



Molins[®]

CONSTRUCTION
SOLUTIONS

PLIEGO DE CONDICIONES

Sistema PROPAM[®] CARBOCOM

Abril 2025

Contenido y redacción: Miguel Ángel Quintana

Molins Construction Solutions
Ctra. N-340 Km, 1242,30 Pol. Ind. Les Fallulles, 08620 Sant Vicenç dels Horts, Barcelona
Tel. +34 93 680 60 40
www.molins.es/construction-solutions

ÍNDICE

pág 3	1. Quiénes somos
pág 5	2. Objeto del pliego
pág 6	3. Condiciones generales
	3.1 Campos de Aplicación
	3.2 Ventajas del sistema
	3.3 Limitaciones del sistema
pág 10	4. Materiales del Sistema PROPAM[®] CARBOCOM
	4.1 Fibra de Carbono
	4.1.1 Generalidades
	4.1.2 Tipos
	4.2 Resinas
	4.2.1 Generalidades
	4.2.2 Tipos
	4.3 Productos complementarios
pág 16	5. Criterios generales de diseño
	5.1 Estados límite
	5.2 Refuerzos a flexión
	5.3 Refuerzos a cortante
	5.4 Refuerzos a confinamiento
pág 19	6. Ejecución del sistema PROPAM[®] CARBOCOM
	6.1 Inspección y ensayos previos
	6.1.1 Inspección visual
	6.1.2 Planeidad
	6.1.3 Resistencia a tracción del soporte
	6.1.4 Resistencia del hormigón
	6.1.5 Contenido de humedad
	6.1.6 Temperatura del soporte
	6.2 Preparación del soporte
	6.3 Reparación de la estructura
	6.3.1 Saneado
	6.3.2 Pasivación de la armadura
	6.3.3 Puente de unión
	6.3.4 Aplicación del mortero de reparación
	6.3.5 Curado
	6.4 Condiciones atmosféricas
	6.5 Aplicación del sistema
	6.6 Tiempo de curado
	6.7 Seguridad y Salud
pág 27	7. Inspección y control de calidad
	7.1 Homologaciones
	7.2 Control de recepción de materiales y acopios
	7.3 Control sobre la ejecución
	7.3.1 Preparación de superficies
	7.3.2 Puesta en obra
	7.4 Control final de obra
	7.4.1 Inspección de adherencias
	7.4.2 Ensayo de adherencia

01 QUIÉNES SOMOS



Construction Solutions (antes Propamsa) somos el negocio de Molins que ofrece al mercado soluciones integrales para la construcción: sistemas de colocación cerámica, revestimientos de fachada y SATE, morteros especiales y resinas.

Contruimos el presente, impulsamos el futuro.

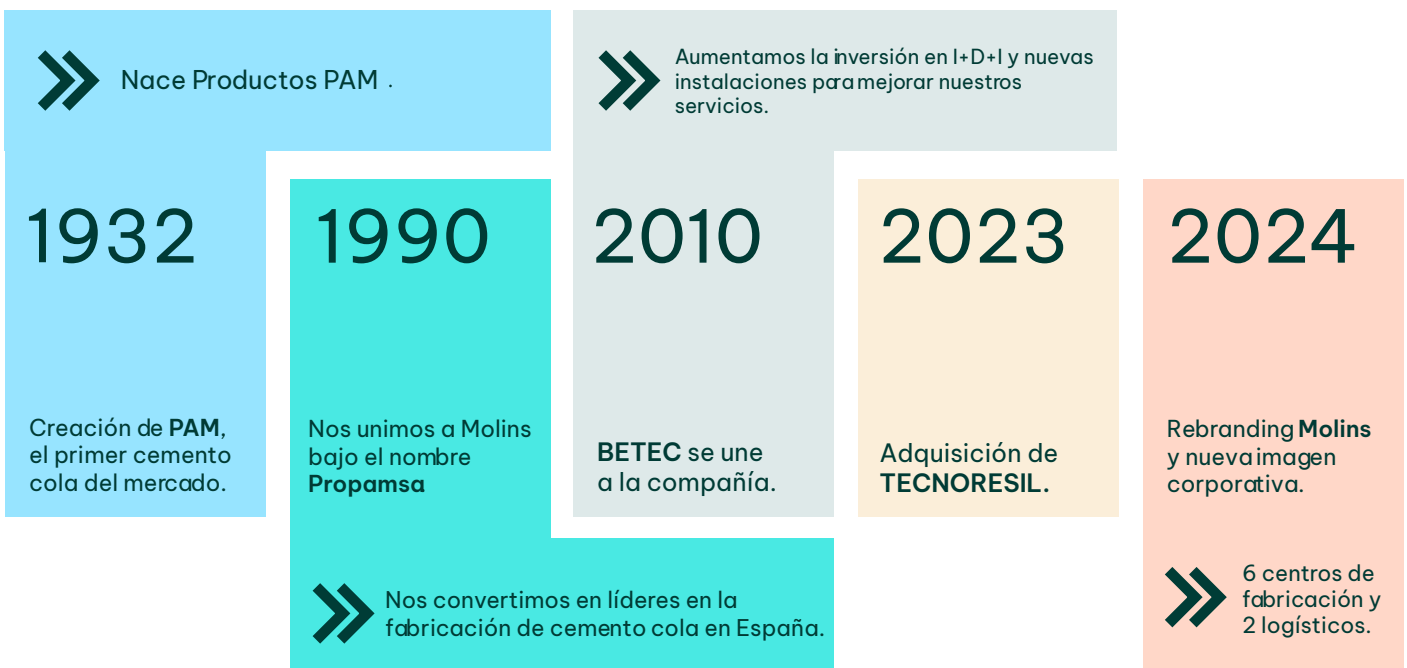
Nuestras soluciones engloban sistemas de colocación cerámica y juntas, revestimientos de cal, fachadas y SATE, morteros especiales y resinas para las siguientes aplicaciones: protección, reparación, inyección, refuerzo de estructuras, relleno y anclaje, impermeabilización, aislamiento y pavimentación.

Acompañamos a nuestros clientes en las distintas fases de los proyectos constructivos de cualquier tipología, ya sea obra civil, edificación o industria, y desde pequeñas reformas hasta grandes infraestructuras. Los acompañamos desde la prescripción hasta la ejecución y asesoramiento directamente en obra o en los más de 1.500 puntos de venta en los que estamos presentes.

Tras más de 90 años de historia y el lanzamiento del primer cemento cola al mercado bajo la marca PAM, mantenemos las fortalezas que nos han traído hasta aquí: la calidad de nuestros productos, la cercanía de nuestra red comercial con nuestros clientes, nuestra especialización y experiencia, así como nuestro compromiso con la innovación y las soluciones sostenibles.

En Molins estamos comprometidos con la innovación y la sostenibilidad para luchar contra el cambio climático y con un mismo propósito compartido: queremos impulsar el desarrollo social y la calidad de vida de las personas creando soluciones innovadoras y sostenibles para la construcción. En el 2024 hemos lanzado la gama de productos Susterra que nace para impulsar nuestros objetivos de sostenibilidad y los de nuestra cadena de valor.

Un negocio con más de 90 años de historia



02. OBJETO DEL PLIEGO

El objeto del presente Pliego de Prescripciones es fijar las condiciones sobre los materiales, fabricación, ejecución, y control a utilizar dentro del Sistema de Refuerzo de Estructuras de Hormigón, PROPAM® CARBOCOM, basado en el empleo de la fibra de carbono como elemento resistente.



03. CONDICIONES GENERALES

El sistema PROPAM® CARBOCOM consiste fundamentalmente, en la colocación externa al elemento estructural a reforzar, de una hoja flexible o de un laminado de fibra de carbono de alta resistencia y elevado módulo de elasticidad que se une al hormigón mediante una capa de un adhesivo epoxi de alta calidad. Se consigue con ello aumentar significativamente la resistencia, rigidez y durabilidad de la estructura con un refuerzo, que, además, mantiene la geometría y la sección original del elemento reforzado.

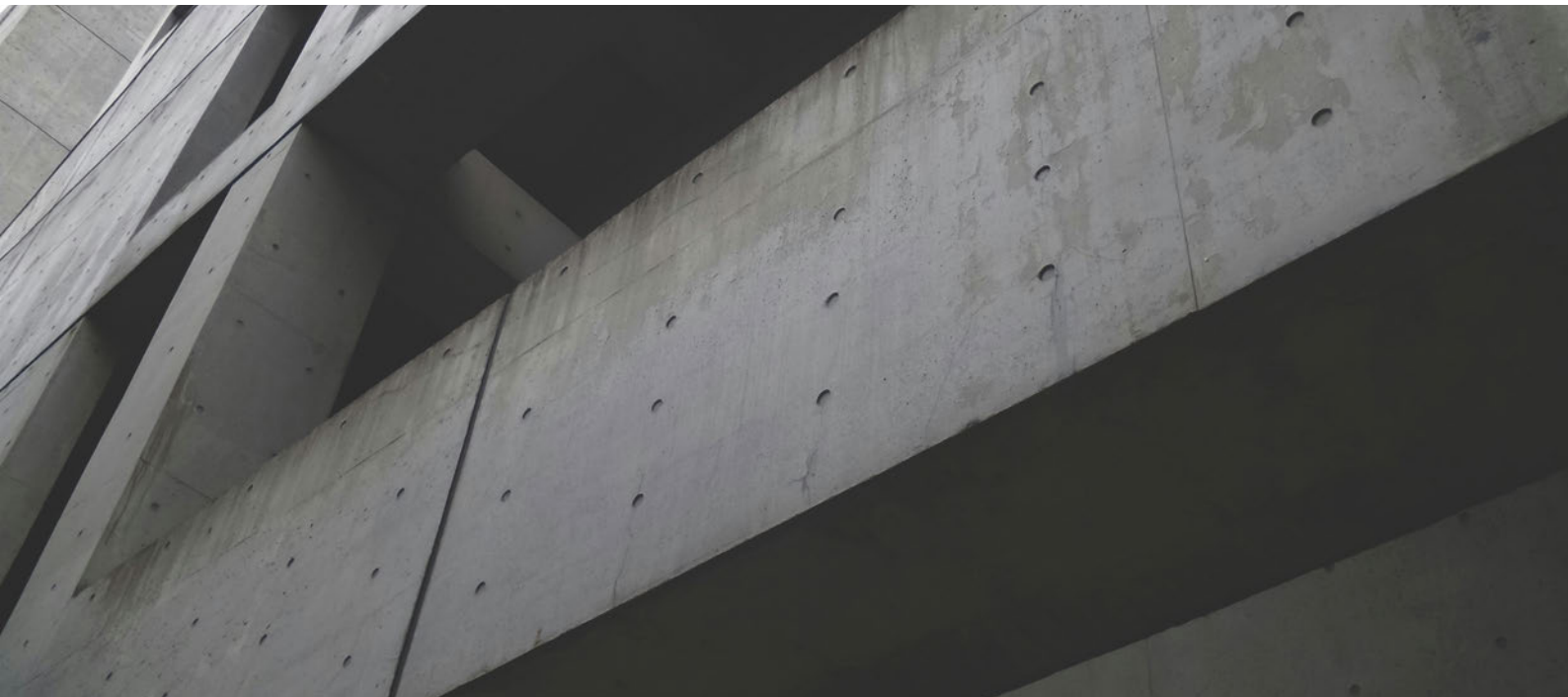
3.1. Campos de aplicación

Los sistemas PROPAM® CARBOCOM se aplican sobre estructuras de hormigón armado, fábrica de ladrillo, metal y madera. Se puede aplicar sobre elementos con formas irregulares y para gran cantidad de tipologías diferentes de refuerzo como en:

- **Trabajos de rehabilitación y restauraciones en general.**
- **Cambios de uso de una edificación.**
- **Adaptaciones a nuevas normativas, códigos y reglamentos.**
- **Defectos de proyecto, construcción y diseño.**

Para:

- Aplicaciones en vigas de puentes, aparcamientos, estructuras industriales, edificación, y obra civil.
- Aplicaciones en paredes de hormigón, ladrillo o mampostería, sobre muros de tanques, canales, estructuras industriales, muros de carga, refuerzo antisísmico, etc.
- Aplicaciones en columnas y pilares en refuerzos sísmicos, puentes, aparcamientos, edificación, etc.
- Aplicaciones en tuberías y túneles, silos, tanques, torres de refrigeración y chimeneas.
- Aplicaciones en losas, pavimentos de hormigón, tableros de puentes, balcones, etc.



3.2 Ventajas del sistema

Los sistemas de refuerzo PROPAM® CARBOCOM, presentan gran cantidad de ventajas entre las que cabe destacar principalmente:

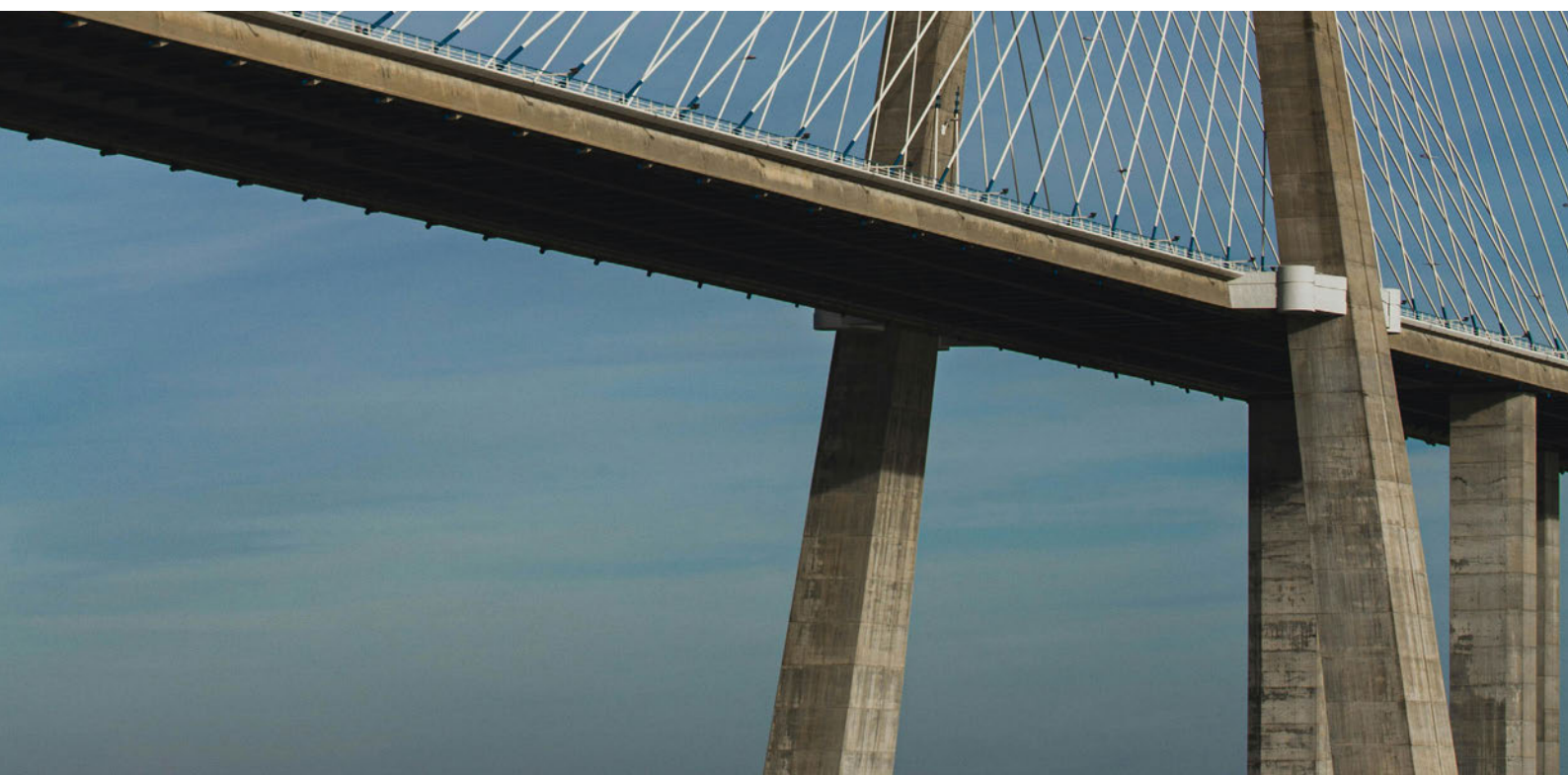
Ventajas de aplicación

Gran ligereza	Carga muerta adicional despreciable, los incrementos pueden medirse en “gramos”.
Aplicación rápida y económica	Grandes ahorros en costos, drástica reducción de mano de obra, y medios auxiliares frente a los sistemas tradicionales.
Alta durabilidad	No presenta problemas de corrosión, sin mantenimiento.
Versátil	Se adapta perfectamente a las diferentes formas y secciones de la estructura permitiendo mantener la forma y arquitectura original.
Acabado decorativo fácil	Con un ligero revestimiento el refuerzo queda perfectamente integrado y no visible.
Calidad en obra	Aplicación llevada a cabo por empresas homologadas especializadas.

Ventajas técnicas y estructurales

Tecnología comprobada	Gran experiencia y fabricación bajo los más estrictos controles de calidad.
Alta resistencia mecánica	La fibra de carbono proporciona 10 veces más resistencia a tensión que el acero.
Alta resistencia química	ya que protege la estructura con resinas de base epoxídica.
Bajo coeficiente de dilatación térmica	aproximadamente 50 veces menos que el acero.
Resistencia a flexión	Aumenta la resistencia a flexión, cortante y confinamiento.
Resistencia a impacto	Aumenta la resistencia ante explosiones e impactos.
Resistencia estructural	Mejora la resistencia y ductilidad de la estructura frente al sismo.

<p>Resistencia a la fatiga</p>	<p>Los materiales compuestos a base de fibra de carbono presentan una elevada resistencia a la fatiga. En multitud de ensayos no se produjo ningún fallo por fatiga y en los ensayos posteriores a tracción no hubo reducción alguna de la resistencia a tracción. Además, si el refuerzo se realiza con laminados de fibra de carbono, la tensión máxima esperada en servicio no superará habitualmente el 20% de la resistencia a corto plazo, por lo que la fatiga del laminado no será condicionante.</p>
<p>Fluencia</p>	<p>La fluencia expresa el comportamiento visco-elástico del material. En el caso de materiales compuestos, es posible distinguir entre fluencia debida al esfuerzo axial en las láminas y fluencia interlaminar. En los casos habituales de refuerzo con fibra de carbono ambos tipos de fluencia son muy pequeñas bajo las cargas permanentes que tienen lugar. Las fibras de carbono, por sí solas, no presentan fluencia notable o pérdida de tensión como resultado de la relajación, bajo los niveles de carga mantenida predominantes en estado de servicio. En contraste, la matriz de resina epoxi es un material visco-elástico aunque se puede considerar que la matriz de resina utilizada es elástico-lineal hasta un valor de la deformación por tracción del 20% (valor que está muy por encima de los valores que se van a presentar en la práctica). Todo esto justifica que se pueda considerar que no exista fluencia significativa en los laminados de fibra de carbono pegados mediante resina epoxi utilizados habitualmente como refuerzo de estructuras.</p>
<p>Durabilidad</p>	<p>Los laminados de fibra de carbono tienen una muy buena resistencia a los ataques químicos de relevancia en las aplicaciones constructivas. Por otro lado, son numerosos los ensayos de envejecimiento acelerado realizados sobre compuestos de fibra de carbono, obteniendo muy buenos resultados, sobre todo considerando la vida útil media de las estructuras en construcción.</p>



3.3 Limitaciones del sistema

Las principales desventajas de estos sistemas están relacionadas con su exposición a agentes externos como pueden ser actos vandálicos, impactos, fuego o la acción de los rayos UV.

Se recomienda, siempre que la estructura reforzada vaya a quedar vista y/o al alcance del usuario final, su protección mediante la aplicación de una capa de acabado con morteros cementosos o resinas epoxi a fin de esconder el refuerzo y protegerlo ante la acción de posibles impactos, roces, golpes o actos vandálicos.

También es precisa, la protección de los refuerzos cuando estos puedan quedar expuestos a la acción directa de los rayos ultravioleta. Para ello se recubrirá el refuerzo con resina epoxi espolvoreada con arena y una protección de mortero o una pintura anticarbonatación o a base de poliuretano alifático.

Por otro lado, la respuesta al fuego o a altas temperaturas está limitada por la baja resistencia de los adhesivos epoxi empleados, al igual que ocurre en el caso de refuerzos adheridos metálicos.

En este sentido, parece preciso garantizar en todo caso, la estabilidad de la estructura aún en el caso de la pérdida completa del refuerzo por un impacto o la acción del fuego.

En general, para refuerzos adheridos, no se debe admitir un coeficiente de seguridad en caso accidental (para cargas sin mayorar y materiales sin minorar) inferior a 1. Es decir, se ha de garantizar, que sin la presencia del refuerzo (o ante un eventual fallo de éste) la estructura, con las cargas existentes, no pueda colapsar.

04. MATERIALES DEL SISTEMA PROPAM[®] CARBOCOM

4.1. Fibra de carbono

4.1.1 Generalidades

► **Resistencia química**

La fibra de carbono presenta un muy buen comportamiento al ataque químico.

► **Exposición rayos ultravioletas**

La fibra de carbono no se ve afectada por la luz ultravioleta. En cualquier caso, la exposición directa al sol de las resinas epoxi si puede afectar a su rigidez y pérdida de elasticidad. En estos casos se recurre a la aplicación de un revestimiento pintura de protección. (preferenteme en base poliuretano alifático de color claro).

► **Conductividad eléctrica**

La fibra de carbono, dada su conductividad, precisa estar aislada de elementos metálicos.

► **Coefficiente de dilatación térmica**

La fibra de carbono, presenta unos valores típicos muy bajos entre $0.7 - 0.85 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

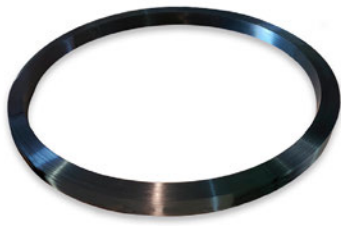
4.1.2 Tipos de fibra

El **Sistema PROPAM[®] CARBOCOM**, está formado por una base de fibras de elevadas prestaciones mecánicas embebidas en una matriz polimérica de propiedades conocidas. El comportamiento resistente del compuesto viene determinado por la calidad, cuantía, orientación y distribución de las fibras en la sección.

Las resinas empleadas transmiten las cargas de fibra a fibra (evitando la rotura interlaminar), y de éstas al soporte de hormigón, al plantear un refuerzo adherido.

La fibra constituye el esqueleto resistente, y aporta la tensión resistente al material adherido: prefabricado (**PROPAM[®] CARBOCOM P**) o ejecutado in-situ (**PROPAM[®] CARBOCOM F**).

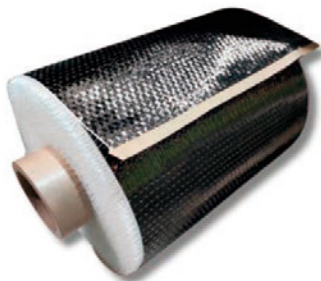
PROPAM[®] CARBOCOM P son laminados de fibra de carbono unidireccionales disponibles en diferentes anchos y espesores.



DATOS TÉCNICOS	
Composición	Fibras de carbono unidireccionales en matriz de resina epoxi
Color	Negro
Espesor	1,2 mm / 1,4 mm
Contenido de fibras	> 68% en volumen
Densidad	1,6 g/cm ³
Resistencia a tracción	> 2500 N/mm ²
Módulo de Elasticidad	> 170.000 N/mm ²
Alargamiento a rotura	> 1,6%
Anchos disponibles	50 - 80 - 100 y 120 mm
Longitud del rollo	múltiplos de 10 m

El adhesivo para la colocación de **PROPAM® CARBOCOM P** es **PROPAM® CARBOCOM EPO P**. Adhesivo bicomponente a base de resina epoxi y cargas seleccionadas, libre de disolventes y tixotrópico, para la colocación de laminados de fibra de carbono **PROPAM® CARBOCOM P**.

PROPAM® CARBOCOM F Tejido de fibra de carbono unidireccional disponible en ancho de 300 mm y diferentes gramajes



DATOS TÉCNICOS		
Tipo	PROPAM CARBOCOM F 225	PROPAM CARBOCOM F 300
Composición	Fibras de carbono unidireccionales entrelazadas por un hilo de fibra de vidrio.	
Color	Negro	
Peso	225 g/m ²	300 g/m ²
Espesor efectivo	0,13 mm	0,17 mm
Densidad	1,8 g/cm ³	
Resistencia a tracción	4.000 N/mm ²	
Módulo de Elasticidad	230.000 N/mm ²	
Alargamiento a rotura	1,60%	
Ancho	± 300 mm	
Longitud del rollo	múltiplos de 10 m	

El adhesivo para la colocación de **PROPAM® CARBOCOM F** es **PROPAM® CARBOCOM EPO F**. Adhesivo bicomponente líquido a base de resina epoxi libre de disolventes, para la colocación de tejido de fibra de carbono **PROPAM® CARBOCOM F**.

4.2. Caracterización de los adhesivos

4.2.1 Generalidades

La función del adhesivo es formar y conformar el material compuesto, transmitiendo los esfuerzos rasantes movilizados entre el soporte a reforzar y el esqueleto de fibras de carbono resistentes.

Para asegurar la adherencia han de estar perfectamente definidos: materiales a adherir, relación y requisitos de mezcla, forma de aplicación, temperaturas de ambiente y soporte, humedad de curado, preparación de superficies, coeficientes de expansión térmica, fluencia, abrasión, resistencia química y viscosidad.

Los adhesivos estructurales empleados en estos sistemas son siempre de base epoxi bicomponente, 100% sólidos (sin disolventes). Según su uso, requieren adición de fillers, fluidificantes, tixotropantes, promotores de adherencia, aditivos y pigmentos, entre otros.

Los adhesivos deberán tener la viscosidad y tixotropía adecuada al uso y modo de aplicación del refuerzo, bajo las condiciones atmosféricas de la aplicación.

Se considerarán siempre los siguientes aspectos ligados a los adhesivos epoxi:

- ▶ **Pot life (vida de la mezcla)**
Tiempo máximo de vida de la mezcla de los dos componentes en el envase de mezclado. Depende de la temperatura ambiente, cantidad de producto mezclado y tipo de resina.
- ▶ **Tiempo abierto**
Tiempo máximo tras la aplicación del adhesivo sobre las superficies a unir, para adherirlas. Depende de la temperatura ambiente y tipo de resina.
- ▶ **Temperatura de transición vítrea**
Temperatura de pérdida de propiedades: comportamiento vítreo a plástico sin prestaciones mecánicas. Esta temperatura es diferente para distintos polímeros y formulación. Inversamente ligado a la elasticidad del polímero.

4.2.2 Tipos de resinas

Los sistemas **PROPAM[®] CARBOCOM**, emplean principalmente las siguientes resinas cuyas características y modo de empleo pueden encontrarse en sus correspondientes fichas técnicas:

- ▶ **PROPAM[®] REPAR EPO 93**
Resina epoxi de baja viscosidad sin disolventes para su empleo como agente imprimante sobre superficies de hormigón.
- ▶ **PROPAM[®] CARBOCOM EPO P**
Adhesivo bicomponente a base de resina epoxi y cargas seleccionadas, libre de disolventes y tixotrópico, para la colocación de laminados de fibra de carbono PROPAM[®] CARBOCOM P.
- ▶ **PROPAM[®] CARBOCOM EPO F**
Adhesivo bicomponente a base de resina epoxi líquida libre de disolventes, para la colocación de tejido de fibra de carbono PROPAM[®] CARBOCOM F.

Todas las resinas del sistema PROPAM® CARBOCOM, cuentan con marcado CE bajo norma UNE EN-1504-4.

Las principales características técnicas de la resina son las detalladas a continuación:



PROPAM® REPAR EPO 93	
Base del producto	Resina epoxi sin disolventes
Densidad	1,05 kg/dm ³
Pot-life	50 min (20°C)
Adherencia sobre hormigón	> 4 N/mm ²
Adherencia sobre acero	> 15 N/mm ²
Endurecimiento total	7 días (23°C)
Resistencia a compresión	≥ 45 N/mm ²



PROPAM® CARBOCOM EPO P	
Base del producto	Resina epoxi sin disolventes
Densidad	1,70 kg/dm ³
Pot-life	60 min (20°C)
Adherencia sobre hormigón	> 4 N/mm ²
Adherencia sobre acero	> 12 N/mm ²
Endurecimiento total	7 días (20°C)
Resistencia a compresión	≥ 60 N/mm ²



PROPAM® CARBOCOM EPO F	
Base del producto	Resina epoxi sin disolventes
Densidad	1,1 kg/dm ³
Pot-life	40 min (20°C)
Adherencia sobre hormigón	> 4 N/mm ²
Adherencia sobre acero	> 18 N/mm ²
Endurecimiento total	7 días (23°C)
Resistencia a compresión	≥ 43 N/mm ²

4.3 Productos complementarios

En el caso de ser necesaria una reparación previa del soporte, **Molins Construction Solutions** 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.

El Sistema también dispone de productos que pueden complementar el sistema aumentando las transferencias de cargas o mejorando el anclaje a la estructura.

PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR Sistema de anclaje de fibra de carbono diseñado para ser aplicado en obra con las resinas PROPAM® CARBOCOM EPO P y PROPAM® CARBOCOM EPO F y crear de ese modo una conexión estructural.

Estos anclajes no se tienen en cuenta a efectos de cálculo del refuerzo. El componente **PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR** consiste en una varilla de fibras de carbono de 350 mm de longitud total, conformada en un extremo en un cilindro rugoso en los posibles diámetros de 6-8-10 mm de diámetro y 130-140 mm de longitud, para facilitar su instalación en obra. El otro extremo está formado por filamentos de fibra de carbono libres y flexibles (210-220 mm). El tramo intermedio queda semi-impregnado con una longitud aproximada de 50 mm.

Sus características principales se muestran a continuación:

Características	Parte conformada	Parte flexible
Módulo Elástico (GPa)	>155	>230
Resistencia a tracción (MPa)	>2800	>4000
Contenido en fibra (%)	65	100
Densidad (g/cm ³)	1,6 - 1,65	1,8
Enlongación a rotura (%)	>1,7	>2

Se utiliza como anclaje mecánico y conexión estructural, aumentando la transferencia de cargas entre los sistemas **PROPAM® CARBOCOM** y el hormigón a reforzar. Especialmente indicado en la ejecución de refuerzos a cortante con tejidos de fibra de carbono **PROPAM® CARBOCOM F**.



PROPAM® REPAR PRIM

Se trata de una imprimación activa que no sólo reinstaura un ambiente de elevado pH, sino que también contiene aditivos inhibidores de la corrosión para la protección del acero de las armaduras. Una vez mezclado con agua puede aplicarse con una brocha sobre el armado limpio. Cumple los requisitos de la UNE-EN 1504-7(5).



GAMA PROPAM® REPAR o PROPAM® REPAR TECHNO

Se trata de una gama de morteros de reparación, monocomponentes, tixotrópicos o fluidos, sulfuresistentes, de alta adherencia, sin retracción, con altas resistencias mecánicas y reforzados con fibras. Cumplen con los requerimientos de la norma europea UNE-EN 1504-3(6), para los morteros de reparación estructural de clase R3 o R4.



PROPAM® INJECT 100 EPO

Se trata de una 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(7).



PROPAM® REPAR EPO 920

Se trata de un mortero epoxi tixotrópico de dos componentes para reparaciones en superficies verticales y horizontales. Cumple con los requerimientos de la norma europea UNE-EN 1504-4(8).



PROPAM® CARBOPAINT y PROPAM® CARBOPAINT FLEX

Recubrimiento anticarbonatación elástico a base de acrilatos para la protección de estructuras de hormigón.



05. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

El refuerzo de estructuras mediante materiales compuestos (CFRP) **PROPAM[®] CARBOCOM**, es de aplicación sobre diferentes tipologías y naturalezas de soportes. Se definirán por su importancia, a continuación, los criterios de diseño y respuesta estructural, ligados al hormigón armado.

Es preciso considerar la interacción del elemento de hormigón armado y el material de refuerzo adherido. El refuerzo se debe realizar con los materiales adecuados, debidamente diseñado, detallado y realizado. La existencia de patologías puede requerir la reparación del elemento previamente al refuerzo, con objeto de evitar roturas no previstas.

Los productos y sistemas para emplear deben cumplir los requisitos mínimos exigidos, comportamiento resistente, durabilidad, reológico, etc., descritos en las normas de obligado cumplimiento (UNE-EN 1504) así como en las guías y recomendaciones de organismos particulares (FIB Bulletin 90). La validez y aceptación del refuerzo incluye el control de calidad, la inspección y control de ejecución del refuerzo.

El diseño del refuerzo debe considerar la totalidad de situaciones y combinación de cargas posibles, verificándose todos los estados límites posibles, a partir del refuerzo de una sección existente. La sección mixta resultante proporcionará una nueva capacidad resistente, que habrá de soportar los rasantes generados y los eventuales modos de fallos por despegue.

La caracterización de la sección existente será el punto de partida del diseño del refuerzo, debiéndose determinar la geometría, armado y calidad de los materiales, bien "in situ" o a partir de ensayos o documentación existente.

5.1 Estados límite

El procedimiento de diseño se basa en el cumplimiento de los posibles estados límites de servicio y últimos. Las situaciones de diseño incluyen el uso habitual de la estructura, la situación accidental de producirse una eventual respuesta resistente del elemento y, situaciones excepcionales provocadas por elevadas temperaturas (rasantes movilizadas por gradientes térmicos diferenciales), vibraciones, ambientes químicamente agresivos.

El estudio del comportamiento de la estructura bajo "**Estado Límite de Servicio**", (ELS), busca verificar los estados tensionales en los materiales de la sección (acero sin plastificar y, hormigón y materiales compuestos sin problemas de fluencia); las deformaciones y flechas máximas en la estructura, así como la posible fisuración del elemento que puede provocar caídas de respuesta resistente por pérdida de adherencia y disminución de durabilidad al elemento.

El estudio del comportamiento de la estructura bajo "**Estado Límite Último**", (ELU), evalúa la respuesta de la estructura, considerando todos los posibles modos de rotura. Los modos de rotura se pueden producir por plena contribución del refuerzo hasta fallo, o rotura previa ocasionada por súbita pérdida de colaboración por despegue del refuerzo.

Los criterios y métodos de cálculo aplicables al sistema **PROPAM[®] CARBOCOM**, son los contemplados bajo los criterios del FIB Bulletin 90 "**Externally Bonded FRP Reinforcement for RC structures**".

5.2 Refuerzos a flexión

Los sistemas PROPAM® CARBOCOM se aplican principalmente para refuerzos a flexión de vigas y losas, adhiriéndose externamente al elemento en la zona de momentos positivos y negativos para contribuir a su resistencia a flexión, bajo unas consideraciones teóricas muy similares al caso de una sección de hormigón estructural. La principal diferencia es la aparición de un nuevo elemento resistente siempre colocado en la zona de tracción.

Su dimensionamiento se basa en la sección transversal y en los parámetros resistentes del material compuesto (fibra más matriz). Además, es necesario conocer las leyes de esfuerzos que debe soportar la estructura y las resistencias de los materiales que intervienen (hormigón y acero).

Para los laminados se utilizan las reglas de cálculo análogas a las de refuerzo con platabandas de acero. La adherencia de los laminados utilizados como refuerzos en la zona de tensiones de tracción de un elemento estructural sometido a flexión se consigue mediante el adhesivo epoxi. Se obtiene entonces una estructura de hormigón reforzada con un material elasto-plástico (armadura pasiva de acero) y con un material elástico perfecto (laminado).

Se ha de considerar también, el análisis del elemento bajo Estado Límite de Servicio. El aumento significativo de la capacidad de carga máxima de una sección, dado por el refuerzo, no implica aumentos sustanciales en rigidez. Por ello, cuando aumenta la demanda en un elemento a flexión, es importante determinar los efectos que dicho aumento tendrá en las deflexiones y en los esfuerzos de las cargas de servicio. Por todo ello, se debe comprobar en servicio que las flechas y los esfuerzos de trabajo están dentro de los límites admisibles.

5.3 Refuerzo a cortante

Habitualmente, cuando se realiza un refuerzo a flexión con laminados **PROPAM® CARBOCOM P** es necesario aumentar también la resistencia frente a esfuerzos cortantes. Esto se puede realizar mediante la aplicación de **PROPAM® CARBOCOM F**.

El esfuerzo cortante cuando existe refuerzo con fibras se distribuye proporcionalmente entre los cercos de armadura transversal y los tejidos de fibra de carbono del sistema **PROPAM® CARBOCOM F**. El refuerzo se basa en el cosido, disponiendo la orientación de la fibra en paralelo a la dirección principal a coser. La mayoría de los modelos de diseño propuestos a cortante se basan, idénticamente al estribo de acero, en una analogía de cosido de los tirantes traccionados en el alma de la viga.

A diferencia del estribo interno, la tensión asumible en la fibra depende de la capacidad de ésta de entrar en carga por adhesión externa. De este modo, la eficiencia del refuerzo dependerá principalmente de la longitud de anclaje disponible, es decir del canto libre, de la calidad y resistencia del hormigón del soporte y del tipo y módulo elástico del material de refuerzo.

El método más eficaz de aplicar el refuerzo a cortante es envolver toda la sección transversal de la viga con fibra. Esta disposición del refuerzo, si bien es la más efectiva, ya que proporciona un efecto similar al aportado por los estribos de acero, no es práctica desde el punto de vista constructivo, ya que frecuentemente, la presencia de losas o forjados impiden poder envolver con el tejido la parte superior de la sección. Una opción podría ser la de perforar agujeros en la losa y envolver tiras o bandas de fibra alrededor de la sección, pero este método es frecuentemente demasiado complicado y costoso.

Un método alternativo, aunque no tan eficaz, consiste en envolver los lados y la parte inferior de la sección. Esta disposición, en forma de “U” es práctica para aumentar la resistencia al esfuerzo cortante de la sección, aunque su eficacia es alta únicamente en las regiones de momentos positivos. En las regiones de momentos negativos, el agrietamiento por cortante se inicia desde la parte superior de la sección cerca de la losa, donde es posible que este refuerzo no pueda controlar la iniciación de estas

grietas. Una vez éstas se abran, existe la posibilidad de que se propaguen a través de la sección sin que las fibras ejerzan efecto de refuerzo alguno.

Se puede, además, anclar este refuerzo en “U” mediante conectores de fibra de carbono **PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR**. Se trata de varillas de fibras de carbono, con una parte conformada que se introduce en perforaciones realizadas en la viga, y el otro extremo, que está compuesto por filamentos de fibra libres y flexibles, que se extienden y adhieren en el tejido.

En el caso de que la viga esté reforzada también a flexión mediante laminados **PROPAM® CARBOCOM P** los tejidos se colocan encima del laminado ya que de esta manera colaboran también a un buen anclaje de este.

Gracias a la aportación a cortante del hormigón en masa, que se opone a las fisuras oblicuas, es preciso limitar la contribución de la fibra hasta el límite en que se pierde este agregado. Esta limitación impuesta a la fibra supone no sobrepasar valores en elongación última del 4 %.

Con objeto de evitar roturas puntuales es preciso redondear las aristas a un radio mínimo de 3 cm, a fin de eliminar la posible formación de un punto débil.

Los criterios y métodos de cálculo aplicables al sistema **PROPAM® CARBOCOM**, son los contemplados bajo los criterios del FIB Bulletin 90 “**Externarnally Bonded FRP Reinforcement for RC structures**”.

5.4 Refuerzo a confinamiento

La ejecución de refuerzos de estructuras aprovechando el efecto del confinamiento es de aplicación principalmente para el refuerzo de pilares, silos y depósitos.

La fibra de carbono tiene muy alta resistencia a tracción, pero nula capacidad de absorber compresiones, debido a su elevadísima esbeltez. Por ello no se utilizan fibras colocadas en la misma dirección de las compresiones, ni en las caras comprimidas de vigas a flexión ni en pilares.

Sin embargo, es posible ejecutar un zunchado transversal del elemento mediante el empleo de tejido de fibra de carbono **PROPAM® CARBOCOM F** en dirección perpendicular al esfuerzo de compresión.

El zunchado transversal del elemento consigue minimizar la deformación transversal por efecto Poisson del hormigón, lo que se mejora la resistencia del hormigón y en consecuencia la capacidad de carga del elemento comprimido.

El confinamiento de elementos comprimidos aumenta la resistencia a compresión y la deformación de rotura del hormigón confinado, llevando a la estructura a un estado tensional multiaxial de compresión, debido al impedimento de la deformación del hormigón en el plano perpendicular a la carga.

Como el aumento de esta capacidad de carga es proporcional al aumento de compresión transversal, es necesaria una baja ductilidad de los elementos de confinamiento.

Resultan por lo tanto muy adecuados para esta aplicación los materiales compuestos reforzados con fibras de carbono, los cuales ofrecen un alto módulo de elasticidad y un comportamiento elástico del material hasta rotura.

Los criterios y métodos de cálculo aplicables al sistema **PROPAM® CARBOCOM F**, son los contemplados bajo los criterios del FIB Bulletin 90 “**Externarnally Bonded FRP Reinforcement for RC structures**”.

06. EJECUCIÓN DEL SISTEMA PROPAM® CARBOCOM P

6.1. Inspección y ensayos previos

Previo al comienzo de los trabajos, es preciso realizar una detallada inspección de la estructura a reforzar, por parte del personal de obra, dirección facultativa, empresa aplicadora o personal cualificado de **Molins Construction Solutions**, a fin de determinar la idoneidad del estado de la superficie sobre la que se aplicará el refuerzo. Se evaluarán, al menos los siguientes aspectos:

6.1.1 Inspección visual

Se controlará el aspecto general de la estructura a fin de marcar posibles defectos, fisura, existencia de manchas, restos de pinturas o lechadas. Se realizarán ensayos de martillo sobre toda la superficie para comprobar el buen estado y la no presencia de defectos ocultos en las zonas donde se aplicará el refuerzo.

6.1.2 Planeidad

Se inspeccionarán las áreas donde se aplicará el refuerzo con el empleo de una regla para comprobar posibles irregularidades superficiales. Los límites de desviación de planeidad a considerar serán los siguientes:

≤ 10 mm bajo regla de 2 m. PROPAM® CARBOCOM P
≤ 5 mm bajo regla de 2 m. PROPAM® CARBOCOM F
≤ 4 mm bajo regla de 0,30 m. en ambos casos

6.1.3 Resistencia a tracción del soporte

Se comprobará que el soporte posee una resistencia mínima a tracción de 1,5 N/mm² para el caso de refuerzo con laminados de fibra de carbono **PROPAM® CARBOCOM P** y para el caso de refuerzo con tejido de fibra de carbono **PROPAM® CARBOCOM F**.

6.1.4 Resistencia del hormigón

Antes de acometer un refuerzo con fibra de carbono es necesario conocer adecuadamente el soporte sobre el que se va a realizar y, en caso necesario, repararlo de acuerdo a la norma **UNE-EN 1504**.

El hormigón sobre el que se ejecutará el refuerzo debe ser sano y poseer una resistencia característica a compresión, a 28 días, no inferior a 17 N/mm², medida en probeta cilíndrica de 15x30 cm. Si la determinación de esta resistencia se realiza mediante extracción de probetas testigo de dimensiones diferentes habrá que aplicar los coeficientes correctores correspondientes.

6.1.5 Contenido de humedad

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 (higrómetro de carburo)

6.1.6 Temperatura del soporte

Se debe verificar 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) e inferior a 30° C.

Se comprobará que, en el momento de la aplicación, la temperatura del soporte se encuentre por encima de +5°C.

6.2. Preparación del soporte

Se precisa una superficie limpia, seca, firme, rugosa y libre de todo contaminante (aceite, grasa, desencofrante, pintura, etc.).

La adherencia del laminado con el soporte es crucial para garantizar la transmisión de las tensiones rasantes existentes y consideradas en el diseño y cálculo del refuerzo.

La primera operación por realizar consiste en eliminar temporalmente todas las conducciones eléctricas, tubos, etc., que impidan disponer de una superficie libre sobre la que aplicar el refuerzo.

Para la limpieza y preparación del soporte el procedimiento más eficaz es el chorro de arena dado que, además de limpiar, proporciona una rugosidad superficial muy adecuada para la unión del adhesivo epoxi. En caso de no poder utilizar el sistema anterior se puede usar una esmeriladora de disco u otros procedimientos mecánicos similares.

En aquellos elementos en los que se tenga que disponer fibra de carbono sobre esquinas vivas, estas deberán ser redondeadas con un radio que nunca será inferior a 3 cm, siendo recomendable que sea de 5 cm.

Se procurará alisar la superficie del hormigón, eliminando los resaltos superficiales superiores a un milímetro debidos a cejas producidas por las juntas de las tablas de encofrado, áridos, etc., mediante un repaso con esmeriladora de disco o radial.

La superficie, finalmente, deberá limpiarse de todo resto de polvo producido en las operaciones anteriores mediante aspirado o soplado con aire comprimido.

Las fisuras de espesor superior a los 0,2 mm deben inyectarse con resina epoxi de baja viscosidad **PROPAM® INJECT 100 EPO**.

Si la profundidad de los huecos o coqueras no es superior a 5 mm puede utilizarse como capa de regularización superficial, mortero epoxi **PROPAM® REPAR EPO 920** aplicado mediante llana o espátula.

6.3. Reparación de la estructura

En el caso de resultar precisa una reparación estructural, esta deberá extenderse a toda la estructura y no solo a las zonas en las que se ejecutará el refuerzo.

El sistema **PROPAM® CARBOCOM P** y **PROPAM® CARBOCOM F** se han de emplear siempre sobre hormigón resistente y sano, y su misión es incrementar su capacidad resistente frente a una determinada sollicitación de tipo mecánico, por tanto, con estos sistemas no se resuelven problemas relacionados con la durabilidad de la estructura como eliminación o frenado de la corrosión de armaduras, carbonatación o extracción de cloruros.

Todos los productos empleados en la reparación estructural cumplirán la norma **UNE EN-1504**. En estos casos se procederá de la siguiente manera:

6.3.1 Saneado

Debe eliminarse todo el hormigón deteriorado, bien por medios manuales o mecánicos, hasta llegar a la superficie estructuralmente resistente, sana, limpia, libre de restos de pintura, polvo, aceites o restos de desencofrantes, etc.

Para ello será necesario un repicado mecánico en profundidad del hormigón debiendo éste llegar hasta hormigón sano. A continuación, debe limpiarse toda la superficie intensamente con agua a alta presión.

Los bordes de la reparación deben cajearse al menos a 10mm. de profundidad para evitar que el mortero de reparación muera "a cero", lo cual podría producir la fisuración y desprendimiento de esa zona débil.

6.3.2 Pasivación de la armadura

El acero estructural superficial debe ser expuesto y cualquier corrosión superficial eliminada por medios mecánicos, chorro de arena, chorro de arena húmeda, granallado, pistola de agujas, cepillado metálico, lijado, etc., y posteriormente limpiado con agua a presión para eliminar restos pasando luego un trapo húmedo sobre la armadura.

A continuación, y sobre la armadura seca, se deben aplicar dos manos de imprimación inhibidora de la corrosión en base cementosa **PROPAM® REPAR PRIM** para detener el proceso de corrosión, previo a la reparación.

6.3.3 Puente de unión

Previamente a la aplicación del mortero de reparación y una vez preparado, limpio y lo más seco posible el soporte de agua, se recomienda aplicar el puente de unión, de alta adherencia en base epoxi sin disolventes **PROPAM® REPAR EPO 93**, asegurándose de esta forma la mejor adherencia posible entre el hormigón viejo y el mortero de reparación.

6.3.4 Aplicación del mortero de reparación

Una vez aplicado en toda la superficie de contacto el puente de unión y sobre fresco, será el momento adecuado para la colocación del mortero de reparación de la gama **PROPAM® REPAR**, de consistencia tixotrópica, en capas sucesivas hasta alcanzar el espesor final deseado, dándole forma convenientemente.

6.3.5 Curado

Se seguirán las recomendaciones de curado de los diferentes productos empleados a fin de garantizar resistencias y grado de sequedad de los materiales empleados en la reparación antes de proceder al refuerzo.

6.4. Condiciones atmosféricas

Se mantendrán unas condiciones atmosféricas adecuadas para obtener una colocación satisfactoria y segura del refuerzo y para asegurar el completo y correcto curado del adhesivo estructural. Se incluirán medidas para conseguir niveles apropiados de limpieza, ventilación, temperatura y humedad de las superficies.

Se seguirán las recomendaciones del fabricante, aplicando además los siguientes límites:

- La temperatura ambiente durante el curado no será inferior a 5°C, ni superior a 30°C.
- La humedad relativa (HR) durante la colocación del refuerzo no excederá el 80%.
- Se verificará 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.
- En el caso en el que la temperatura ambiente sea menor a 10°C, o cuando la humedad relativa supere el máximo indicado, será necesario disponer de calefacción, deshumidificación y/o protección para asegurar el curado y permitir mantener la temperatura y los límites de humedad dentro los niveles aceptables.



6.5. Aplicación del sistema

6.5.1 Colocación del sistema **PROPAM® CARBOCOM P**

Sobre el soporte preparado (limpio, seco, firme, rugoso y libre de todo contaminante, aceite u otro), el sistema completo se aplica en solo dos pasos:

- 1** Se procederá a medir y cortar las tiras de laminado a utilizar de acuerdo con los planes de trabajo que se hayan realizado. Estos trozos se cortarán con sierra o radial. Las tiras de laminado cortado se marcarán y almacenarán en un lugar donde no se contaminen por polvo ni pueda existir agua.

Sobre el laminado limpio aplicar el adhesivo directamente. Durante la aplicación del adhesivo la temperatura en el lugar de aplicación no deberá ser inferior a 5° C, salvo que se tomen precauciones. El adhesivo de resina epoxi **PROPAM® CARBOCOM EPO P** se suministra en conjuntos de dos componentes: resina epoxi y endurecedor, los cuales deben mezclarse íntimamente en un recipiente limpio.

La mezcla se realizará por medio de una batidora de bajas revoluciones, hasta conseguir una mezcla uniforme y homogénea, siguiendo las instrucciones del producto, descritas en su ficha técnica.

La cantidad y espesor del adhesivo debe ser controlado, por ello es mejor utilizar un aparato de dosificación.

- 2** Inmediatamente después de aplicar el adhesivo de resina epoxi **PROPAM® CARBOCOM EPO P** sobre el laminado y estando aún ésta fresca se procederá a colocar el laminado **PROPAM® CARBOCOM P**, en la posición previamente replanteada.

El tiempo disponible para aplicar el laminado, contado desde el momento de la aplicación de la resina, es de unos 20 minutos.

El laminado se coloca sobre la superficie del hormigón, una vez unido perfectamente el laminado se le presiona mediante un rodillo metálico para que quede perfectamente asentada sobre la superficie del hormigón y para que el adhesivo penetre y rellene toda la superficie de contacto entre este y el hormigón, eliminando las posibles burbujas de aire que puedan quedar atrapadas.

Al hacer rodar el rodillo es posible que parte de la resina rebose en algunos puntos eliminar estos restos antes del endurecimiento de esta.

6.5.2 Colocación del sistema **PROPAM[®] CARBOCOM F**

Sobre el soporte preparado (limpio, seco, firme, rugoso y libre de todo contaminante, aceite u otro), el sistema completo se aplica en dos o más fases según el diseño.

1 Se procederá a medir y cortar las tiras de tejido a utilizar de acuerdo con los planes de trabajo que se hayan realizado. Estos trozos se cortarán con tijeras o cuchilla afilada. Los trozos de tejido cortados deben almacenarse preferiblemente enrollados, evitando doblarlos o arrugarlos, debiendo colocarse en un lugar donde no se contaminen por polvo ni pueda existir agua.

2 Aplicar la primera capa de resina epoxi **PROPAM[®] CARBOCOM EPO F**. La misión de la primera capa de adhesivo epoxi es pegar el tejido al hormigón creando un compuesto de elevadas características mecánicas al penetrar la resina entre las fibras e impregnarlas. Esta capa va a servir de puente de transmisión de los esfuerzos desde el hormigón a la fibra de carbono del tejido. Durante la aplicación del adhesivo la temperatura en el lugar de aplicación no deberá ser inferior a 5° C.

El adhesivo epoxi **PROPAM[®] CARBOCOM EPO F** se suministra en forma de dos componentes: resina epoxi y endurecedor. Ambos deben mezclarse íntimamente en un recipiente limpio.

La mezcla se realizará por medio de una batidora de bajas revoluciones, hasta conseguir una mezcla uniforme y homogénea, siguiendo las instrucciones del producto, descritas en su ficha técnica.

El adhesivo epoxi se aplicará mediante rodillo o brocha en una o dos manos sobre la superficie del hormigón. En el caso, en el que el soporte presente alta porosidad, se procederá en primer lugar a la aplicación de una primera y delgada mano de resina epoxi **PROPAM[®] REPAR EPO 93** a modo de imprimación, dejándola endurecer antes de aplicar la siguiente capa de resina.

3 Inmediatamente después de dar la primera mano de resina y estando aún ésta fresca se procederá a extender el tejido **PROPAM[®] CARBOCOM F**.

La lámina se coloca sobre la superficie del hormigón, a la que se ha aplicado el adhesivo epoxi. Una vez unido perfectamente el tejido al hormigón se presiona mediante un rodillo rígido para que quede perfectamente asentada sobre la superficie del hormigón facilitando la penetración e impregnación de las fibras a la vez que se eliminan las posibles burbujas de aire que puedan quedar atrapadas.

Es muy importante hacer rodar el rodillo tan solo en la dirección de las fibras a fin de no dañarlas o desalinearlas. Permitiendo a la resina atravesar el tejido y aflorar en superficie.

Si se colocan dos láminas de fibra de carbono en la misma dirección, estas tendrán que solaparse al menos 20 cm. Cuando se coloquen dos láminas, una al lado de la otra y con las fibras paralelas, tan solo se debe asegurar que se cubra completamente la superficie con un solape mínimo.

- 4** Una vez aplicada la lámina debe esperarse lo suficiente para que la resina haya impregnado completamente el tejido y está lo suficientemente endurecida para que no pueda despegarse al aplicar la segunda capa de terminación de resina epoxi. La capa de resina epoxi de acabado se aplicará nuevamente mediante rodillo o brocha, debiendo cubrir por completo el tejido hasta dejar un acabado cristalino en el que no se es capaz de acceder al tejido de fibra de carbono.

- 5** Si el refuerzo estuviese compuesto por varias capas de tejido de fibra de carbono **PROPAM® CARBOCOM F** se deberán repetir los pasos **1, 2 y 3** tantas veces como capas haya que colocar, terminando la aplicación con una nueva capa de resina como la definida en el paso 4.

Si el refuerzo lleva varias capas de tejido, estas pueden ser colocadas una a continuación de la anterior sobre fresco, recomendándose no aplicar más de dos en el caso de superficies horizontales ni más de tres en el de superficies verticales para evitar posibles descuelgues.

6.5.3 Colocación de anclajes **PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR**

1 Aplicación de la parte preformada del conector

- Taladrar un orificio con el diámetro y profundidad adecuados a la varilla, 2-3mm mayor que el diámetro del conector y 2cm más de profundidad.
- Eliminar el polvo cepillando y soplando.
- Rellenar 2/3 partes del orificio practicado con adhesivo **PROPAM® CARBOCOM EPO P** en caso de orificios practicados en superficies que requiera un adhesivo tixotrópico (techos) y el adhesivo **PROPAM® CARBOCOM EPO F** en los demás casos donde se pueda trabajar con un adhesivo fluido, asegurándose de que no se creen bolsas de aire durante el proceso de bombeo o vertido de la resina.
- Insertar el conector **PROPAM® CARBOCOM CONNECTOR** dentro del orificio con movimientos giratorios. El tramo semiimpregnado debe quedar introducido en la perforación debiendo cortarse la varilla si es necesario para que sea adecuada a la profundidad de la perforación.
- Limpie cualquier exceso de adhesivo que salga del orificio.
- Permitir al adhesivo endurecer, respetando los tiempos indicados de las resinas.

2 Aplicación de la parte flexible del conector

- Sobre el conector ya aplicado resinar con **PROPAM® CARBOCOM EPO F** la parte blanda de fibras de carbono extendiendo las fibras en todas direcciones formando un círculo o abanico, según donde se haya realizado el orificio para colaborar en el sistema, dentro de cada sección de tejido o en el extremo de ésta, respectivamente.
- Una vez el adhesivo haya endurecido, la adherencia con la superficie del refuerzo convertirá el sistema en un solo cuerpo.

6.5.4 Recubrimiento de acabado

Aunque los refuerzos realizados son muy resistentes a las condiciones climáticas externas: calor, humedad y heladas, así como a la acción de muchos ácidos, aceites y combustibles, por motivos de protección o estéticos es posible ejecutar un revestimiento decorativo o de protección sobre el refuerzo.

Para aplicaciones en exterior si resulta, no obstante, recomendable la aplicación de una capa de acabado que tendrá por finalidad mejorar su aspecto, proteger el refuerzo frente a impactos, actos vandálicos, rayos ultravioletas, o simplemente para evitar que el refuerzo quede a la vista. Es necesario proteger el refuerzo, si éste va a estar sometido constantemente a la acción directa de los rayos ultravioletas.

Los revestimientos de protección van desde la aplicación de un simple revestimiento resistente a los rayos ultravioletas (pintura de poliuretano o pintura anticarbonatación **PROPAM[®] CARBOPAINT**) hasta la protección frente a impactos, por ejemplo, en columnas de garajes, con un mortero de alta adherencia como **PROPAM[®] REPAR TECHNO 20**.

Para la correcta adherencia de esta capa de pintura o mortero a la superficie de resina de cubrición es necesario generar una superficie rugosa, por ejemplo, mediante espolvoreo sobre la superficie aún fresca de la resina de la última capa de acabado de arena silíceo con granulometría comprendida entre 0,2 y 0,4mm.

6.6. Puesta en carga

El endurecimiento total de la resina epoxi del sistema **PROPAM[®] CARBOCOM** se alcanza a los **7 días desde su aplicación**.

Es recomendable por tanto esperar ese tiempo hasta aplicar la sobrecarga máxima al elemento reforzado.

6.7. Seguridad y salud

- ▶ Se identificarán las situaciones peligrosas y se dispondrán las **medidas de protección** necesarias.
- ▶ El personal estará equipado con los **EPI's pertinentes**.
- ▶ La zona de trabajo deberá estar **limpia, libre de obstáculos y adecuadamente ventilada**, con extracción de polvo si fuera necesario.
- ▶ Toda la información referida a condiciones de uso, empleo, almacenamiento, transporte y eliminación de residuos de productos químicos está disponible en las correspondientes **Hojas de Seguridad** de los diferentes productos del sistema.
- ▶ La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con **la legislación vigente**.



07. INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

7.1. Homologación

Las empresas instaladoras de este tipo de refuerzos, deben haber sido formadas por parte de los técnicos de la empresa suministradora, debiendo acreditar esta su homologación como empresa aplicadora de este tipo de sistemas.

El personal de obra debe haber sido formado en todas las fases de la instalación. La formación mínima incluye Seguridad y Salud, preparación de superficies, mezclado de resinas/adhesivos, tiempo máximo de exposición de los productos, curado y control de calidad, designando un responsable técnico de los trabajos, convenientemente especializado, el cual se responsabilizará del cumplimiento de las exigencias de calidad del sistema.

Asimismo, **Molins Construction Solutions**, bajo petición de cualquiera de las partes, podrá personarse en los lugares de trabajo, con un técnico cualificado, a fin de complementar los trabajos de asistencia técnica y supervisión de la calidad de los trabajos ejecutados.

7.2. Control y recepción de materiales y acopios

El fabricante pondrá a disposición la siguiente documentación:

- Copia de la certificación de empresa según ISO 9001.
- Certificados de calidad de producto.
- Declaración de conformidad, Marcado CE según UNE-EN 1504 de resinas y productos para reparación estructural.
- Fichas técnicas de productos.
- Hojas de Seguridad.
- Documento de Idoneidad Técnica (DIT): nº 603R/25

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

- **Cómputo de las cantidades recibidas y aceptación de albarán.**
- **Resinas:**
 - Comprobación de la denominación de estos y de la correcta identificación de la totalidad de envases.
 - Comprobación de las fechas de caducidad de producto.
 - Inspección visual del estado de los envases descartando aquellos que presenten golpes, abolladuras o roturas con pérdida de material.
- **Fibra de Carbono:**
 - Comprobación de la identificación de la fibra (tipo, gramaje, etc) y de las dimensiones de los rollos.
 - Inspección visual del estado comprobando que no existe daño ni roturas en los rollos de la fibra.

Los materiales se almacenan agrupados según su identificación, a cubierto (protegidos del sol y de fuentes de calor) en lugar fresco y seco y en sus envases originales cerrados.

Los morteros ensacados se acopiarán separados del terreno mediante listones de madera y protegidos de la lluvia y el rocío.

7.3. Control sobre la ejecución

7.3.1 Preparación de superficies

Se inspeccionará el **100% de las superficies** preparadas. Las inspecciones deberán corresponderse con lo establecido en el apartado 5.1. “Inspección y ensayos previos”.

Los trabajos de refuerzo no comenzarán hasta la validación que se apruebe el estado de las superficies preparadas.

7.3.2 Puesta en obra

Se comprobará el cumplimiento diario de las condiciones atmosféricas reflejadas en el **punto 5.4.**

El control de calidad de la fibra de carbono contemplará al menos inspecciones visuales, comprobación de dimensiones y tipo de material. Se verificará también que los refuerzos colocados se corresponden en cantidad, tipo, longitud y forma con los reflejados en los planos.

Se supervisará la correcta aplicación de la resina mediante control de consumos sobre los estimados. Se verificarán todos los conjuntos de resina mezclados, comprobándose el correcto endurecimiento de todos los restos de cada composición.

7.4. Control final de obra

7.4.1 Inspección de adherencias

Las superficies deben ser inspeccionadas 48 horas después de la aplicación del sistema y curado de la resina para comprobar que no existen huecos, delaminación o burbujas.

La inspección se realizará visual y acústicamente mediante golpeteo continuado sobre todas las posibles zonas huecas (sonido sordo al impacto). Se señalarán las zonas afectadas.

En caso de apreciarse zonas con faltas de adherencia en laminados, deberán repararse por inyección de resinas de baja viscosidad **PROPAM® INJECT 100 EPO**, o en caso necesario repetirse el proceso de instalación.

En caso de apreciarse zonas con fallos de adherencia en la instalación de tejido de fibra, se procederá abriendo el tejido en la dirección de la fibra con ayuda de un util de corte, y se inyectará con resina de baja viscosidad **PROPAM® INJECT 100 EPO**.

7.4.2 Ensayo de adherencia (pull-out)

Durante la ejecución se realizarán muestras de sacrificio en zonas contiguas a las del refuerzo aplicado con objeto de realizar ensayos representativos de adherencia sin dañar el refuerzo.

El ensayo se realizará según **norma EN 1542**. El fallo debe producirse en el hormigón, con valores iguales o superiores a 1,5 MPa.

Los ensayos se llevarán a cabo por un laboratorio de control de calidad externo, recomendándose la realización de un **ensayo de control cada 50m²** de refuerzo ejecutado.

NOTA LEGAL

Los datos contenidos en este documento están basados en nuestra experiencia y conocimiento técnico, obtenidos en ensayos de laboratorio y bibliografía. Otras aplicaciones del producto que no sean las indicadas en esta ficha no serán de nuestra responsabilidad. Los datos de dosificación y consumo son únicamente orientativos y basados en nuestra experiencia, son susceptibles de cambio debido a las condiciones atmosféricas y de la obra. Para obtener las dosificaciones y consumos correctos deberá realizarse una prueba o ensayo "in situ" bajo responsabilidad del cliente. Para cualquier duda o aclaración adicional rogamos consulten con nuestro departamento técnico. La ficha técnica válida será siempre la última versión que estará situada en www.molins.es/construction-solutions/

PROPAMSA S.A.U.

C/ Ciments Molins s/n. Pol. Ind. Les Fallules

08620 Sant Vicenç dels Horts, Barcelona

Tel. (+34) 93 680 60 40 - Fax (+34) 93 680 60 49 sat.cs@

molins.es

www.molins.es/construction-solutions/

