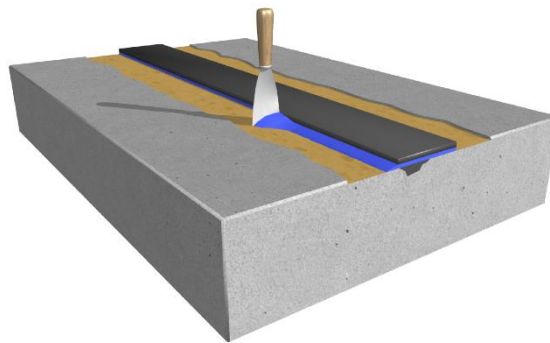
5. Adherir MasterBrace® LAM al soporte



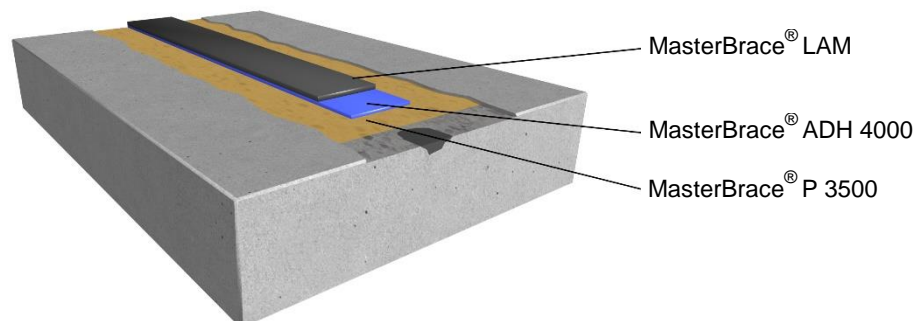
6. Extraer el aire ocluido mediante un rodillo de goma para asegurar una correcta adherencia



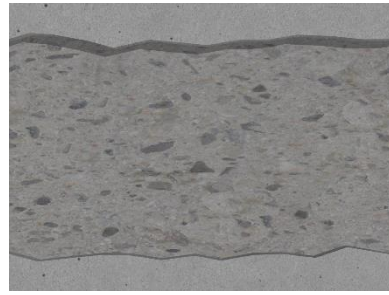
7. Limpiar con una espátula los excesos de adhesivo MasterBrace® SAT 4500



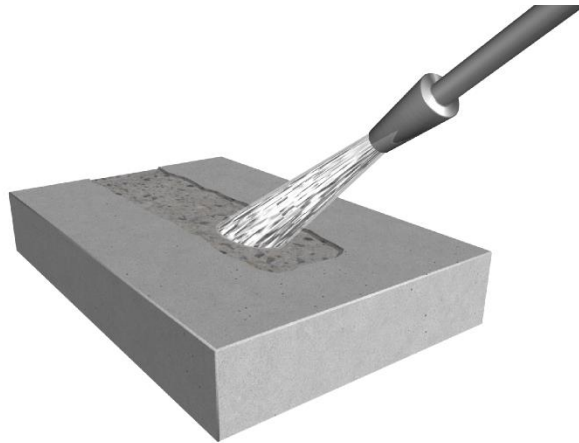
8. Configuración final Sistema MasterBrace® LAM



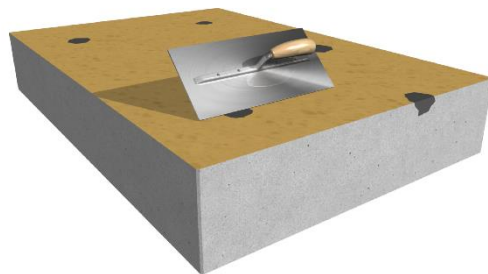
1. Preparación del Soporte



Soporte rugoso – poro abierto



Limpieza del soporte

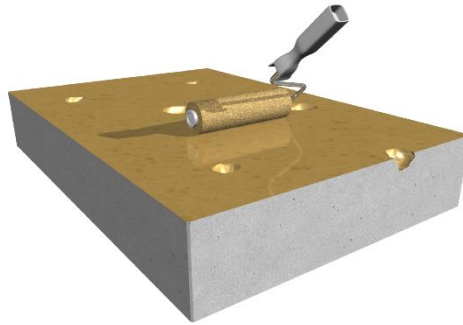


Regularización del soporte (aplicación de morteros tipo MasterEmaco)

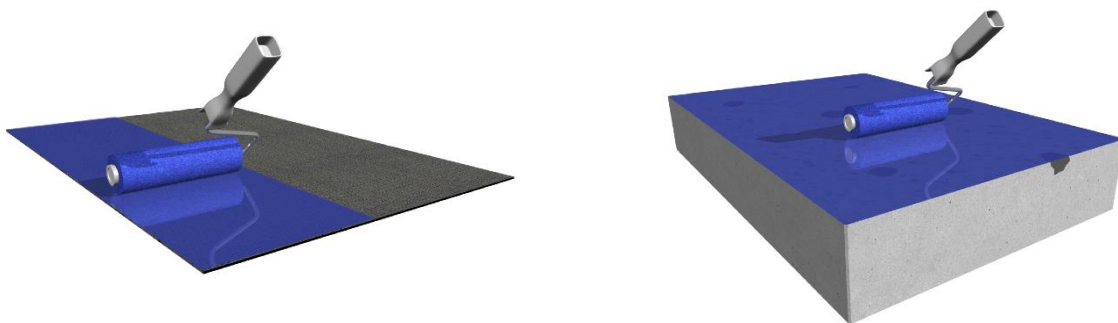


Redondeo de Aristas

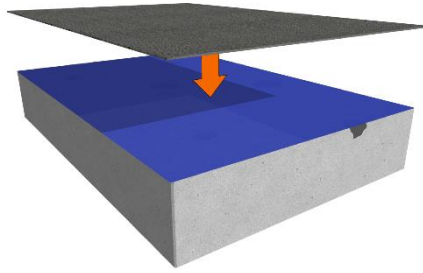
2. Imprimación del soporte con MasterBrace® P 3500



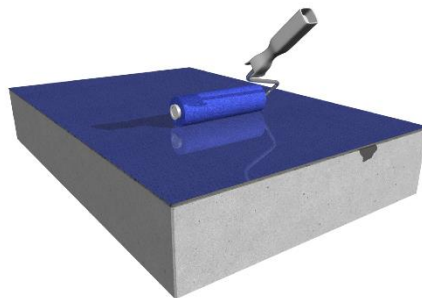
3. Impregnar soporte y MasterBrace® FIB con MasterBrace® SAT 4500



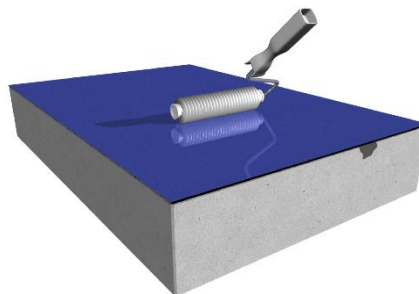
4. Colocar MasterBrace® FIB sobre el soporte saturado con MasterBrace® P 3500



5. Aplicar segunda capa de MasterBrace® SAT 4500 sobre MasterBrace® FIB



6. Empujar el aire hacia afuera mediante rodillo



7. Configuración final sistema MasterBrace® FIB

