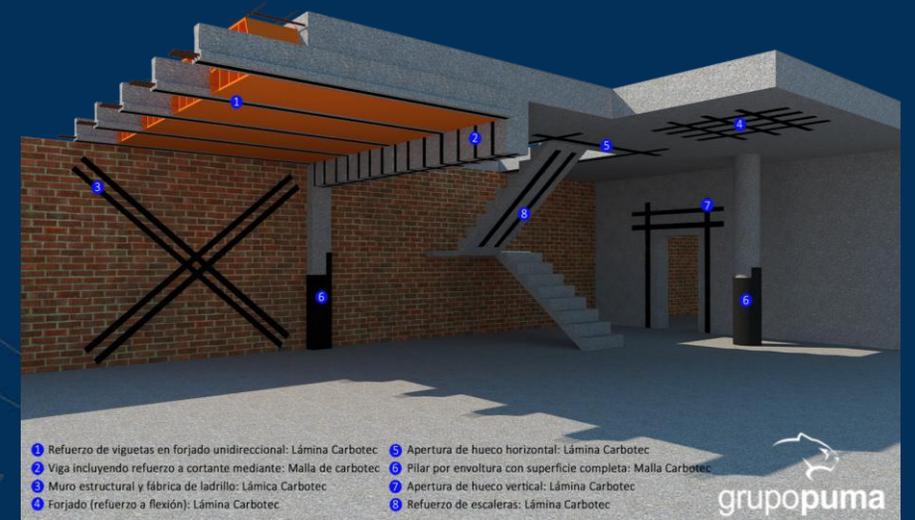


Introducción al refuerzo de estructuras mediante fibra de carbono

Casos prácticos

Impartida por: Juan Pablo González | Arquitecto (Técnico de prescripción)

Moderada por: Gemma de Benito | Lic. CC. Químicas (Técnico de prescripción)



Grupo Puma

- ✓ Grupo Puma es una empresa líder del sector de la construcción.
- ✓ Formada por 20 centros de producción y distribución repartidos por toda España, 2 en Argelia, 1 en Francia, 2 en Costa Rica, 2 en Portugal y 2 en Marruecos.
- ✓ Cuenta con una extensa gama que abarca múltiples sectores de la construcción:
 - Adhesivos
 - Morteros para el rejuntado de cerámica
 - Morteros monocapa
 - Morteros de revestimiento
 - Morteros especiales
 - Morteros para la rehabilitación
 - Morteros para pavimentos,
 - Aditivos
 - Imprimaciones
 - Pinturas
 - Sistemas de aislamiento e impermeabilización



Red de contactos Grupo Puma

ZONA	PRESCRIPTOR TÉCNICO DE ZONA	TELÉFONO	E-MAIL
Córdoba y Jaén	Pablo Antonio Díaz Jiménez	627 40 24 90	pdiaz@grupopuma.com
Castilla y León	Gemma de Benito	663 07 96 45	gdebenito@grupopuma.com
Asturias y Cantabria	Daniel Ramon Olivares Navarro	607 62 10 38	dolivares@grupopuma.com
Galicia	Gerardo Miguel Fontán Pérez	663 07 96 45 637 50 30 78	gdebenito@grupopuma.com gfontan@grupopuma.com
Sevilla, Huelva, Cádiz y Extremadura	Alexandra Guardeno Saldaña	607 99 90 13	aguardeno@grupopuma.com
Canarias	María Montes de Oca	627 90 20 52	mmontesdeoca@grupopuma.com
Málaga, Granada y Campo de Gibraltar	Juan Pablo González García	607 20 34 00	jpgonzalez@grupopuma.com
Alicante, Murcia, Albacete y Almería	José Miguel Abellán Ródenas	672 13 53 73	jabellan@grupopuma.com
Valencia, Castellón, Cuenca, Ibiza y Menorca	Blas Jose Alonso Cortes	664 42 93 43	balonso@grupopuma.com
Madrid, Toledo, Ciudad Real, Guadalajara, Segovia y Ávila	Laura Jiménez Coronado	637 50 37 47	lijimenez@grupopuma.com
Cataluña	Carlos Muñoz Guillen	617 48 47 05	cmunoz@grupopuma.com
País Vasco y Aragón	Miguel Ángel López Chacón	637 81 24 90	mikylopez@grupopuma.com
Mallorca	Ricardo Ramis	636 48 66 80	rramis@grupopuma.com



¿Por qué reforzar?

Degradación de los materiales.

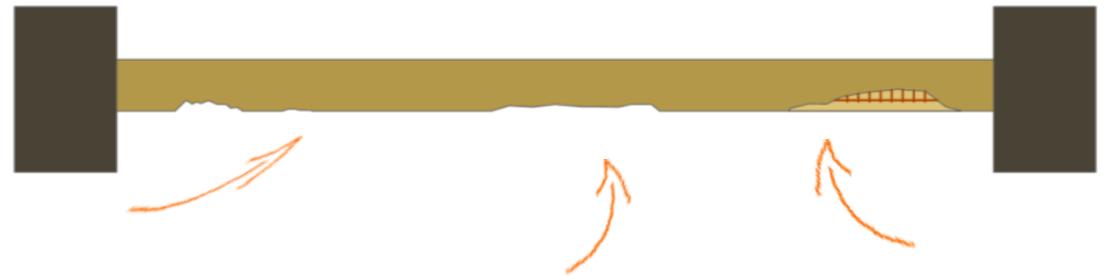
Aumento de las cargas.

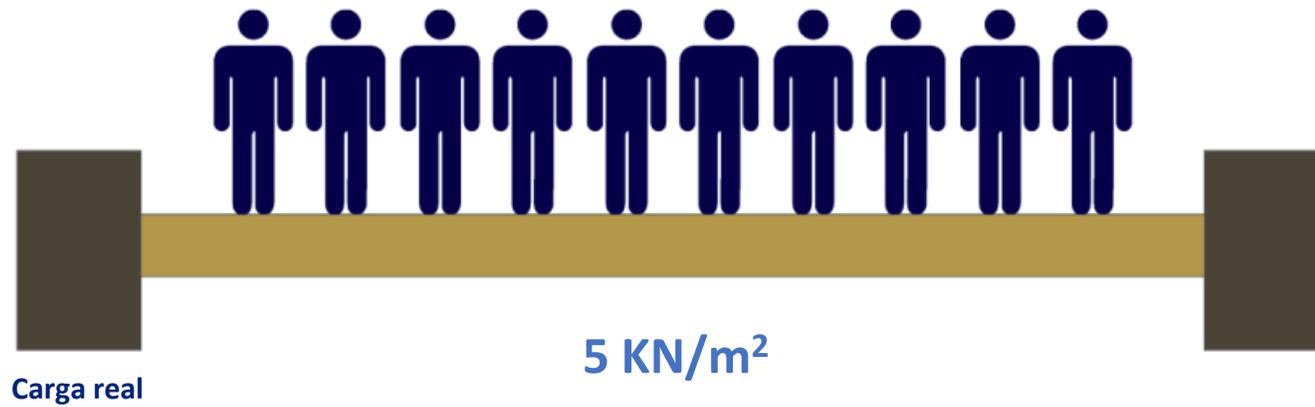
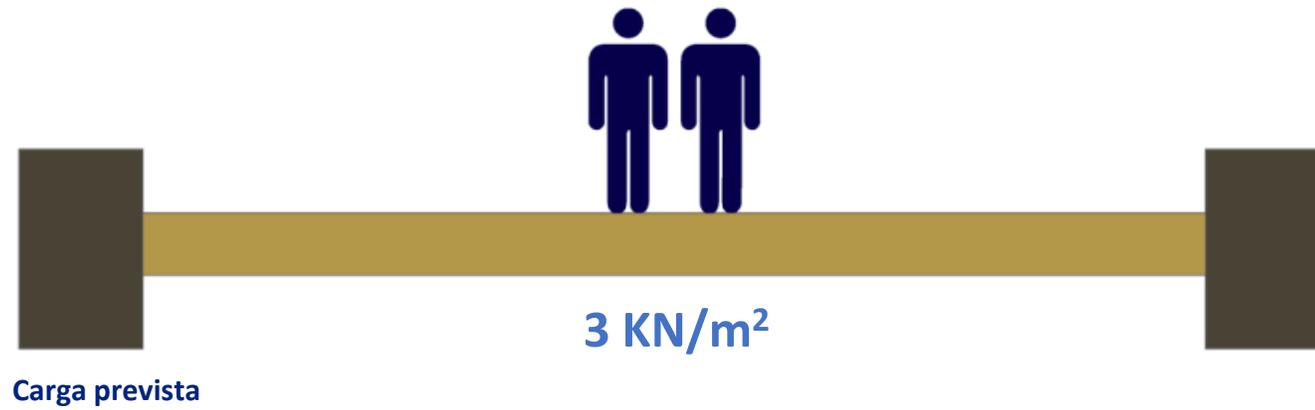
Errores de ejecución o cálculo.

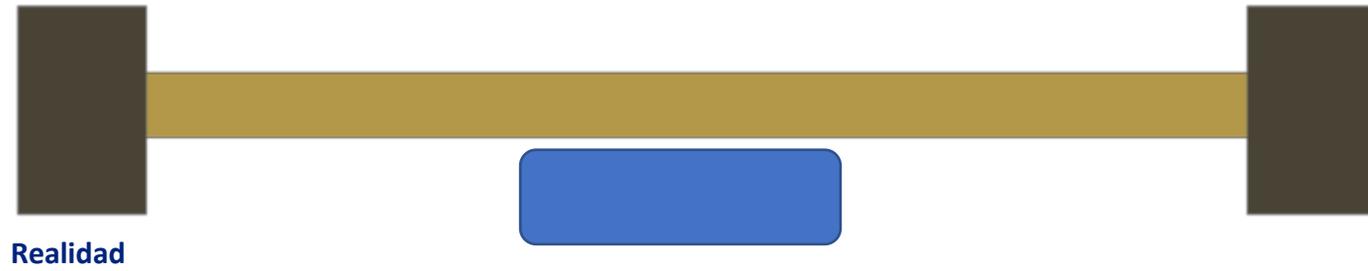


Degradación de los materiales:

- **Por ataques de agentes exteriores**
 - Ataque físico
 - Ataque químico
 - Corrosión de las armaduras
- **Por el tiempo**
- **Por acciones extraordinarias**
 - Fuego
 - Sismo
 - Impactos
 - Acciones del terreno









Tipos de refuerzo

Tradicionales

Recrecio de hormigón.

Refuerzo con pletinas.

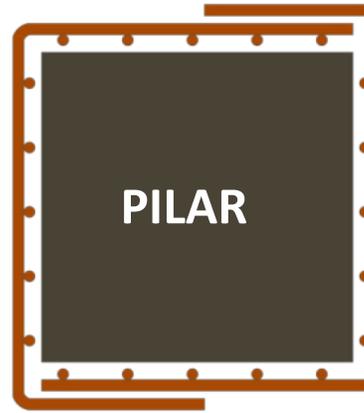
Encamisado metálico.

Entramados metálicos.

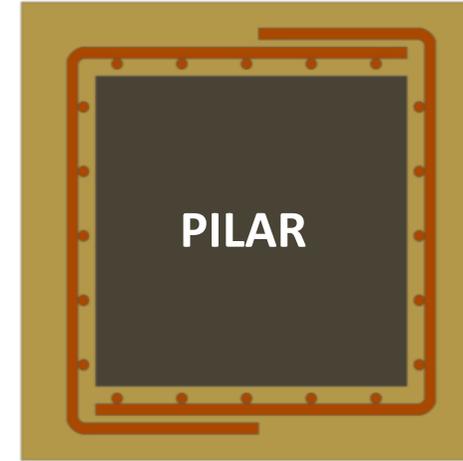
Pilar dañado



Armadura de refuerzo



Recrecido de hormigón



Ejemplo: Palacio de Hielo Madrid



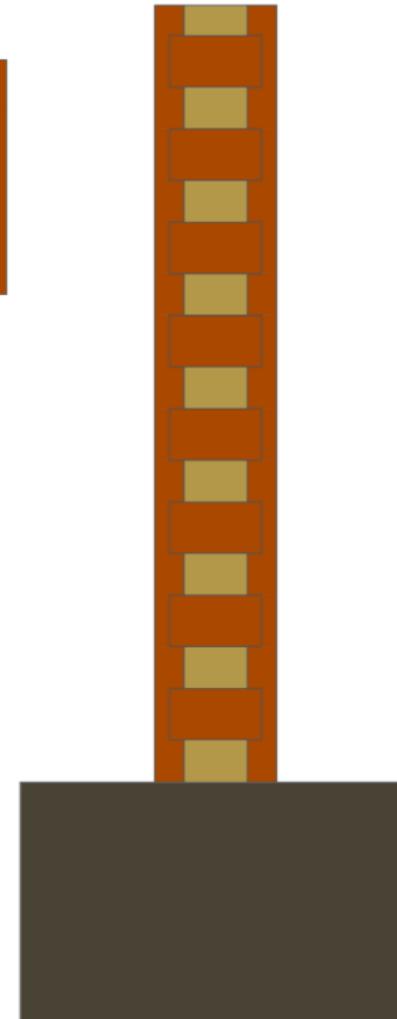
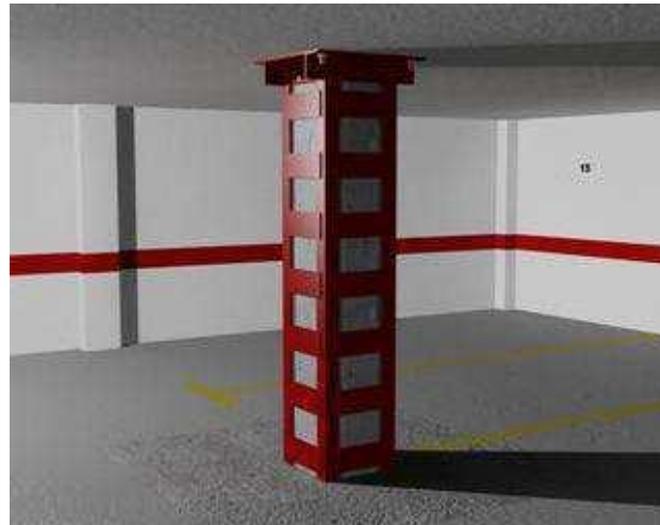
Pilar dañado



Angulares y pletinas



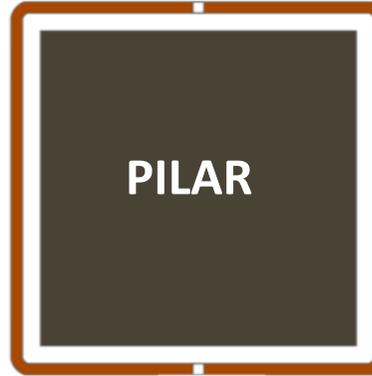
Ejemplo de aplicación



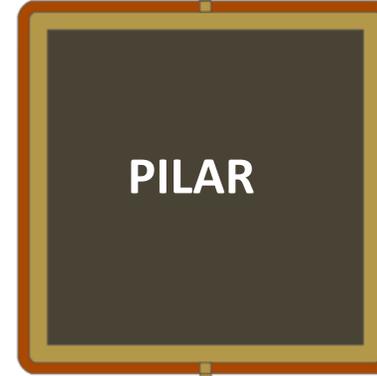
Pilar dañado



Encamisado metálico



Inyección de resina



Ejemplo de obra



Viga dañado



Encamisado metálica e inyección de resina

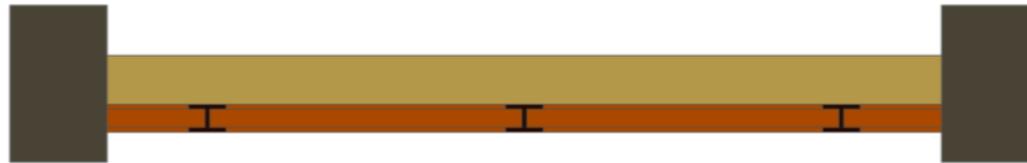


Ejemplo de obra:





Viga dañada



Viga reforzada

Ejemplo de obra:





Tipos de refuerzo

Fibra de carbono

Definición

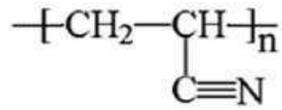
Comparativa

Lámina Carbotec

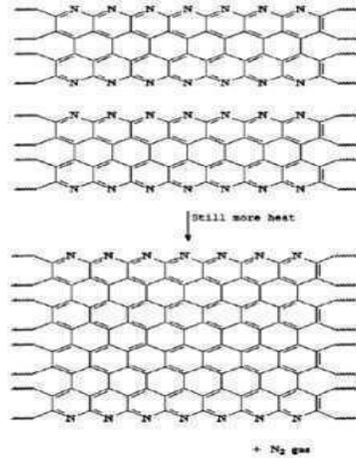
Malla Carbotec

Conector Carbotec

Poliacrilonitrilo



Pirólisis y creación de filamentos



Creación de hilos por agrupación de filamentos



Composites



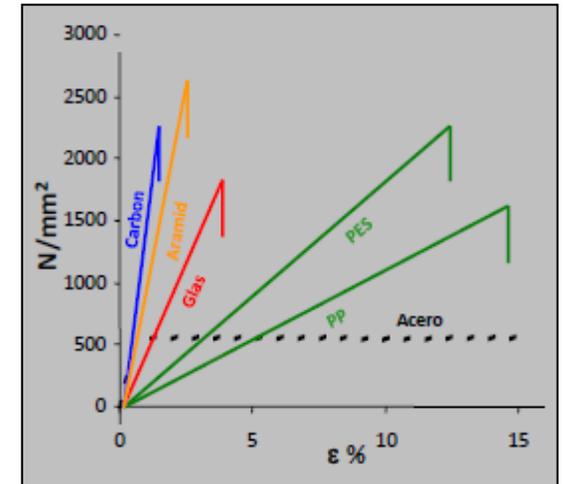
Tejidos o mallas



Conectores

¿ Por qué se utiliza ?

Tipo de fibra	Módulo elasticidad E (kN/mm ²)	Resistencia a tracción N/mm ²
Carbono	240 - 640	2500 - 4000
Aramida	120	3000 - 4000
Vídrio	65 - 73	1700 - 3000
PES / PP	< 15	> 1800
Acero	190 - 210	250 - 600



VENTAJAS DE LA FIBRA DE CARBONO

- Coeficiente de expansión térmica muy bajo.
- Excelente comportamiento a fatiga.
- Excelente resistencia frente a ataques químicos.
- No presenta corrosión.
- Elevada resistencia a ciclos hielo / deshielo.

INCONVENIENTES DE LA FIBRA DE CARBONO

- Resistencia al fuego de las resinas epoxi.
- Conductora de la electricidad.
- Posible afectación por vandalismo.

Tipos de fibra de carbono (Gama de Grupo Puma):



COMPOSITES

Laminado polimérico a base de fibra de carbono unidireccional y resina epoxi modificada.

Fibra > 68%



TEJIDOS O MALLAS

Tejido unidireccional de pequeño espesor de fibra de carbono.



CONECTORES

Piezas con vástago rígido y extremo flexible empleada para realizar anclajes.



Tipos de refuerzo

Lámina Carbotec



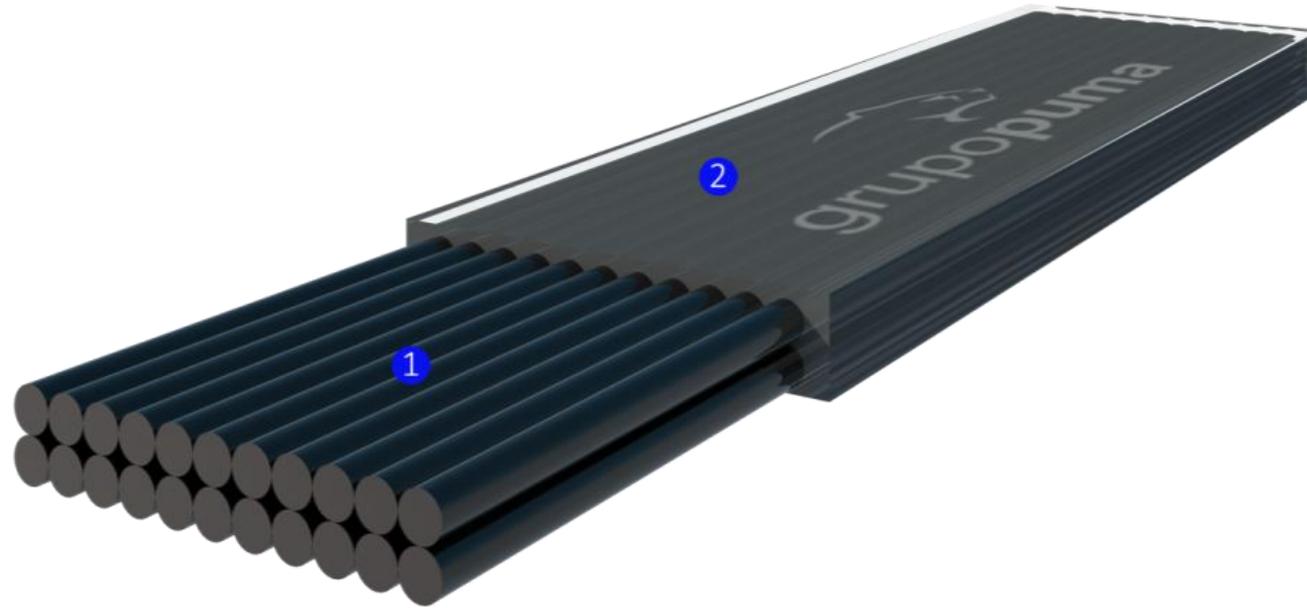
Lámina Carbotec:

- Su riqueza se mueve entorno al 70% del peso del composite.
- Elementos semi-flexible: colocados en paramentos planos o en Moderada curva.
- Aplicación en hormigón, madera y acero.

Variables:

- Anchura: 50 – 150 mm
- Espesor: 1,2 y 1,4 mm

- 1 Filamentos de fibra de carbono
- 2 Matriz polimérica



Las láminas de fibra de carbono están formadas por filamentos de fibra envueltos en una resina polimérica cuyas funciones son:

- Mantiene la posición relativa de las fibras
- Garantizan la adecuada transferencia de los esfuerzos entre hebras, haciendo que la armadura trabaje como un todo.
- Protegen las fibras de agresiones ambientales.
- Protegen las fibras de la abrasión.

Datos técnicos

	LM (Bajo módulo)	HM (Alto módulo)
Densidad	1,6 g/cm ³	1,6 g/cm ³
Resistencia a Tracción	≥ 2800 N/mm ²	≥ 2500 N/mm ²
Módulo de elasticidad	≥ 170 KN/mm ²	≥ 205 KN/mm ²
Elongación a rotura	≥ 16 ‰	≥ 13,5 ‰



Tipo de laminado	Sección transversal	Resistencia a tracción al 0,6 % deformación	Resistencia a tracción al 0,8 % deformación
Carbotec LM	[mm ²]	Resistencia a tracción teórica para el cálculo: 1050 N/mm²	Resistencia a tracción teórica para el cálculo: 1400 N/mm²
50 / 1.2	60	63.0 kN	84.0 kN
50 / 1.4	70	73.5 kN	98.0 kN
100 / 1.4	140	147.0 kN	196.0 kN
120 / 1.2	144	151.2 kN	201.6 kN
120 / 1.4	168	176.4 kN	235.2 kN
Carbotec HM	[mm ²]	Resistencia a tracción teórica para el cálculo: 1250 N/mm²	Resistencia a tracción teórica para el cálculo: 1650 N/mm²
50 / 1.4	70	87.5 kN	115.5 kN
60 / 1.4	80	105.0 kN	138.6 kN
120 / 1.4	168	210.0 kN	277.2 kN

Lámina Carbotec + Adhesivo Carbotec Lámina

- Refuerzo de viguetas en forjados unidireccionales.
- Refuerzo de muros estructurales y fábricas de ladrillo
- Refuerzo en forjados bidireccionales y losas armadas
- Refuerzo de escaleras
- Apertura de huecos horizontales y verticales
- Apertura de huecos



LÍNEA REHABILITACIÓN



LÁMINA CARBOTEC

Laminados fabricados a partir de tejidos de fibra de carbono en una matriz de resina epoxy

DESCRIPCIÓN

Los laminados Carbotec, fabricados a partir de tejidos de fibra de carbono en una matriz de resina epoxy especialmente formulada con propiedades de unión entrecruzada estas. Hay disponibles dos tipos de láminas extrusionadas: con un módulo de Elasticidad 170 GPa (las normales) y de 200 GPa.

COMPOSICIÓN

Lámina extrusionada, fabricada a partir de tejidos de fibra de carbono unidireccionales en una matriz de resina epoxy especialmente formulada con propiedades de unión entrecruzada estas.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

- Gran libertad de diseño.
- Claras ventajas sobre las placas de acero, en ciertas aplicaciones.
- Puede aplicarse a vigas, columnas, suelos y paredes de hormigón.
- Refuerzo duradero frente a las deformaciones por flexión tanto positivas como negativas.
- Refuerzo en vigas de madera.
- Ligero y flexible: No requiere maquinaria pesada.
- Resistente a la corrosión: no requiere tratamiento adicional.
- Sin dificultad en las conexiones ni en las transiciones.
- Bajo impacto elástico.
- Sólo se utilizan fibras de alta calidad en la fabricación.

Campo de aplicación:

Estos elementos de fibra de carbono están calculados y diseñados para una carga predeterminada. Estas cargas pueden cambiar a lo largo de la vida útil de la construcción, y los cálculos iniciales pueden ser insuficientes debido a:

- Aberturas cortando forjado en suelos o vigas.
- Aumento de las cargas debido al cambio de uso de la construcción.
- Envejecimiento de los materiales de construcción.
- Corrosión del armado.
- Degradación del hormigón.
- Cortado de cables de pre o post-tensado.
- Daños por fuego en ciertas partes de la construcción.
- Terremotos pasados o que puedan pasar.

La aplicación externa de las fibras de carbono extrusionadas puede incrementar la capacidad de carga de los elementos (incremento de la carga a flexión). El incremento de la capacidad de carga a flexión reduce la deformación por flexión y la formación de fisuras.

SOPORTES

- Carbotec y Carbotec Pro son láminas de Fibra de Carbono, especialmente indicadas para el refuerzo a compresión de elementos de hormigón, madera y mampostería.
- Resistencia mínima de tracción adhesiva del soporte: 1,5 N/mm²
- Contenido máximo de humedad: < 4%
- Humedad controlada: La tolerancia es de un máximo de 5 mm para una longitud de 2 m y de 1 mm para una longitud de 30 cm.
- La temperatura de apoyo en cuestión debería ser de al menos 10°C, y de al menos 3°C sobre la

DESCRIPCIÓN

Adhesivo carbotec lámina es una resina epoxídica. Resina de dos componentes y exenta de disolventes. Posee gran adherencia a todo tipo de soportes, incluso sin imprimación y gran resistencia a la abrasión.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

- Como adhesivo de láminas de fibra de carbono para refuerzo estructural.
- Como adhesivo de placas de acero.
- Adhesión excelente: supera la coherencia al soporte.
- Curado rápido.
- Alta resistencia al desgaste y al impacto.
- Sin retracción al curado.
- Alta resistencia.
- Sin disolventes.
- De fácil mezclado y aplicación.

SOPORTES

- Las superficies a tratar deben estar limpias, desengrasadas y sin polvo para obtener una adhesión adecuada.
- En superficies de acero eliminar óxido de la superficie.
- Se recomienda que el poro del hormigón esté abierto o crear una ligera rugosidad en la superficie para asegurar la adherencia.
- Se recomienda aplicar Implant EPW cuando la calidad del hormigón sea insuficiente.

MOODO DE EMPLEO

- Remover cada componente antes de mezclarlos para eliminar pesos.
- Añadir el componente B en su totalidad al componente A. Esto asegura que la proporción en volumen entre el componente A y el componente B sea la correcta.
- Remover en un mezclador eléctrico de bajas revoluciones (menos de 300 rpm) durante unos 3 minutos, hasta obtener una mezcla gris homogénea.
- Evitar que queden burbujas de aire.
- Aplicar adhesivo carbotec lámina con espátula.
- La superficie tiene que estar limpia, seca y libre de polvo antes de la aplicación de Adhesivo Carbotec Lámina.
- Preferiblemente aplicar el adhesivo a la lámina de fibra de carbono Carbotec o a la placa de acero.
- Aplicar el adhesivo de manera que no quede plano y uniforme, sino con un espesor mayor en el centro (aprox. 5 mm), y disminuyendo progresivamente hacia los extremos (aprox. 1 mm).
- Presionar uniformemente la lámina de fibra de carbono Carbotec o la placa de acero sobre el hormigón, para repartir el adhesivo. Se recomienda presionar con un rodillo de goma duro, que también elimina burbujas de aire. Limpiar el adhesivo sobrante antes de que endurezca.
- Mantener la presión sobre la fibra de carbono hasta que el adhesivo se haya endurecido lo suficiente.
- El espesor final de la capa de adhesivo es de 1,5 mm a 2 mm.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES

- El equipo de mezclado y de aplicación debe limpiarse con disolvente.
- Eliminar el material endurecido por medios mecánicos.
- Consultar con el Departamento Técnico para cualquier aplicación no especificada en esta Ficha Técnica.
- Para toda información respecto a la seguridad en el manejo, transporte, almacenamiento y uso del producto consultar etiqueta y la versión actualizada de la Hoja de Seguridad del producto.

1/4

LÍNEA REHABILITACIÓN

ADHESIVO CARBOTEC LÁMINA

DESCRIPCIÓN

Adhesivo carbotec lámina es una resina epoxídica. Resina de dos componentes y exenta de disolventes. Posee gran adherencia a todo tipo de soportes, incluso sin imprimación y gran resistencia a la abrasión.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

- Como adhesivo de láminas de fibra de carbono para refuerzo estructural.
- Como adhesivo de placas de acero.
- Adhesión excelente: supera la coherencia al soporte.
- Curado rápido.
- Alta resistencia al desgaste y al impacto.
- Sin retracción al curado.
- Alta resistencia.
- Sin disolventes.
- De fácil mezclado y aplicación.

SOPORTES

- Las superficies a tratar deben estar limpias, desengrasadas y sin polvo para obtener una adhesión adecuada.
- En superficies de acero eliminar óxido de la superficie.
- Se recomienda que el poro del hormigón esté abierto o crear una ligera rugosidad en la superficie para asegurar la adherencia.
- Se recomienda aplicar Implant EPW cuando la calidad del hormigón sea insuficiente.

MOODO DE EMPLEO

- Remover cada componente antes de mezclarlos para eliminar pesos.
- Añadir el componente B en su totalidad al componente A. Esto asegura que la proporción en volumen entre el componente A y el componente B sea la correcta.
- Remover en un mezclador eléctrico de bajas revoluciones (menos de 300 rpm) durante unos 3 minutos, hasta obtener una mezcla gris homogénea.
- Evitar que queden burbujas de aire.
- Aplicar adhesivo carbotec lámina con espátula.
- La superficie tiene que estar limpia, seca y libre de polvo antes de la aplicación de Adhesivo Carbotec Lámina.
- Preferiblemente aplicar el adhesivo a la lámina de fibra de carbono Carbotec o a la placa de acero.
- Aplicar el adhesivo de manera que no quede plano y uniforme, sino con un espesor mayor en el centro (aprox. 5 mm), y disminuyendo progresivamente hacia los extremos (aprox. 1 mm).
- Presionar uniformemente la lámina de fibra de carbono Carbotec o la placa de acero sobre el hormigón, para repartir el adhesivo. Se recomienda presionar con un rodillo de goma duro, que también elimina burbujas de aire. Limpiar el adhesivo sobrante antes de que endurezca.
- Mantener la presión sobre la fibra de carbono hasta que el adhesivo se haya endurecido lo suficiente.
- El espesor final de la capa de adhesivo es de 1,5 mm a 2 mm.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES

- El equipo de mezclado y de aplicación debe limpiarse con disolvente.
- Eliminar el material endurecido por medios mecánicos.
- Consultar con el Departamento Técnico para cualquier aplicación no especificada en esta Ficha Técnica.
- Para toda información respecto a la seguridad en el manejo, transporte, almacenamiento y uso del producto consultar etiqueta y la versión actualizada de la Hoja de Seguridad del producto.

DESCRIPCIÓN

Adhesivo carbotec lámina es una resina epoxídica. Resina de dos componentes y exenta de disolventes. Posee gran adherencia a todo tipo de soportes, incluso sin imprimación y gran resistencia a la abrasión.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

- Como adhesivo de láminas de fibra de carbono para refuerzo estructural.
- Como adhesivo de placas de acero.
- Adhesión excelente: supera la coherencia al soporte.
- Curado rápido.
- Alta resistencia al desgaste y al impacto.
- Sin retracción al curado.
- Alta resistencia.
- Sin disolventes.
- De fácil mezclado y aplicación.

SOPORTES

- Las superficies a tratar deben estar limpias, desengrasadas y sin polvo para obtener una adhesión adecuada.
- En superficies de acero eliminar óxido de la superficie.
- Se recomienda que el poro del hormigón esté abierto o crear una ligera rugosidad en la superficie para asegurar la adherencia.
- Se recomienda aplicar Implant EPW cuando la calidad del hormigón sea insuficiente.

MOODO DE EMPLEO

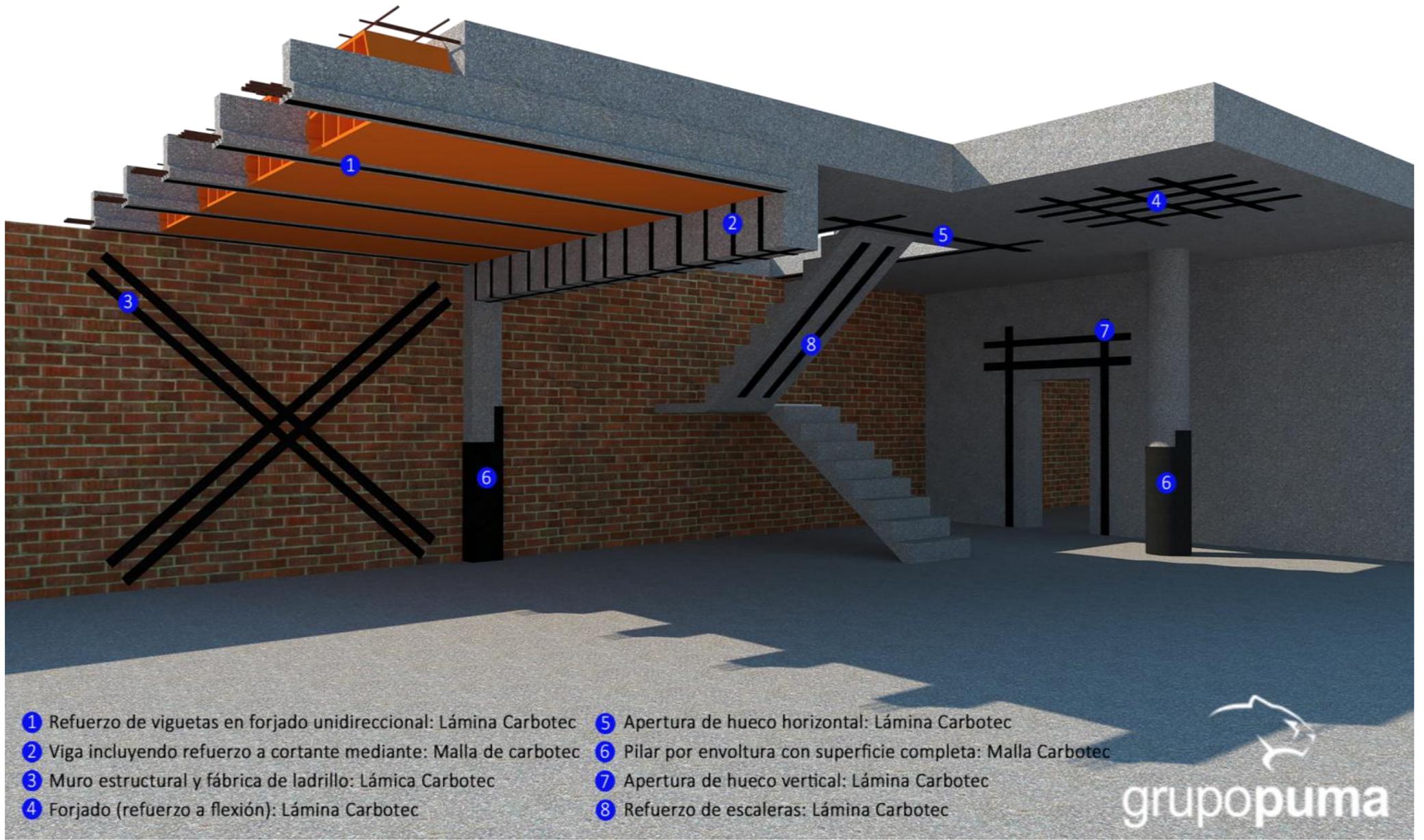
- Remover cada componente antes de mezclarlos para eliminar pesos.
- Añadir el componente B en su totalidad al componente A. Esto asegura que la proporción en volumen entre el componente A y el componente B sea la correcta.
- Remover en un mezclador eléctrico de bajas revoluciones (menos de 300 rpm) durante unos 3 minutos, hasta obtener una mezcla gris homogénea.
- Evitar que queden burbujas de aire.
- Aplicar adhesivo carbotec lámina con espátula.
- La superficie tiene que estar limpia, seca y libre de polvo antes de la aplicación de Adhesivo Carbotec Lámina.
- Preferiblemente aplicar el adhesivo a la lámina de fibra de carbono Carbotec o a la placa de acero.
- Aplicar el adhesivo de manera que no quede plano y uniforme, sino con un espesor mayor en el centro (aprox. 5 mm), y disminuyendo progresivamente hacia los extremos (aprox. 1 mm).
- Presionar uniformemente la lámina de fibra de carbono Carbotec o la placa de acero sobre el hormigón, para repartir el adhesivo. Se recomienda presionar con un rodillo de goma duro, que también elimina burbujas de aire. Limpiar el adhesivo sobrante antes de que endurezca.
- Mantener la presión sobre la fibra de carbono hasta que el adhesivo se haya endurecido lo suficiente.
- El espesor final de la capa de adhesivo es de 1,5 mm a 2 mm.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES

- El equipo de mezclado y de aplicación debe limpiarse con disolvente.
- Eliminar el material endurecido por medios mecánicos.
- Consultar con el Departamento Técnico para cualquier aplicación no especificada en esta Ficha Técnica.
- Para toda información respecto a la seguridad en el manejo, transporte, almacenamiento y uso del producto consultar etiqueta y la versión actualizada de la Hoja de Seguridad del producto.

1/2

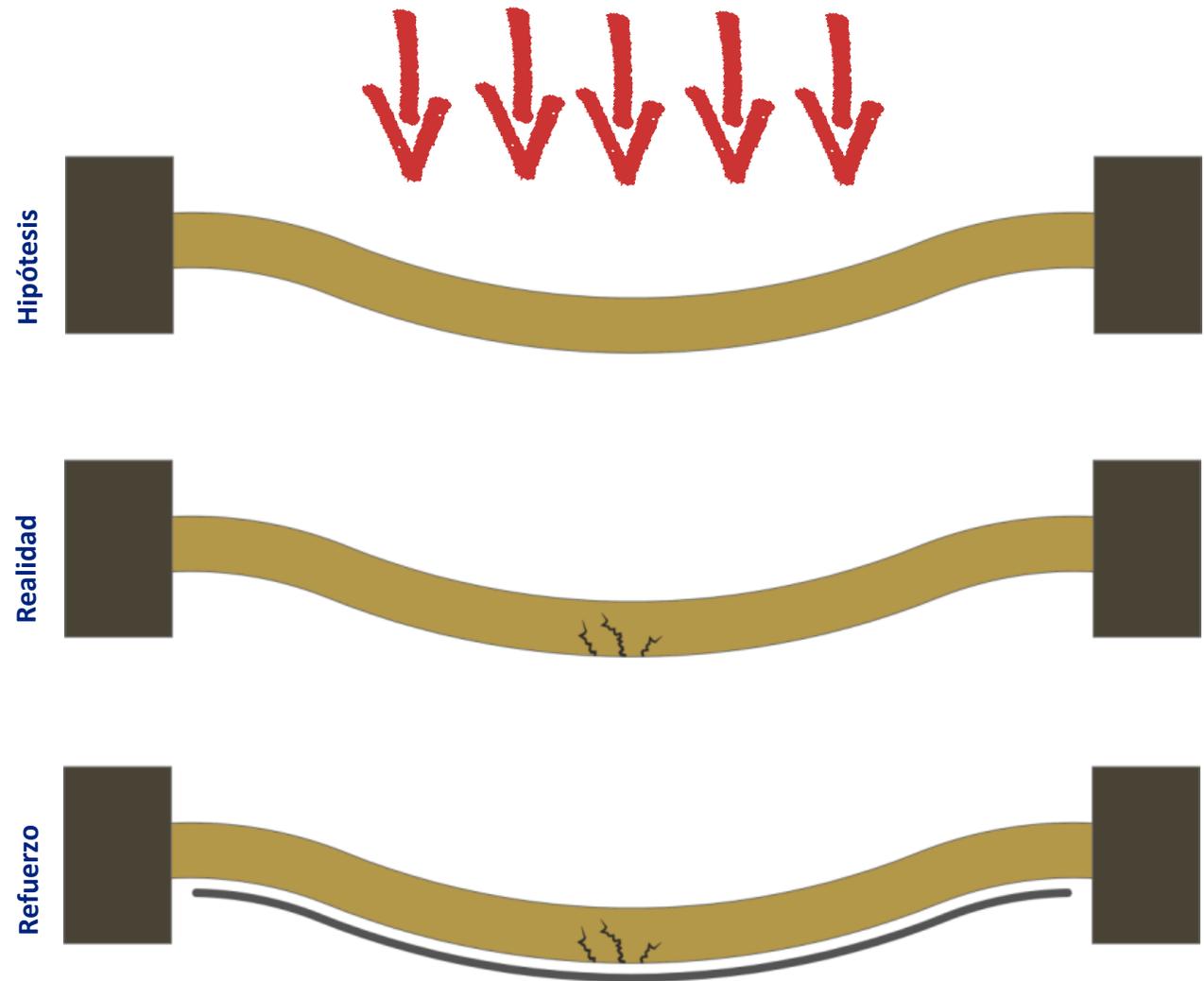
Lámina Carbotec: Aplicaciones



- 1 Refuerzo de viguetas en forjado unidireccional: Lámina Carbotec
- 2 Viga incluyendo refuerzo a cortante mediante: Malla de carbotec
- 3 Muro estructural y fábrica de ladrillo: Lámina Carbotec
- 4 Forjado (refuerzo a flexión): Lámina Carbotec
- 5 Apertura de hueco horizontal: Lámina Carbotec
- 6 Pilar por envoltura con superficie completa: Malla Carbotec
- 7 Apertura de hueco vertical: Lámina Carbotec
- 8 Refuerzo de escaleras: Lámina Carbotec



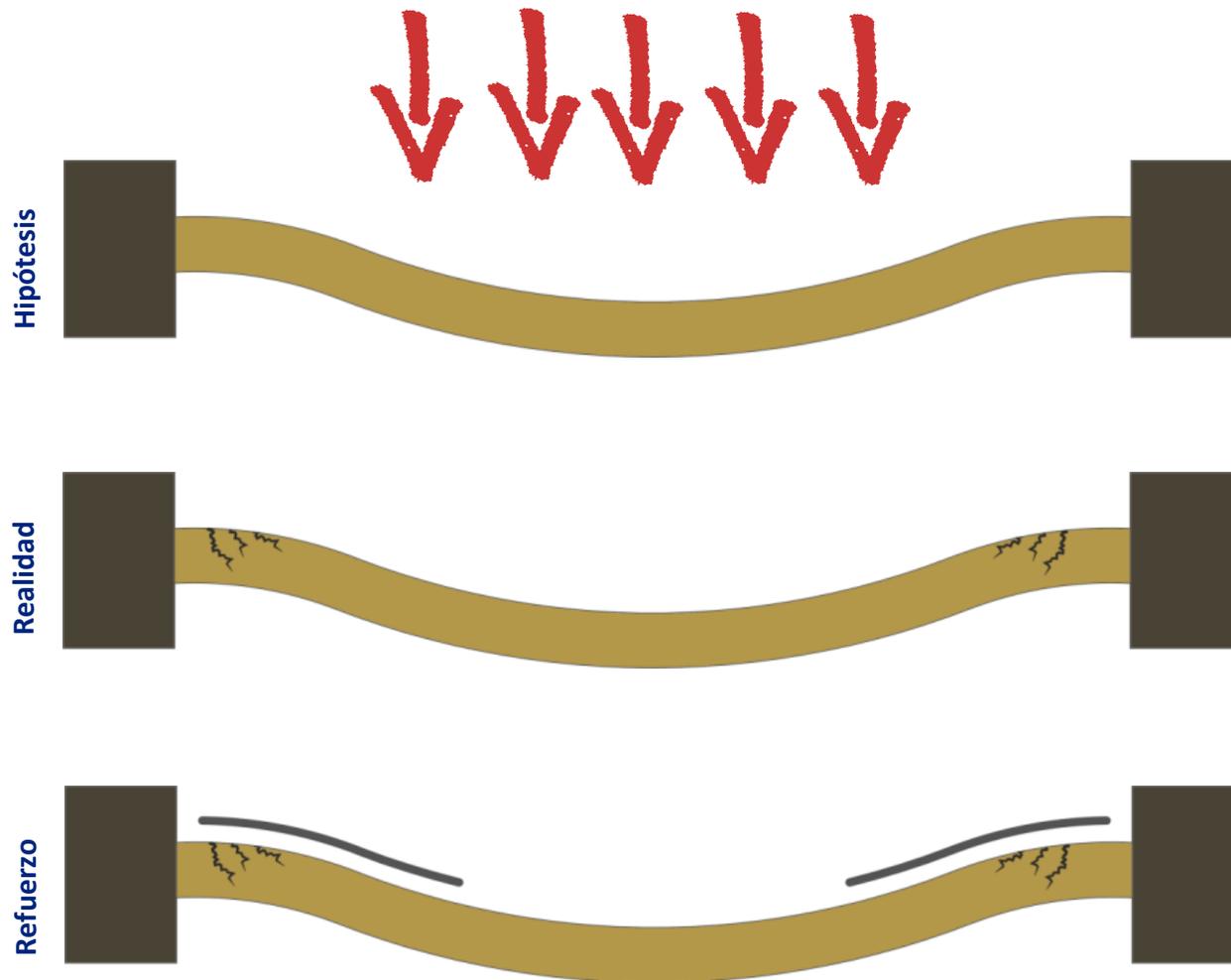




Ejemplos de obras reales:







Ejemplos de obras reales:







Hipótesis



Realidad



Refuerzo

Ejemplo de obra real:







Hipótesis



Realidad

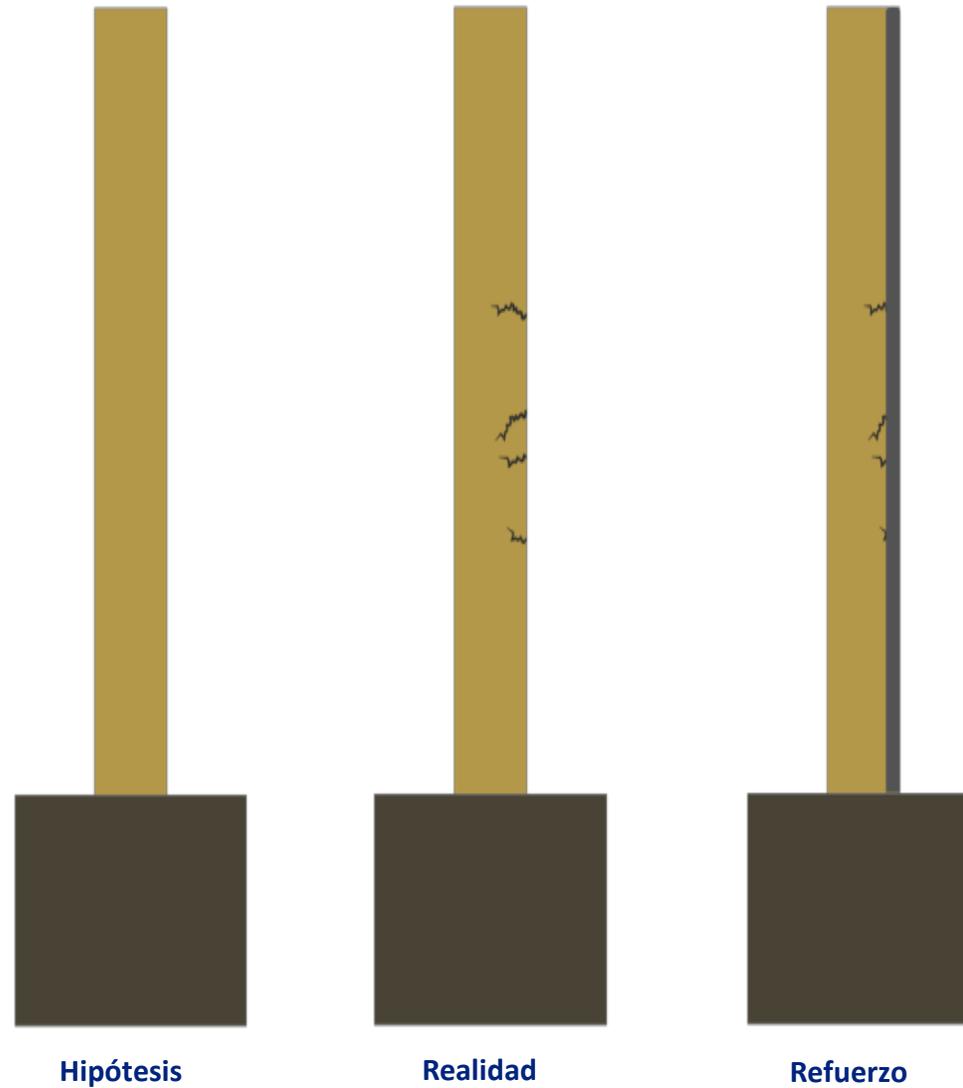


Refuerzo

Ejemplo de obra real:







Ejemplo de obra real:





- Resistencia a tracción superficial del soporte :
 $> 1,5 \text{ N/mm}^2$.
- Ley de momentos.
- Deformación última a
 $\epsilon = 0.73 \% *$

$F_{bd, \text{máx}} < F_{fd}$

Fuerza tracción
FRP

Fuerza
Adherencia



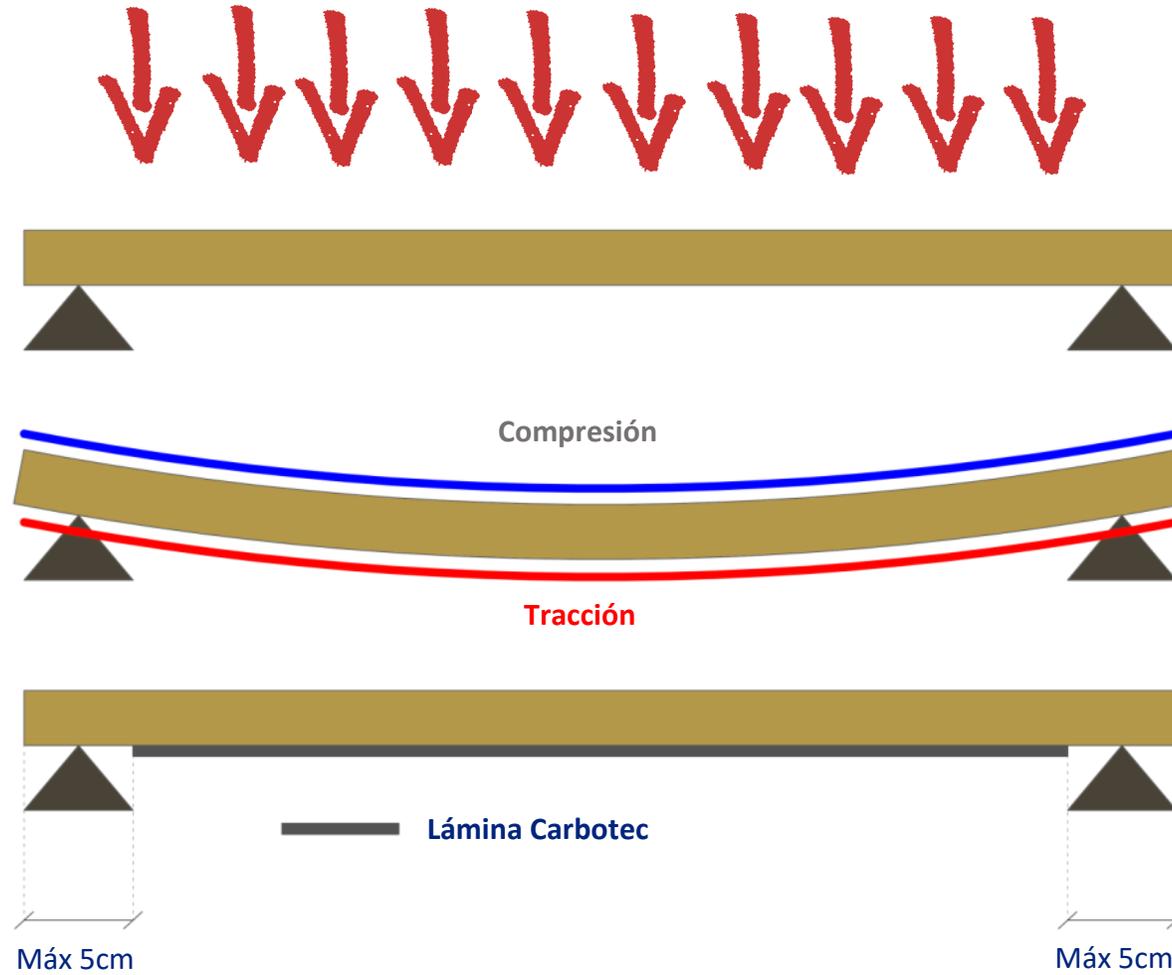
$F_{bd, \text{máx}} > F_{fd}$



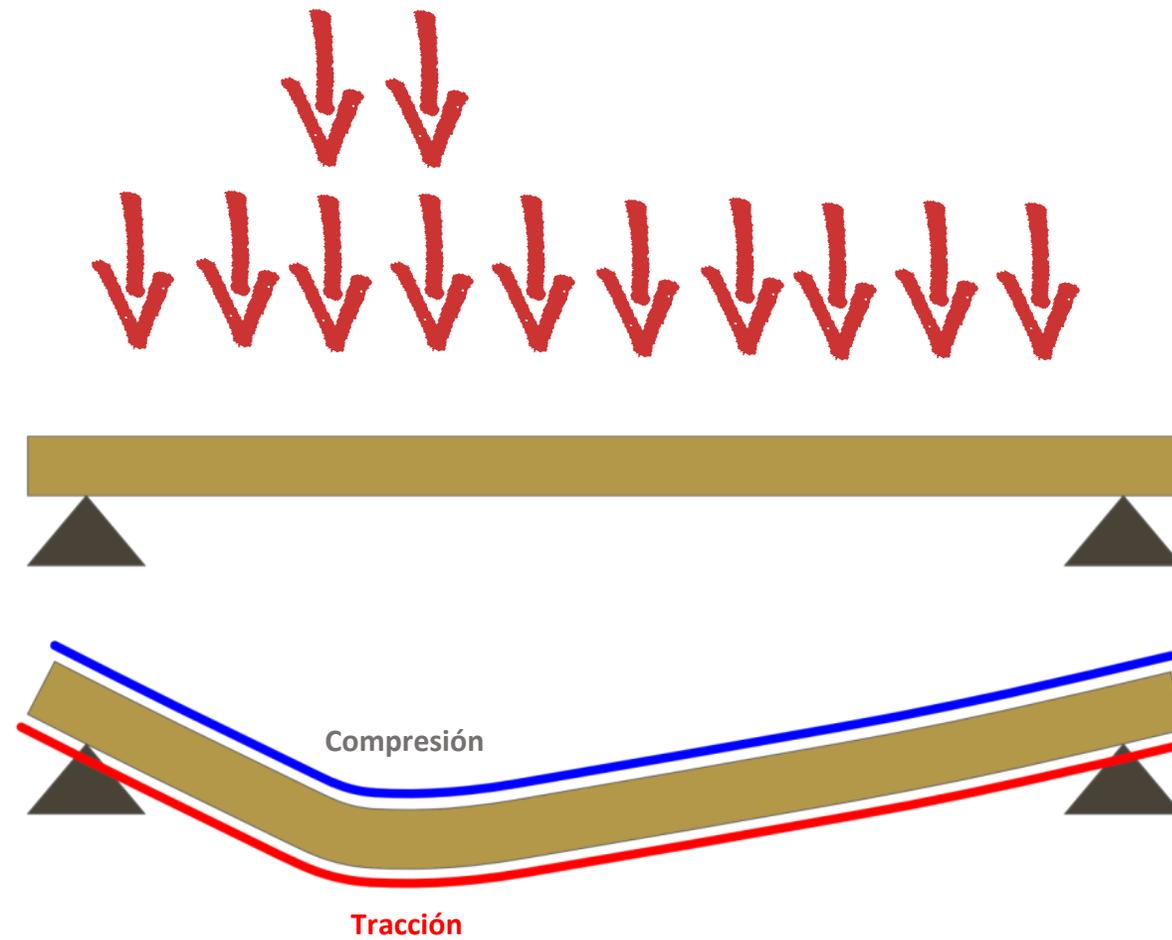
Problema

* Dato relacionado con el caso de la imagen (ensayo en universidad de Alemania). Generalmente: $0,7 < \epsilon < 0,8$ según normativa.

Caso habitual:



* Recomendación proveniente de la normativa alemana



$F_{bd, \text{máx}} > F_{fd}$



Usar Anclaje

Anclajes mecánicos:



* El anclaje se puede realizar en determinados casos mediante malla.



Tipos de refuerzo

Malla Carbotec



Malla Carbotec:

- Tejidos unidireccionales de pequeño espesor.
- Incorporan fibras auxiliares (vidrio, polipropileno...) que agrupan las fibras.
- Posible aplicación en zonas angulosas sin romper los filamentos.

Tipos de malla:

- 200 gr/m²
- 300 gr/m²
- 400 gr/m²

Datos técnicos	200 gr/m ²	300 gr/m ²	400 gr/m ²
Módulo de elasticidad	≥ 240 kN/mm ²	≥ 240 kN/mm ²	≥ 240 kN/mm ²
Resistencia a Tracción	≥ 4300 N/mm ²	≥ 4300 N/mm ²	≥ 4300 N/mm ²
Elongación a rotura	≥ 1,55 %	≥ 1,55 %	≥ 1,55 %
Espesor (Gramaje / Densidad)	0,117mm	0,176mm	0,234mm

Malla Carbotec + Adhesivo Carbotec Impregnante

- Refuerzo a cortante de vigas
- Refuerzo de pilares



LINEA REHABILITACIÓN

MALLA CARBOTEC

Telajo de fibra de carbono de alta resistencia para refuerzo estructural.

DESCRIPCIÓN

El Sistema Malla Carbotec del tipo UD está compuesto por un tejido de fibra de carbono unidireccional en rollos.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

- Incremento de la resistencia y durabilidad en columnas.
- Incremento de la carga axial soportada en columnas.
- Uso en el diseño de fibra de alta calidad en la fabricación.
- Cargas verticales sobre las placas de acero en vigas adyacentes.
- Puede aplicarse a vigas, columnas, huecos y juntas de cruce así como a los de hormigón.
- El refuerzo Carbotec frente a las deformaciones por flexión aporta ventajas como refulgor.
- Ligero y flexible. No requiere maquinaria pesada.
- Resistente a la corrosión. No requiere tratamiento adicional.
- Sin dificultad en las conexiones con las barras.
- Menor riesgo de quemar.
- Bajo impacto ambiental.

Campos de aplicación:

El sistema Malla Carbotec del tipo unidireccional (UD) se usa para el refuerzo a puntas de elementos de hormigón, vigas y columnas.

Estos elementos de fibra de carbono están diseñados y diseñados para una larga vida útil. Esto asegura que el sistema sea a lo largo de la vida útil de la construcción, y los cálculos incluso pueden ser insuficiente debido a:

- Aumento de la carga debido al cambio de uso de la construcción.
- Incremento de las temperaturas de combustión.
- Corrosión del acero.
- Degradación del hormigón.
- Cambio de cargas de peso y pre-tensionado.
- Daños por fuego en ciertos puntos de la construcción.
- Terremotos pasados o que puedan pasar.

SOportes

La adherencia del soporte ya preparado debe verificarse mediante prueba de adhesión en puntos al sitio. El hormigón debe tener una adhesión mínima de 1,5 MPa/cm².

grupopuma

LINEA REHABILITACIÓN

ADHESIVO CARBOTEC IMPREGNANTE

Resina epoxi bicomponente, esencia de disolventes, transparente, formulado con un endurecedor de amina.

DESCRIPCIÓN

Adhesivo carbotec impregnante es una resina que gracias a su capacidad de impregnación y estructura permite adherir la malla carbotec sobre los elementos de hormigón, hormigón armado y albañilería.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

- La adherencia al hormigón supera la cohesión del material.
- Buen nivel.
- Muy buena resistencia al desgaste y al impacto.
- Control de retracción.
- Alta resistencia.
- Adherencia excelente en juntas.
- Una vez curado resistente a bases, ácidos diluidos, aceites minerales y ácidos. Resistencia química.
- Resistente a cambios de temperatura en el rango de -30°C a +80°C en exposición seca y superior a +80°C en exposición húmeda.

SOportes

- Para asegurar un requerimiento mínimo cuando la humedad sea excesiva, debe formarse y mantenerse con humedad adecuada.
- El soporte debe estar seco, limpio y libre de polvo para la aplicación de adhesivo carbotec impregnante.
- La adherencia del soporte ya preparado debe verificarse mediante prueba de adhesión en puntos al sitio. El hormigón debe tener una adhesión mínima de 1,5 MPa/cm².

MODO DE EMPLEO

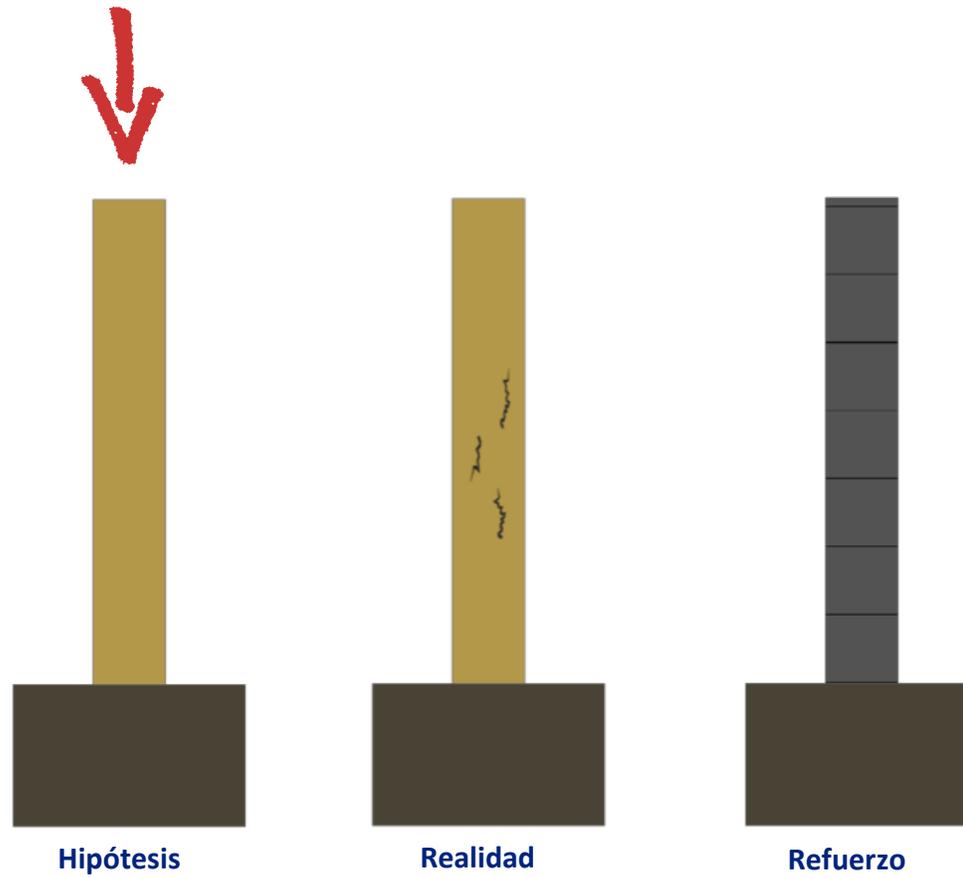
- Mezclar el componente A y el B en un recipiente limpio y mezclar minuciosamente durante 3 minutos con un mezclador de tipo estructural hasta obtener una mezcla homogénea.
- Mezclar longitudinalmente y la parte inferior del recipiente cuidadosamente, asegurando que el endurecedor llegue a los bordes uniformemente.
- La temperatura de ambiente comprendida en el momento de mezclar será 10°C - 20°C. Temperaturas superiores reducen el tiempo de curado.
- Proteger la zona de la humedad durante 9-14 horas después de la aplicación. Cualquier contacto con humedad, la superficie se vuelve blanda y pierde la capacidad adhesiva. Se re aplica a modo de impregnación en caso de necesitar una preparación.
- Aplicar el adhesivo carbotec impregnante con un rodillo (o 300 gr/cm²) en espesor constante y con un ancho que cubra 5-10 cm más que el ancho de la malla.
- Presionar la malla de fibra de carbono contra el adhesivo carbotec impregnante con un rodillo especial hecho de goma ligera o de metal que permita al adhesivo penetrar a través de las fibras del tejido.
- Trabajar siempre del frente hacia atrás en dirección de las fibras de carbono. Evitar en una punta y trabajar hacia la otra y avanzar en el modo y avanzar hacia las juntas. No se aplica todo el área al mismo tiempo.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES

- Consultar con el Departamento Técnico para cualquier aplicación no especificada en esta Ficha Técnica.
- Para la limpieza de los herramientas, se aconseja lavarse con disolvente del tipo acetato etílico, evitando antes del endurecimiento del producto.
- Para toda información respecto a la seguridad en el empleo, consulte el manual de seguridad y uso del producto, consulte siempre y la versión actualizada de la Hoja de Seguridad del producto.

grupopuma

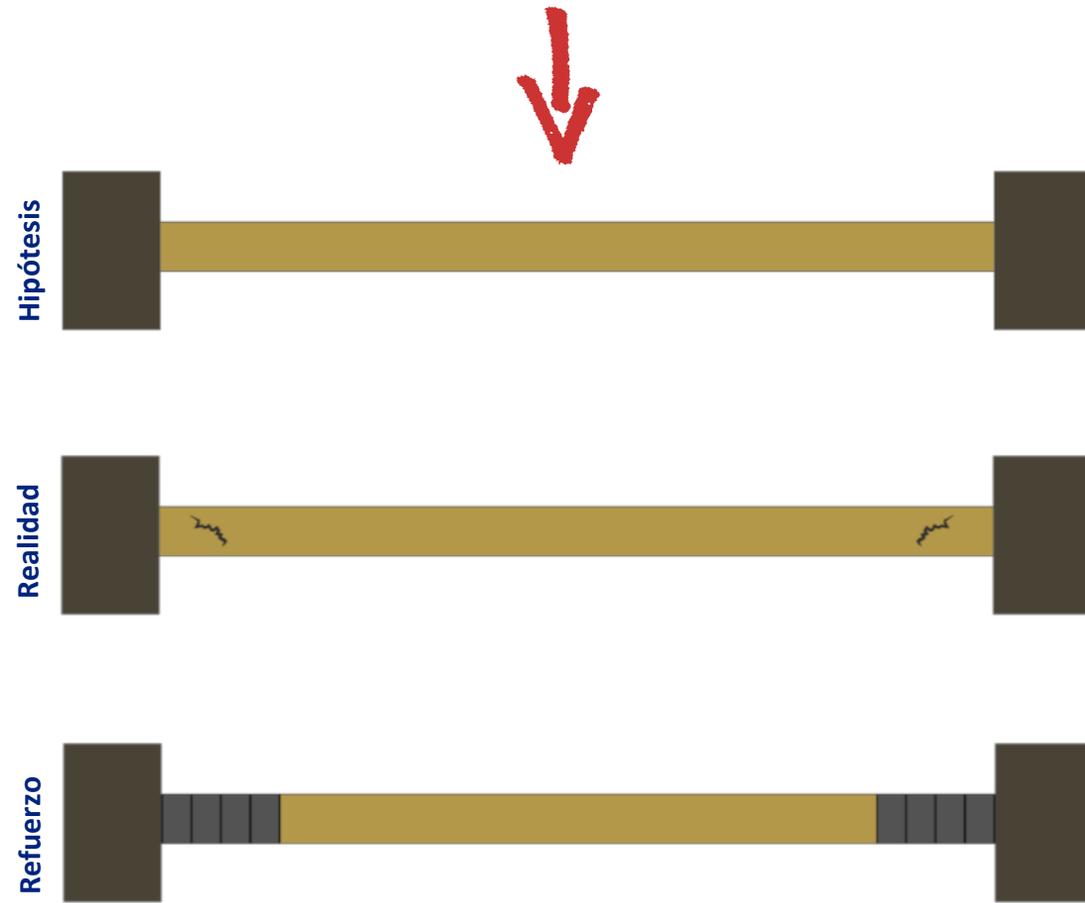




Ejemplos de obras reales:



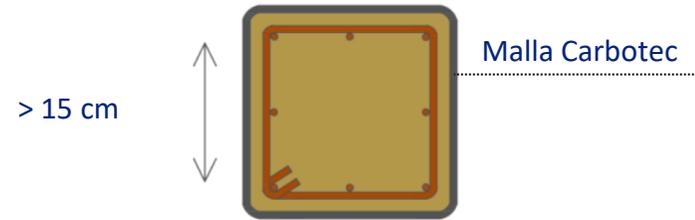




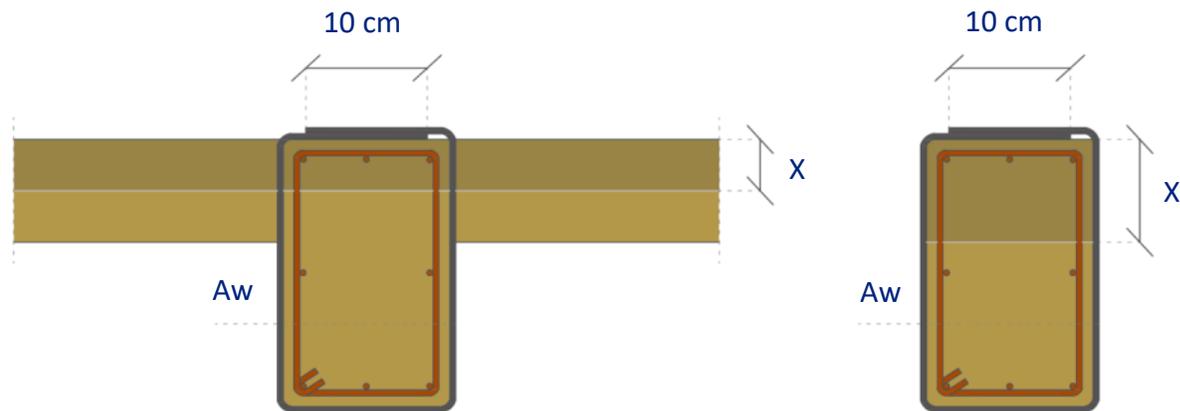
Ejemplos de obras reales:



Anclaje en pilares



Anclaje en vigas





Aplicación

Lámina Carbotec

Malla Carbotec

Conector Carbotec

Consideraciones previas:

- Tensión de adherencia de tracción del soporte > **1,5 N/mm²**.
- La T^a del punto de rocío se compara con la T^a superficial del elemento de construcción, que debe estar por lo menos **3 °C** por encima de la T^a del punto de rocío.
- Máximo contenido de humedad en el soporte < **4%**.
- T^a máx y mín del soporte: **+8 °C hasta +35 °C**
- T^a adhesivo: **+10 °C hasta +35 °C**



Preparación de soporte:

- Sanear, limpiar armados, pasivar y regenerar



- Inyectar fisuras mayores de 2mm



- Reperfilado la superficie con mortero de regularización



- Eliminar lechadas superficiales (lijado, chorro de arena...)



- Limpieza del soporte



- Comprobación de la planiedad (<math><1\text{mm}</math> sobre regla 2m)



Aplicación del laminado:

- En forma abovedada - espesor máx 5mm -



- Ligera presión manual para la fijación de la lámina.



- Presión mediante rodillo.



- Comprobación de huecos vacíos.



Acabado:

- Proyección de árido de cuarzo.



Preparación del soporte:

- Redondeo de aristas $r > 2,5\text{cm}$



Aplicación:

- Distribuir con rollo de presión



- Extender con espátula de goma o rodillo.



- Comprobación de huecos vacíos.



Acabado:

- Proyección de árido.



- Revestimiento.



Consideraciones de cara al cálculo de la FC

- Soporte en el CTE: Permite sistemas innovadores siempre que estén debidamente justificados.
- Elevada experiencia de casos resueltos satisfactoriamente.
- Normativa empleada: (Fédération internationale du béton) **Bulletin FIB nº 14** (Externally bonded FRP reinforcement for RC structures - 2001).
- Comprobar previamente la rentabilidad del refuerzo:
 - Fibra neutra de la sección a reforzar está en los dominios de deformación 2 ó 3 (Flexotracción o Flexión simple con cuantías de armadura bajas -dominio 2- y medias -dominio 3-).
 - Dominio 1 (Tracción simple o compuesta): No suele ser necesario reforzar.
 - Dominio 4 (Flexión simple o compuesta con alta densidad de armaduras): No es eficaz ni rentable reforzar.
- La estructura a reforzar debe ser estable sin contar con el refuerzo:
 - Seguridad en caso de fallo del refuerzo por adherencia (situación accidental).
 - Coeficiente de seguridad de la estructura ≥ 1
 - La estructura de hormigón debe cumplir por si misma la resistencia al fuego, según criterios de cálculo del DB SI 6.



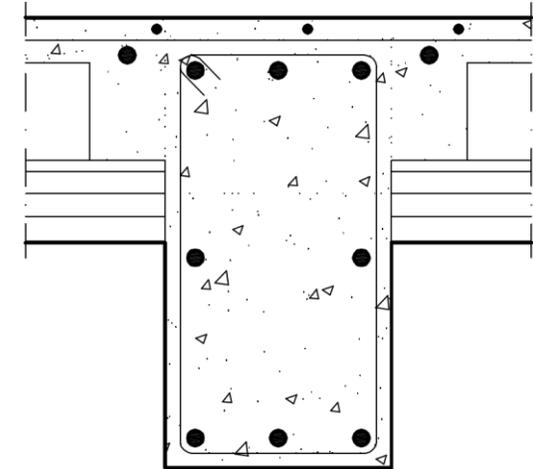
Ejemplo de cálculo

Refuerzo de viga a flexión con laminado de FC



Caso práctico: Viga rectangular de sección 30x60 cm y 5 m de luz que sufre problemas de corrosión de armaduras. Se desea disponer laminado de FC que resista todo el momento positivo del vano, obviando el trabajo de la armadura.

Datos de la viga de H.A. a calcular				Tipo de forjado		Piso
Geometría		H.A. y acero corrugado		Cargas actuantes por unidad de superficie		
L	5,00 m	f_{ck}	25 N/mm ²	PP	Forjado viguetas (25+5). Bovedillas hormigón.	3,54 KN/m ²
b_c	0,30 m	f_{cd}	16,7 N/mm ²		Pavimento.	1,00 KN/m ²
h_c	0,60 m	f_{yk}	500 N/mm ²	SC	Uso.	2,00 KN/m ²
r_{inf}	0,05 m	γ_s	1,15		Particiones.	1,00 KN/m ²
d_c	0,55 m	f_{yd}	434,8 N/mm ²		Q_{total}	7,54 KN/m²
		$f_{y\alpha d}$	400,0 N/mm ²			
Selección del tipo de viga (Comportamiento estructural)				Viga biarticulada de 1 vano		



Viga H.A. Comprobación de armadura longitudinal existente + Cálculo de refuerzo CARBOTEC fibra UD.

A _{tributaria}		Arm. de tracción existente		Dimensionado refuerzo con Carbotec	
A _{tributaria}	25,00 m ²	4	Ø16	M _d a resistir por el refuerzo	187,21 KNm (Todo el momento requerido)
Coef _{may acc}	1,5	2	Ø10		
Q _{d total viga}	59,91 KN/m	OK	9,61 cm²		
M _d	187,21 KNm	M _{d arm exist}	206,89 KNm		
A _{s tracción}	8,97 cm²				

Cálculo de la sección necesaria de laminado de FC: Por equivalencia de áreas se obtiene la cuantía necesaria de FC.

Armadura de tracción existente en la viga (Cara inferior en vigas y cara superior en ménsulas) y datos de fibra de carbono a emplear

Armadura existente	
4	Ø16
2	Ø10
Área total	9,61 cm²
Ancho sección h.a.	30,00 cm

Datos acero corrugado	
Tipo acero corrugado	B 500S
f_{yk}	500,0 N/mm ²
γ_s	1,15
f_{yd}	434,8 N/mm ²

Datos fibra de carbono (Lámina 170)	
Elo máx	0,80 %
E_{fibra}	Lámina 170 (LM) 170.000 MPa
Coef minoración fibra	1

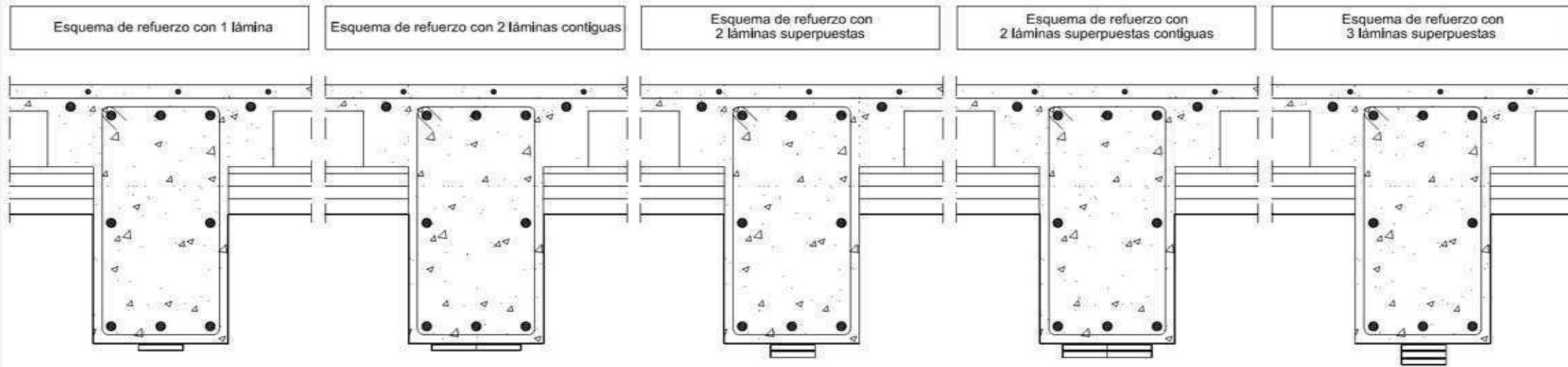
Sección equivalente f.c. 170	
Área total f.c.	3,01 cm²

$$A_{total\ f.c.} = \frac{A_{total\ a.c.} * F_{yd}}{E_{lo\ máx\ f.c.} * E_{f.c.}}$$

Datos fibra de carbono (Lámina 200)	
Elo máx	0,80 %
E_{fibra}	Lámina 200 (HM) 205.000 MPa
Coef minoración fibra	1

Sección equivalente f.c. 200	
Área total f.c.	2,50 cm²

$$A_{total\ f.c.} = \frac{A_{total\ a.c.} * F_{yd}}{E_{lo\ máx\ f.c.} * E_{f.c.}}$$

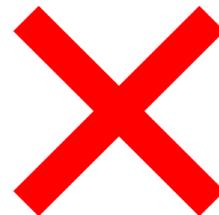
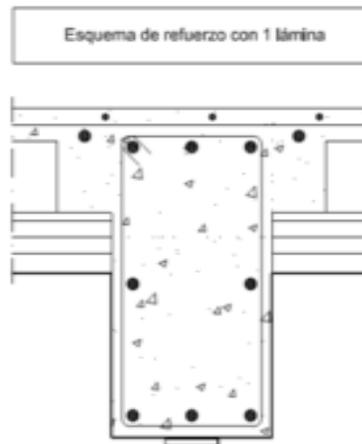


Obtención de refuerzo óptimo (láminas de bajo módulo): Se debe tener en cuenta el número de laminados necesario y el ancho útil de la sección a reforzar.

Selección y dimensionamiento de refuerzo Carbotec lámina UDS 170 (En sustitución del armado existente)

Refuerzo Carbotec lámina UDS 170	Área 1 lámina	Ancho fibra
Carbotec Lámina 50/1,2	0,60-cm ²	5,00 cm
Carbotec Pro Lámina 50/1,4	0,70-cm ²	5,00 cm
Carbotec Pro Lámina 60/1,4	0,84-cm ²	6,00 cm
Carbotec Lámina 80/1,2	0,96-cm ²	8,00 cm
Carbotec Pro Lámina 80/1,4	1,12-cm ²	8,00 cm
Carbotec Lámina 100/1,2	1,20-cm ²	10,00 cm
Carbotec Pro Lámina 90/1,4	1,26-cm ²	9,00 cm
Carbotec Pro Lámina 100/1,4	1,40-cm ²	10,00 cm
Carbotec Lámina 120/1,2	1,44-cm ²	12,00 cm
Carbotec Pro Lámina 120/1,4	1,68-cm ²	12,00 cm
Carbotec Lámina 150/1,2	1,80-cm ²	15,00 cm

Refuerzo Carbotec lámina UDS 170	Área 2 láminas contiguas	Ancho fibra
Carbotec Lámina 50/1,2	1,20-cm ²	10,00 cm
Carbotec Pro Lámina 50/1,4	1,40-cm ²	10,00 cm
Carbotec Pro Lámina 60/1,4	1,68-cm ²	12,00 cm
Carbotec Lámina 80/1,2	1,92-cm ²	16,00 cm
Carbotec Pro Lámina 80/1,4	2,24-cm ²	16,00 cm
Carbotec Lámina 100/1,2	2,40-cm ²	20,00 cm
Carbotec Pro Lámina 90/1,4	2,52-cm ²	18,00 cm
Carbotec Pro Lámina 100/1,4	2,80-cm ²	20,00 cm
Carbotec Lámina 120/1,2	2,88-cm ²	24,00 cm
Carbotec Pro Lámina 120/1,4	3,36-cm ²	24,00 cm
Carbotec Lámina 150/1,2	3,60-cm ²	30,00 cm



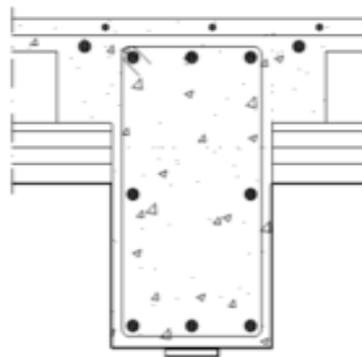
Obtención de refuerzo óptimo (láminas de alto módulo): Se debe tener en cuenta el número de laminados necesario y el ancho útil de la sección a reforzar.

Selección y dimensionamiento de refuerzo Carbotec lámina UDS 200 (En sustitución del armado existente)

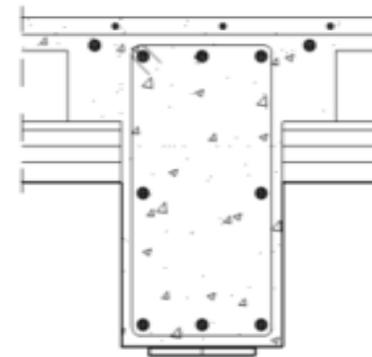
Refuerzo Carbotec lámina UDS 200	Área 1 lámina	Ancho fibra
Carbotec Pro Lámina 20/1,4	0,28 cm ²	2,00 cm
Carbotec Pro Lámina 50/1,4	0,70 cm ²	5,00 cm
Carbotec Pro Lámina 60/1,4	0,84 cm ²	6,00 cm
Carbotec Pro Lámina 80/1,4	1,12 cm ²	8,00 cm
Carbotec Pro Lámina 90/1,4	1,26 cm ²	9,00 cm
Carbotec Pro Lámina 100/1,4	1,40 cm ²	10,00 cm
Carbotec Pro Lámina 120/1,4	1,68 cm ²	12,00 cm

Refuerzo Carbotec lámina UDS 200	Área 2 láminas contiguas	Ancho fibra
Carbotec Pro Lámina 20/1,4	0,56 cm ²	4,00 cm
Carbotec Pro Lámina 50/1,4	1,40 cm ²	10,00 cm
Carbotec Pro Lámina 60/1,4	1,68 cm ²	12,00 cm
Carbotec Pro Lámina 80/1,4	2,24 cm ²	16,00 cm
Carbotec Pro Lámina 90/1,4	2,52 cm ²	18,00 cm
Carbotec Pro Lámina 100/1,4	2,80 cm ²	20,00 cm
Carbotec Pro Lámina 120/1,4	3,36 cm ²	24,00 cm

Esquema de refuerzo con 1 lámina



Esquema de refuerzo con 2 láminas contiguas





Ejemplo de cálculo

Refuerzo de viga a cortante con tejido de FC





Caso práctico: Viga descolgada de 30x65 cm y 5 m de luz. Se necesita comprobar su resistencia a cortante al aumentar la SCU del forjado de 2 a 5 KN/m². Calcular refuerzo con tejido de FC si éste fuera necesario.

Datos de la viga de H.A. a calcular

Geometría		H.A. y acero corrugado	
L	5,00 m	f _{ck}	25 N/mm ²
b _c	0,30 m	f _{cd}	16,7 N/mm ²
h _c	0,65 m	f _{yk}	500 N/mm ²
r _{inf}	0,04 m	γ _s	1,15
d _c	0,61 m	f _{yd}	434,8 N/mm ²
		f _{yad}	400,0 N/mm ²

Tipo de forjado

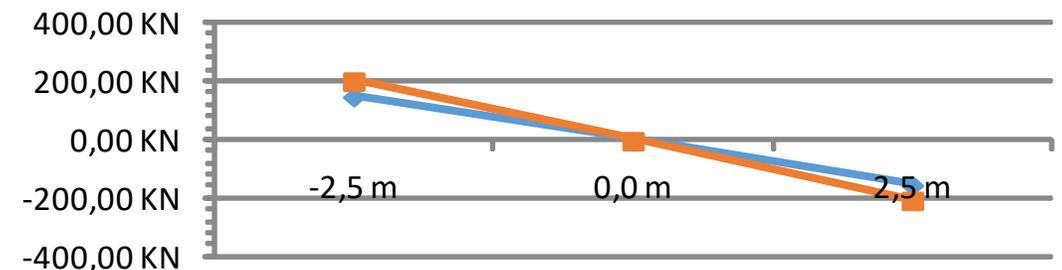
Cargas actuantes por unidad de superficie		Piso
PP	Forjado viguetas (25+5). Bovedillas hormigón.	3,54 KN/m ²
	Pavimento.	1,00 KN/m ²
SC	Uso.	2,00 KN/m ²
	Particiones.	1,00 KN/m ²
	Q_{total}	7,54 KN/m²
	A _{tributaria}	25,00 m ²
	Coef _{may acc}	1,5
	Q_{d total viga}	60,47 KN/m



Donde: V_d (Cortante mayorado) = (Q_d*L)/2

Viga H.A. Esfuerzo cortante (Estado de cargas inicial). Evaluación de la resistencia del hormigón y los estribos.

V _{d inicial}	151,17 KN	Arm. de tracción existente viga	2	∅16
			2	∅12
ρ _l	0,003433		6,28 cm²	
F _{cv}	0,32 N/mm²			
V _{cu}	58,92 KN	Estribos existentes en viga	4 ramas	∅6
Z	0,53 m		c/ 20 cm	1,13 cm²
V _s	125,88 KN			
V _{cu} + V _s	184,80 KN			



—◆— Ley de esfuerzos cortantes. Estado inicial.
—■— Ley de esfuerzos cortantes. Estado reformado.

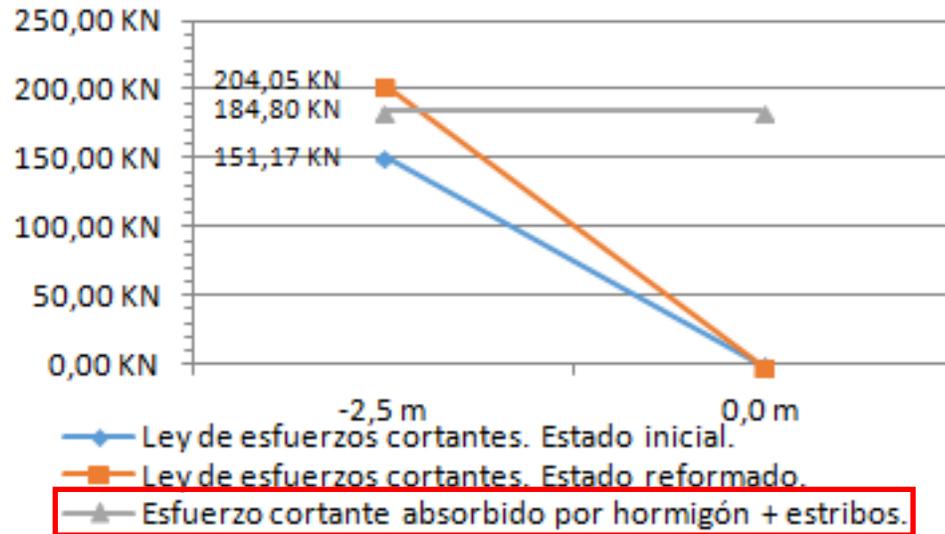
ESFUERZO CORTANTE RESISTIDO SATISFACTORIAMENTE POR HORMIGÓN + ESTRIBOS

Donde: V_{cu} es la contribución del hormigón a cortante y V_s es la contribución de la armadura a cortante.



Comprobación: Se observa que, con el nuevo estado de cargas, el cortante resistido por hormigón + armaduras es insuficiente, por lo que la sección deberá ser reforzada a cortante con tejido de FC.

Viga H.A. Esfuerzo cortante (Nuevo estado de cargas)



Tipo de forjado

Piso

Cargas actuantes por unidad de superficie

pp	Forjado viguetas (25+5). Bovedillas hormigón.	3,54 KN/m ²
	Pavimento.	1,00 KN/m ²
SC	Uso.	5,00 KN/m ²
	Particiones.	1,00 KN/m ²
	Q_{total}	10,54 KN/m²



Esfuerzo cortante (nuevo estado de cargas) $V_{d \text{ nuevas cargas}}$ **204,05 KN**

$Q_{d \text{ total viga}}$ **81,62 KN/m**

Viga H.A. Verificación de compresión oblicua del alma de la viga

V_u	915,00 KN
$V_{d \text{ inicial}}$	151,17 KN
$V_{d \text{ nuevas cargas}}$	204,05 KN

V_u debe ser superior a V_d inicial y V_d del nuevo estado de cargas. En caso contrario, la sección no es reforzable.

SECCIÓN REFORZABLE A CORTANTE

SECCIÓN REFORZABLE A CORTANTE

Donde: V_u es la compresión oblicua de alma absorbida por el hormigón a 45°. EHE-08 44.2.3.1.



Comprobación: Seleccionamos tejido de FC de 200 gr/m² y comprobamos su idoneidad en colocación a 1 capa. Imaginamos que se trata de una viga exenta, el ejemplo de ejecución más sencilla.

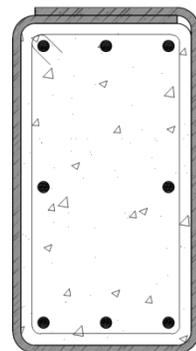
Datos refuerzo Malla o lámina Carbotec

Carbotec malla 200 gr/m²

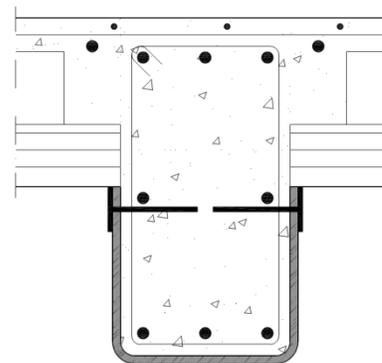
θ°	45,00 grados
	0,785 rad
α°	90,00 grados
	1,571 rad
Espesor _{banda}	0,117 mm
Nº capas _{refuerzo}	1
k_m	1,0
Espesor _{eficaz}	0,117 mm
Anchura _{banda}	300,0 mm
Dist _{ejes refuerzo}	200,00 mm
E_{fu}	240.000 N/mm²
ϵ_{fu}	0,0155

TIPOLOGÍAS DE REFUERZOS EN VIGAS CON TEJIDO

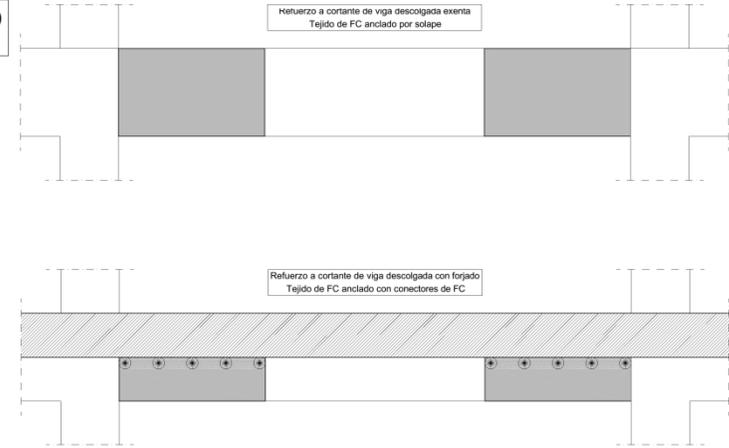
Refuerzo a cortante de viga exenta
Tejido de FC con solape



Refuerzo a cortante de viga descolgada (con forjado)
Tejido de FC + anclaje con conectores de FC



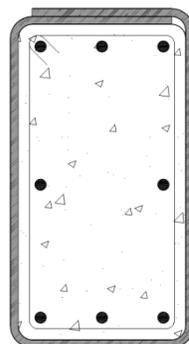
Refuerzo a cortante de viga descolgada exenta
Tejido de FC anclado por solape



Refuerzo a cortante de viga descolgada con forjado
Tejido de FC anclado con conectores de FC

Cálculo de la contribución del tejido de fibra de carbono.
ENVOLTURA TOTAL CONTINUA (Sólo tejido) (Vigas exentas)

ρ_{f1}	0,00078
ϵ_{f1}	0,0070126
$V_{d.f1}$	166,32 KN

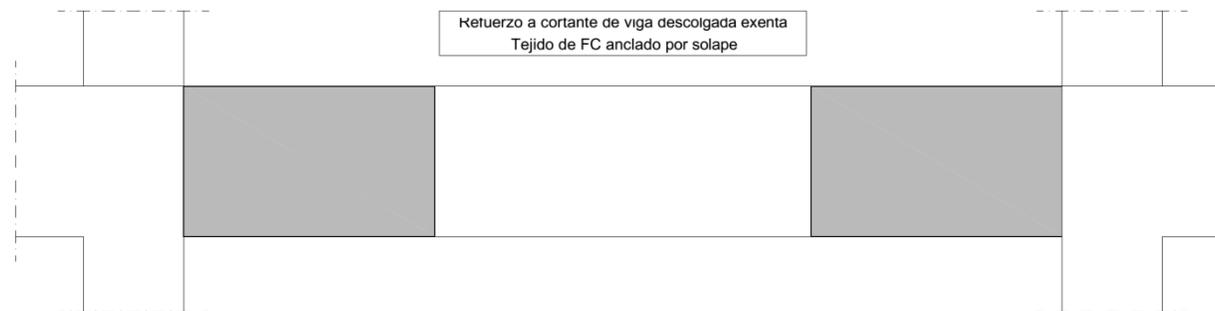


Comprobación idoneidad

V_d nuevas cargas	204,05 KN
$V_{cu} + V_s + V_{d.f1}$	351,12 KN

EL REFUERZO ES SUFICIENTE

Comprobación: $V_{d.f1}$ es la contribución a cortante del refuerzo con tejido de FC y observamos que $V_{cu} + V_s + V_{d.f1} > V_d$ nuevas cargas, por lo que la solución de refuerzo es APTA con 1 capa de tejido Carbotec Malla de 200 gr/m².





Ejemplo de cálculo

Confinamiento de pilares con tejido de FC



Caso práctico: Pilar de sección cuadrada (40x40 cm) que se desea reforzar por confinamiento debido al aumento de 1 planta en el edificio.

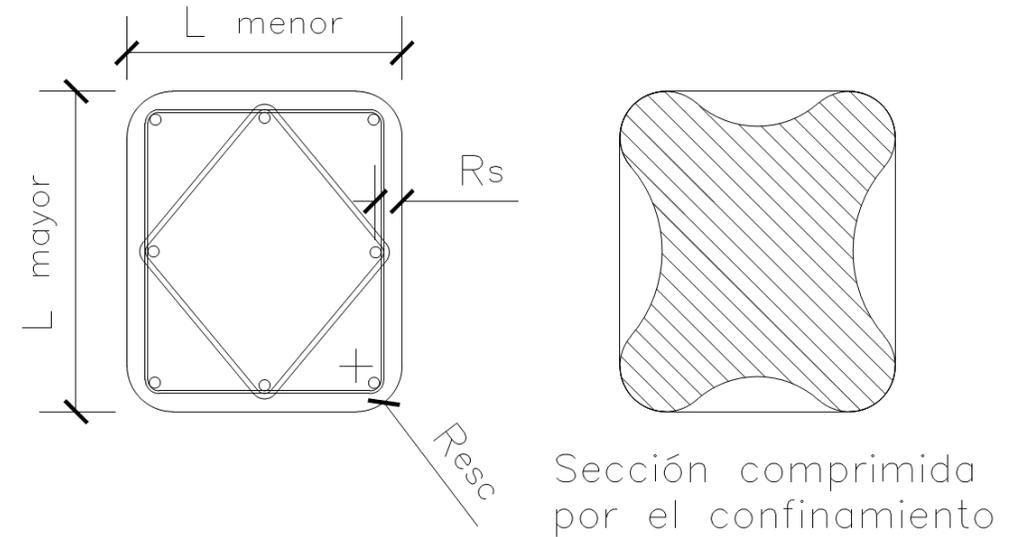
Datos del pilar de H.A. a calcular

Geometría del pilar		H.A. y acero corrugado	
L_{mayor}	400,00 mm	f_{ck}	25 N/mm ²
L_{menor}	400,00 mm	f_{cd}	16,7 N/mm ²
$L_{\text{mayor}} / L_{\text{menor}}$	1,00	f_{cm}	33,0 N/mm ²
r_s	30,00 mm	f_{ct}	2,56 N/mm ²
r_{esc}	50,00 mm	E_c	27.264,04 N/mm ²
$AC_{.rec}$	160.000,00 mm ²	f_{yk}	500 N/mm ²
$AN_{.rec}$	159.095,22 mm ²	γ_s	1,15
$L_{\text{mayor c.forma}}$	300,00 mm	f_{yd}	434,8 N/mm ²
$L_{\text{menor c.forma}}$	300,00 mm	f_{yad}	400,0 N/mm ²

Armado existente del pilar

8	Ø12
---	-----

$A_{s.rec}$	9,05 cm ²
-------------	----------------------





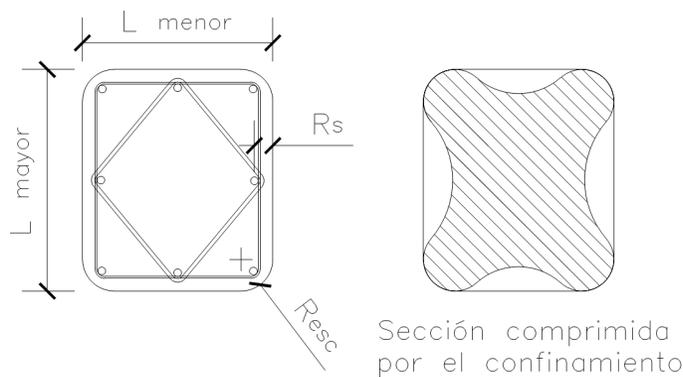
Comparación de axiles entre estado inicial y reformado (construcción de 1 planta adicional): El axil del estado reformado supera al admisible por la sección, por lo que se precisa refuerzo del pilar a confinamiento por tejido FC.

Cargas actuantes por unidad de superficie (Estado inicial)

PP	Forjado viguetas (25+5). Bovedillas hormigón.	3,54 KN/m ²
	Pavimento.	1,00 KN/m ²
SC	Uso.	2,00 KN/m ²
	Particiones.	1,00 KN/m ²
Q_{total}		7,54 KN/m²
Número de plantas para cálculo del axil		6
A _{tributaria}		35,00 m ²
Altura _{planta}		3,00 m
Coef _{may acc}		1,5
Axil total mayorado a efectos de cálculo		2.979,72 KN
Nc (Capacidad resistente de la sección de hormigón)		2.666,67 KN
Ns (Capacidad resistente de la armadura vertical)		393,38 KN
Nt = Nc + Ns (Capacidad resistente del pilar a axil)		3.060,05 KN
Admisible sin reforzar la sección		CUMPLE

Cargas actuantes por unidad de superficie (Estado reformado)

PP	Forjado viguetas (25+5). Bovedillas hormigón.	3,54 KN/m ²
	Pavimento.	1,00 KN/m ²
SC	Uso.	2,00 KN/m ²
	Particiones.	1,00 KN/m ²
Q_{total}		7,54 KN/m²
Número de plantas para cálculo del axil		7
A _{tributaria}		35,00 m ²
Altura _{planta}		3,00 m
Coef _{may acc}		1,5
Axil total mayorado a efectos de cálculo		3.476,34 KN
Nc (Capacidad resistente de la sección de hormigón)		2.666,67 KN
Ns (Capacidad resistente de la armadura vertical)		393,38 KN
Nt = Nc + Ns (Capacidad resistente del pilar a axil)		3.060,05 KN
Admisible sin reforzar la sección		NO CUMPLE
Admisible reforzando la sección		CUMPLE



Nota: Se incrementa un 20% el axil para tener en cuenta el posible momento producido por excentricidad de cargas.



Dimensionado del confinamiento con tejido FC: Comprobación del incremento de la resistencia con múltiples opciones de refuerzo mediante tejido de FC (Variando gramaje del tejido). También se pueden colocar varias capas de tejido.

Datos refuerzo Malla Carbotec		Proceso de cálculo del refuerzo (Pilar cuadrado)			RESUMEN DEL REFUERZO CALCULADO	
Carbotec malla 200 gr/m²		$K_{f.rec}$	0,62	Coefficiente de forma	Resistencia característica inicial del hormigón f_{ck}	25,00 N/mm²
Anchura banda	300,00 mm	$\rho_{g.rec}$	0,0056549	Cuantía geométrica armadura	Tensión de trabajo real de la sección de hormigón σ_{real}	21,73 N/mm²
Espesor banda	0,117 mm	$\rho_{l.rec}$	0,0011700	Cuantía geométrica tejido	Resistencia característica del hormigón confinado f_{rk}	27,35 N/mm²
Nº capas refuerzo	1	$K_{c.rec}$	87,45	Coefficiente de confinamiento	Incremento de resistencia del pilar Δ	9,39%
		$\sigma_{c.rec}$	0,35 N/mm ²	Tensión de confinamiento		
		$K_{fin.rec}$	1,09	Coefficiente final de confinamiento		

Datos refuerzo Malla Carbotec		Proceso de cálculo del refuerzo (Pilar cuadrado)			RESUMEN DEL REFUERZO CALCULADO	
Carbotec malla 300 gr/m²		$K_{f.rec}$	0,62	Coefficiente de forma	Resistencia característica inicial del hormigón f_{ck}	25,00 N/mm²
Anchura banda	300,00 mm	$\rho_{g.rec}$	0,0056549	Cuantía geométrica armadura	Tensión de trabajo real de la sección de hormigón σ_{real}	21,73 N/mm²
Espesor banda	0,176 mm	$\rho_{l.rec}$	0,0017600	Cuantía geométrica tejido	Resistencia característica del hormigón confinado f_{rk}	28,47 N/mm²
Nº capas refuerzo	1	$K_{c.rec}$	131,55	Coefficiente de confinamiento	Incremento de resistencia del pilar Δ	13,90%
		$\sigma_{c.rec}$	0,53 N/mm ²	Tensión de confinamiento		
		$K_{fin.rec}$	1,14	Coefficiente final de confinamiento		

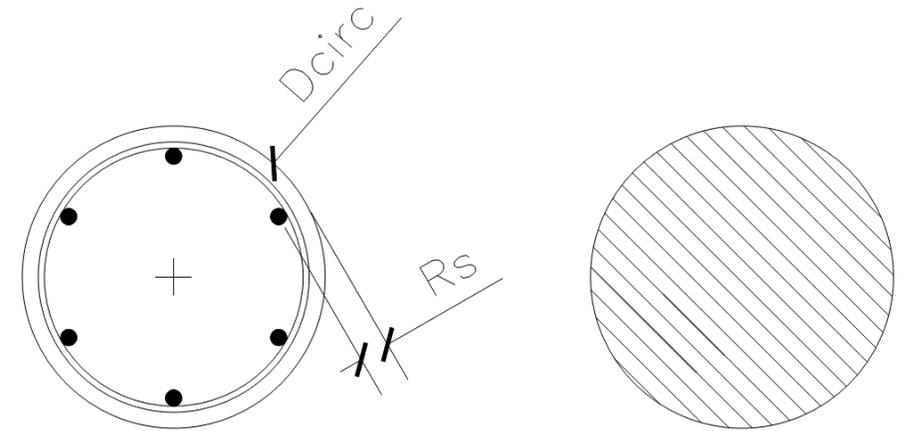
Datos refuerzo Malla Carbotec		Proceso de cálculo del refuerzo (Pilar cuadrado)			RESUMEN DEL REFUERZO CALCULADO	
Carbotec malla 400 gr/m²		$K_{f.rec}$	0,62	Coefficiente de forma	Resistencia característica inicial del hormigón f_{ck}	25,00 N/mm²
Anchura banda	300,00 mm	$\rho_{g.rec}$	0,0056549	Cuantía geométrica armadura	Tensión de trabajo real de la sección de hormigón σ_{real}	21,73 N/mm²
Espesor banda	0,234 mm	$\rho_{l.rec}$	0,0023400	Cuantía geométrica tejido	Resistencia característica del hormigón confinado f_{rk}	29,55 N/mm²
Nº capas refuerzo	1	$K_{c.rec}$	174,90	Coefficiente de confinamiento	Incremento de resistencia del pilar Δ	18,19%
		$\sigma_{c.rec}$	0,70 N/mm ²	Tensión de confinamiento		
		$K_{fin.rec}$	1,18	Coefficiente final de confinamiento		



Caso práctico: Pilar de sección circular (\varnothing 45 cm) que se desea reforzar por confinamiento debido al aumento de 1 planta en el edificio.

Datos del pilar de H.A. a calcular

Geometría del pilar		H.A. y acero corrugado	
D_{circ}	450,00 mm	f_{ck}	25 N/mm ²
r_s	30,00 mm	f_{cd}	16,7 N/mm ²
AC_{cir}	159.043,13 mm ²	f_{cm}	33,0 N/mm ²
An_{cir}	158.138,35 mm ²	f_{ct}	2,56 N/mm ²
		E_c	27.264,04 N/mm ²
		f_{yk}	500 N/mm ²
		γ_s	1,15
		f_{yd}	434,8 N/mm ²
		$f_{y\alpha d}$	400,0 N/mm ²



Sección comprimida por el confinamiento

Armado existente del pilar

8	\varnothing 12
---	------------------

$A_{s,cir}$	9,05 cm ²
-------------	----------------------



Dimensionado del confinamiento con tejido FC: Comprobación del incremento de la resistencia con múltiples opciones de refuerzo mediante tejido de FC (Variando gramaje del tejido). También se pueden colocar varias capas de tejido.

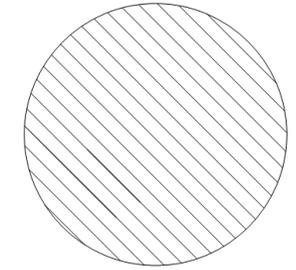
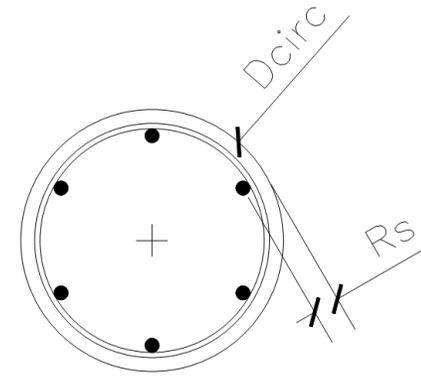
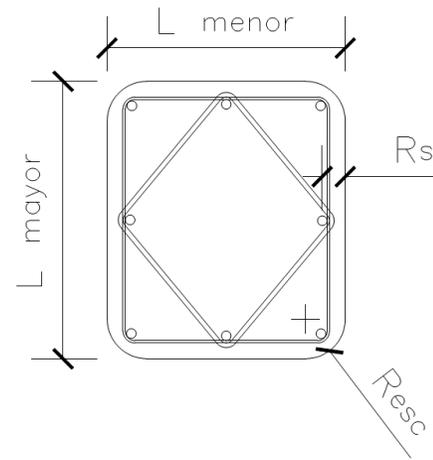
Datos refuerzo Malla Carbotec		Proceso de cálculo del refuerzo (Pilar circular)		RESUMEN DEL REFUERZO CALCULADO		
Carbotec malla 200 gr/m²		$K_{f.circ}$	1,00	Coefficiente de forma	Resistencia característica inicial del hormigón f_{ck}	25,00 N/mm ²
Anchura banda	300,00 mm	$\rho_{g.circ}$	0,0056889	Cuantía geométrica armadura	Tensión de trabajo real de la sección de hormigón σ_{real}	21,85 N/mm ²
Espesor banda	0,117 mm	$\rho_{l.circ}$	0,0010400	Cuantía geométrica tejido	Resistencia característica del hormigón confinado f_{rk}	28,30 N/mm ²
Nº capas refuerzo	1	$K_{c.circ}$	124,80	Coefficiente de confinamiento	Incremento de resistencia del pilar Δ	13,22%
		$\sigma_{c.circ}$	0,50 N/mm ²	Tensión de confinamiento		
		$K_{fin.circ}$	1,13	Coefficiente final de confinamiento		

Datos refuerzo Malla Carbotec		Proceso de cálculo del refuerzo (Pilar circular)		RESUMEN DEL REFUERZO CALCULADO		
Carbotec malla 300 gr/m²		$K_{f.circ}$	1,00	Coefficiente de forma	Resistencia característica inicial del hormigón f_{ck}	25,00 N/mm ²
Anchura banda	300,00 mm	$\rho_{g.circ}$	0,0056889	Cuantía geométrica armadura	Tensión de trabajo real de la sección de hormigón σ_{real}	21,85 N/mm ²
Espesor banda	0,176 mm	$\rho_{l.circ}$	0,0015644	Cuantía geométrica tejido	Resistencia característica del hormigón confinado f_{rk}	29,86 N/mm ²
Nº capas refuerzo	1	$K_{c.circ}$	187,73	Coefficiente de confinamiento	Incremento de resistencia del pilar Δ	19,44%
		$\sigma_{c.circ}$	0,75 N/mm ²	Tensión de confinamiento		
		$K_{fin.circ}$	1,19	Coefficiente final de confinamiento		

Datos refuerzo Malla Carbotec		Proceso de cálculo del refuerzo (Pilar circular)		RESUMEN DEL REFUERZO CALCULADO		
Carbotec malla 400 gr/m²		$K_{f.circ}$	1,00	Coefficiente de forma	Resistencia característica inicial del hormigón f_{ck}	25,00 N/mm ²
Anchura banda	300,00 mm	$\rho_{g.circ}$	0,0056889	Cuantía geométrica armadura	Tensión de trabajo real de la sección de hormigón σ_{real}	21,85 N/mm ²
Espesor banda	0,234 mm	$\rho_{l.circ}$	0,0020800	Cuantía geométrica tejido	Resistencia característica del hormigón confinado f_{rk}	31,32 N/mm ²
Nº capas refuerzo	1	$K_{c.circ}$	249,60	Coefficiente de confinamiento	Incremento de resistencia del pilar Δ	25,29%
		$\sigma_{c.circ}$	1,00 N/mm ²	Tensión de confinamiento		
		$K_{fin.circ}$	1,25	Coefficiente final de confinamiento		



Conclusiones: La geometría juega a favor del pilar circular a la hora de reforzar mediante confinamiento. A igualdad de área de la sección y de cuantías de refuerzo, se obtiene un mayor incremento de la resistencia.



Datos refuerzo Malla Carbotec

Carbotec malla 400 gr/m²	
Anchura banda	300,00 mm
Espesor banda	0,234 mm
Nº capas refuerzo	1

Proceso de cálculo del refuerzo **(Pilar cuadrado)**

$K_{f.rec}$	0,62	Coefficiente de forma
$\rho_{g.rec}$	0,0056549	Cuantía geométrica armadura
$\rho_{l.rec}$	0,0023400	Cuantía geométrica tejido
$K_{c.rec}$	174,90	Coefficiente de confinamiento
$\sigma_{c.rec}$	0,70 N/mm ²	Tensión de confinamiento
$K_{fin.rec}$	1,18	Coefficiente final de confinamiento

RESUMEN DEL REFUERZO CALCULADO

Resistencia característica inicial del hormigón	f_{ck}	25,00 N/mm²
Tensión de trabajo real de la sección de hormigón	σ_{real}	21,73 N/mm²
Resistencia característica del hormigón confinado	f_{rk}	29,55 N/mm²
Incremento de resistencia del pilar	Δ	18,19%

Datos refuerzo Malla Carbotec

Carbotec malla 400 gr/m²	
Anchura banda	300,00 mm
Espesor banda	0,234 mm
Nº capas refuerzo	1

Proceso de cálculo del refuerzo **(Pilar circular)**

$K_{f.circ}$	1,00	Coefficiente de forma
$\rho_{g.circ}$	0,0056889	Cuantía geométrica armadura
$\rho_{l.circ}$	0,0020800	Cuantía geométrica tejido
$K_{c.circ}$	249,60	Coefficiente de confinamiento
$\sigma_{c.circ}$	1,00 N/mm ²	Tensión de confinamiento
$K_{fin.circ}$	1,25	Coefficiente final de confinamiento

RESUMEN DEL REFUERZO CALCULADO

Resistencia característica inicial del hormigón	f_{ck}	25,00 N/mm²
Tensión de trabajo real de la sección de hormigón	σ_{real}	21,85 N/mm²
Resistencia característica del hormigón confinado	f_{rk}	31,32 N/mm²
Incremento de resistencia del pilar	Δ	25,29%

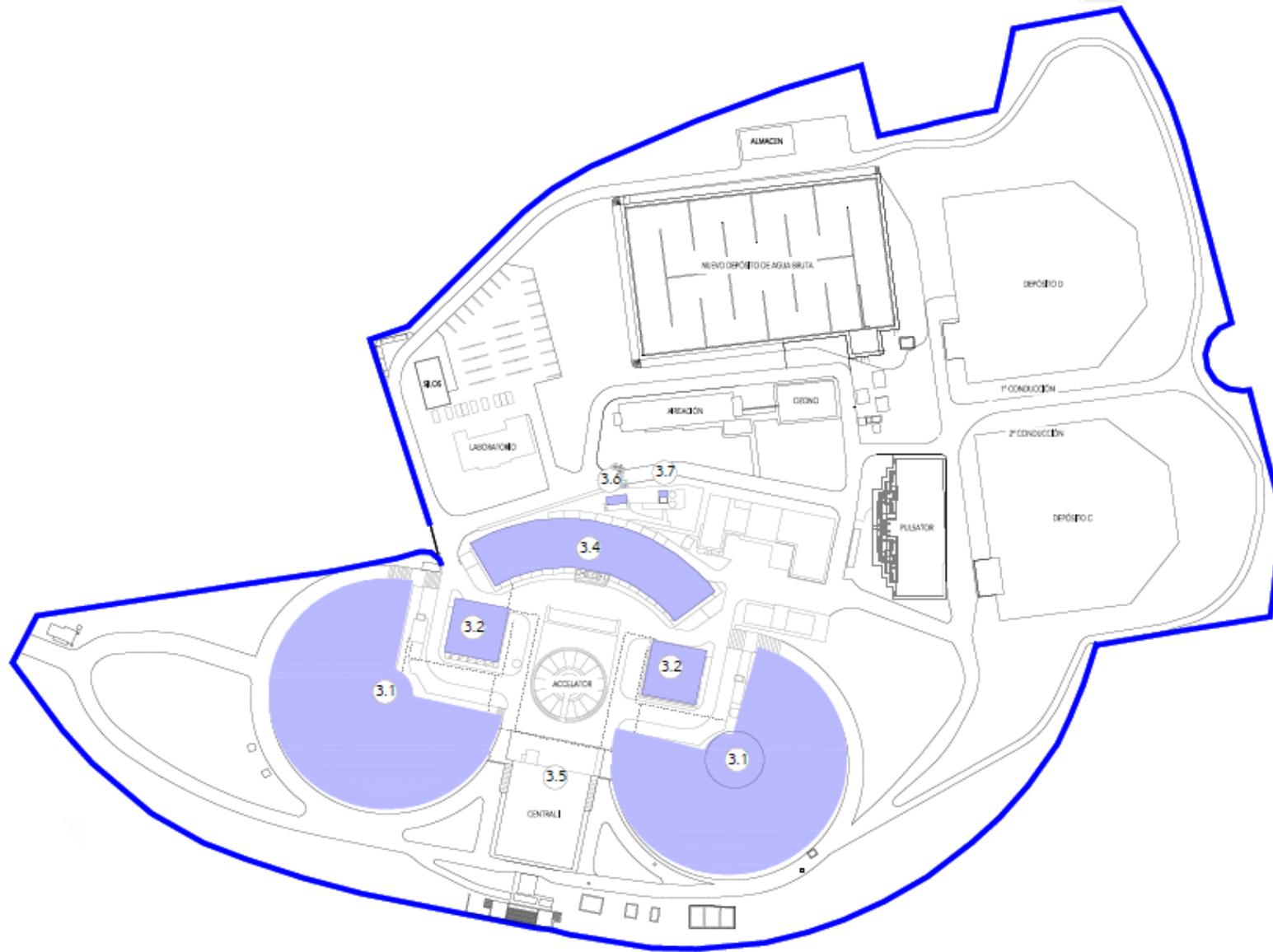


Obras de referencia

Refuerzo con laminado, tejido y conectores de fibra de carbono

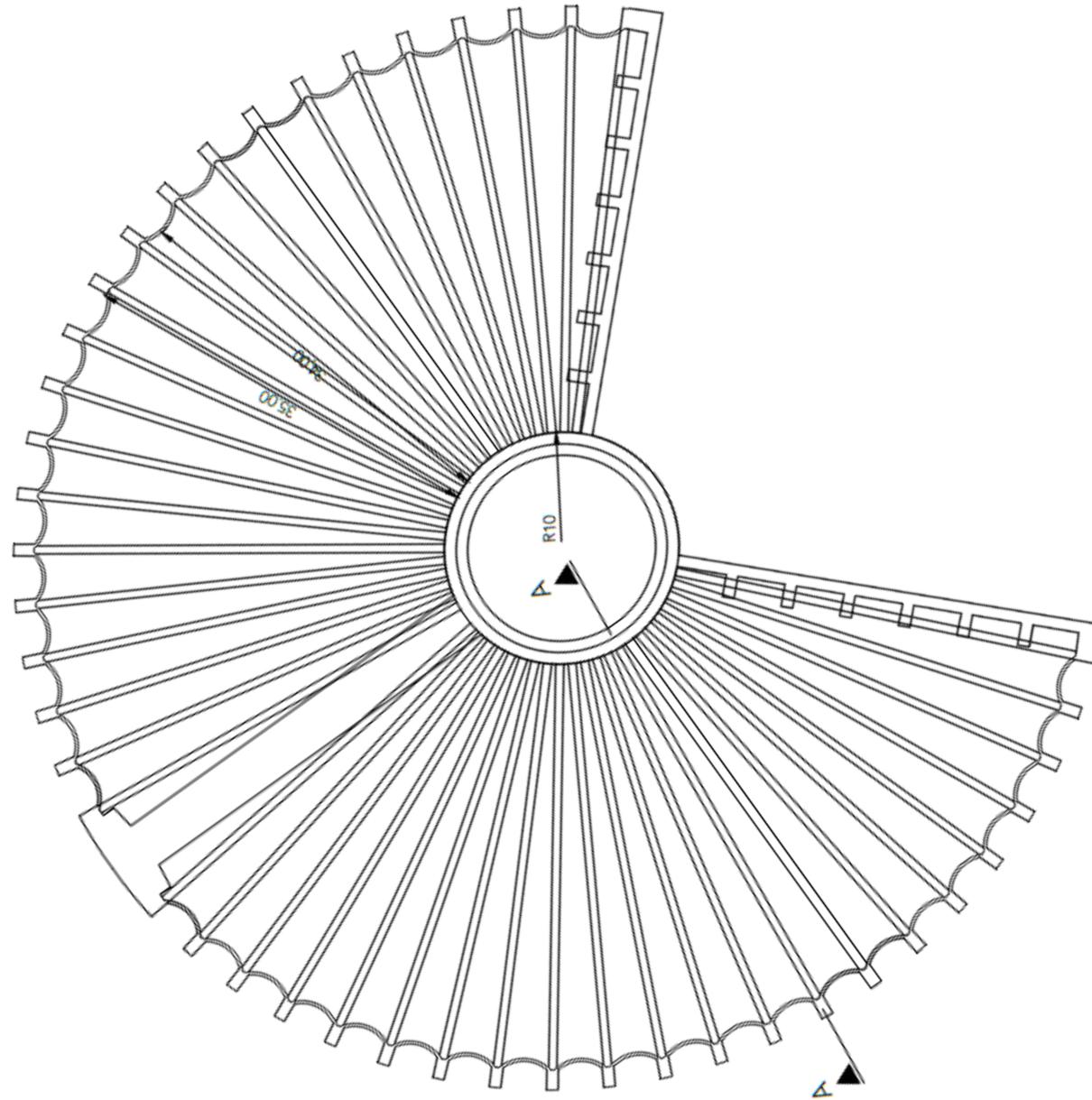


Línea
rehabilitación

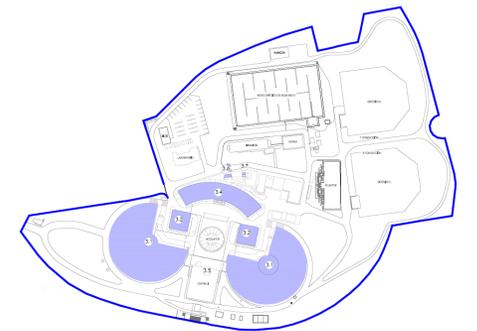




Línea
rehabilitación



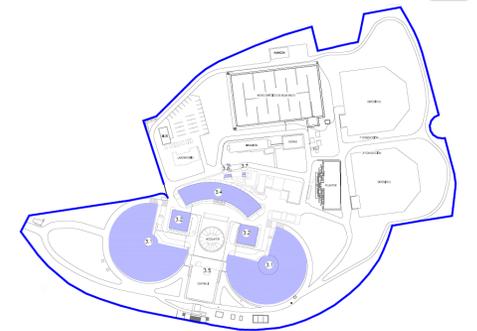
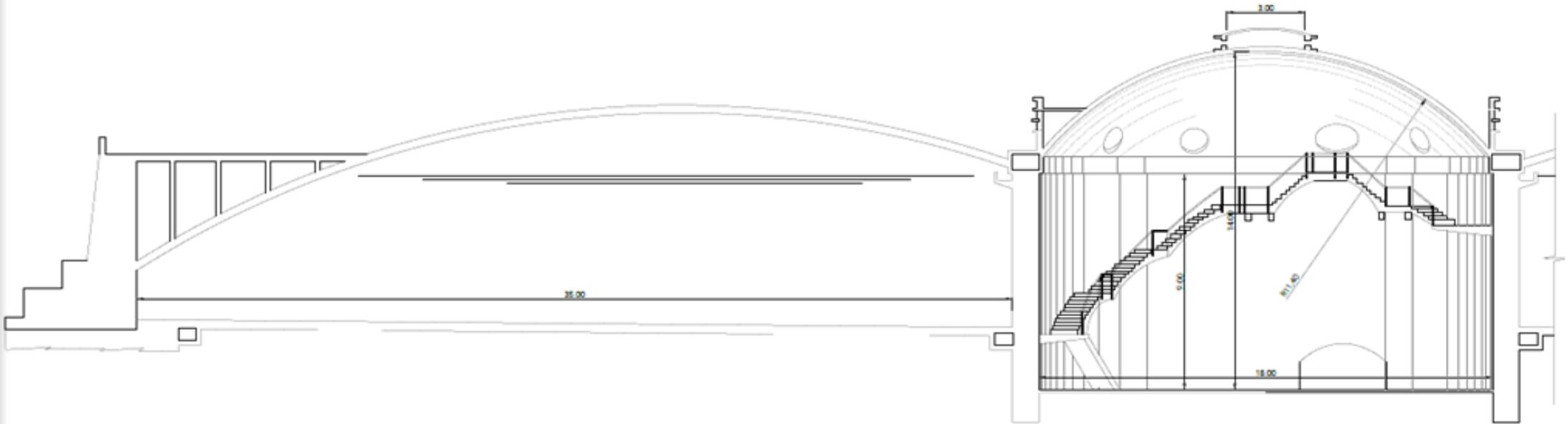
Plano estructural





Línea
rehabilitación

Plano estructural





Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural

Vista general de vigas



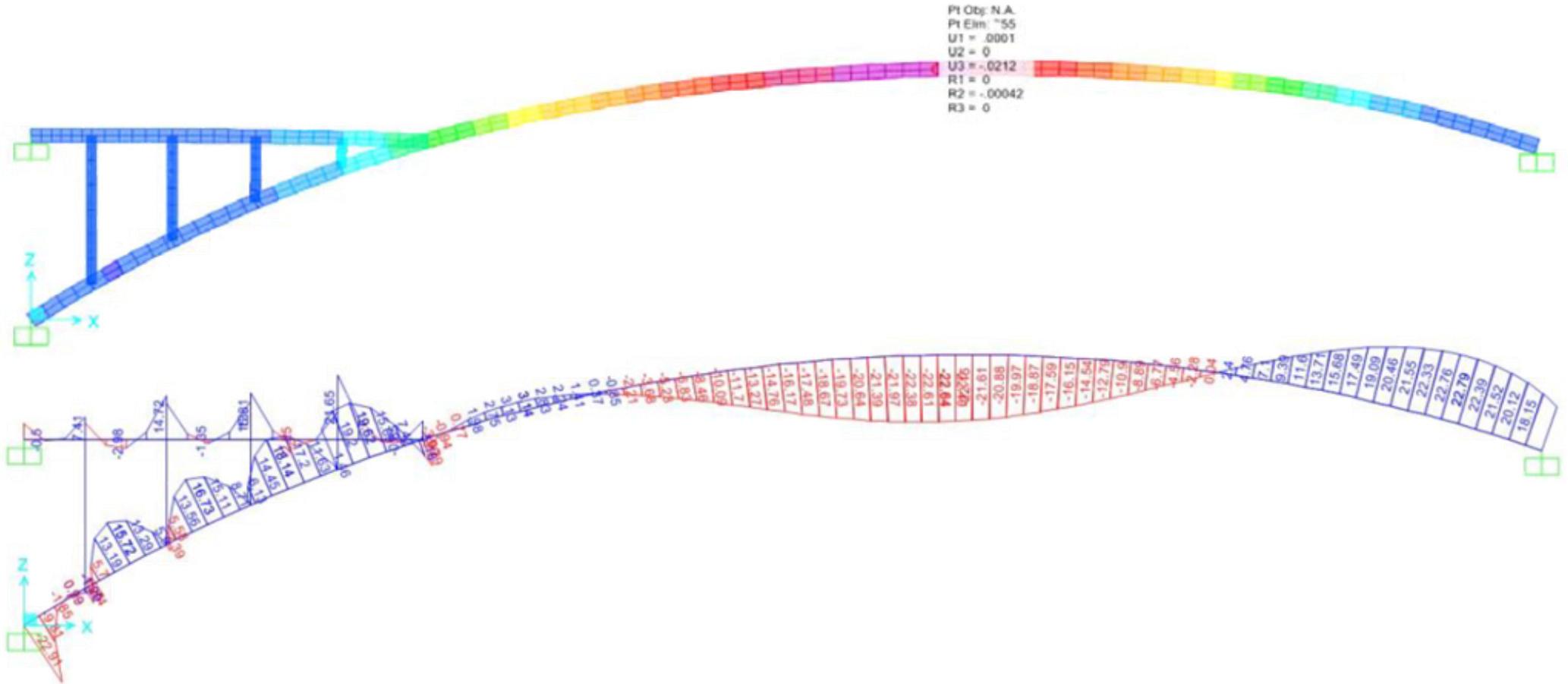


Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural

Distribución de esfuerzos





Línea
rehabilitación

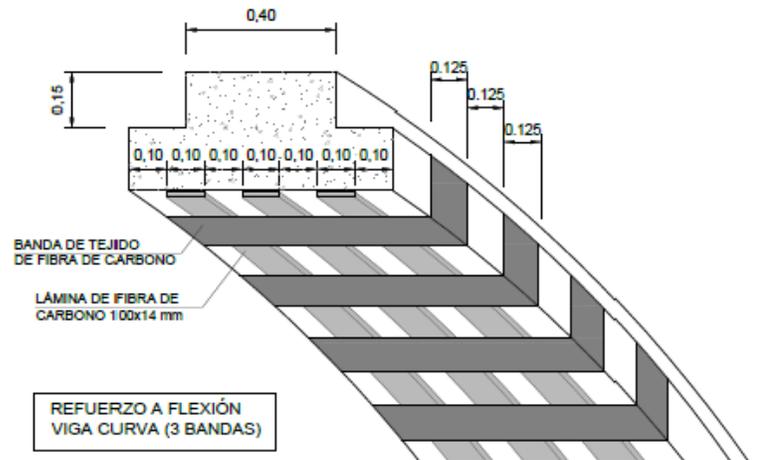
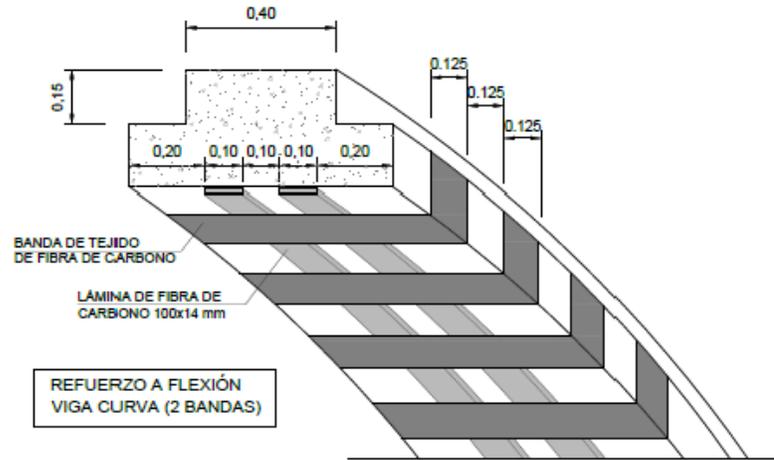


Refuerzo estructural

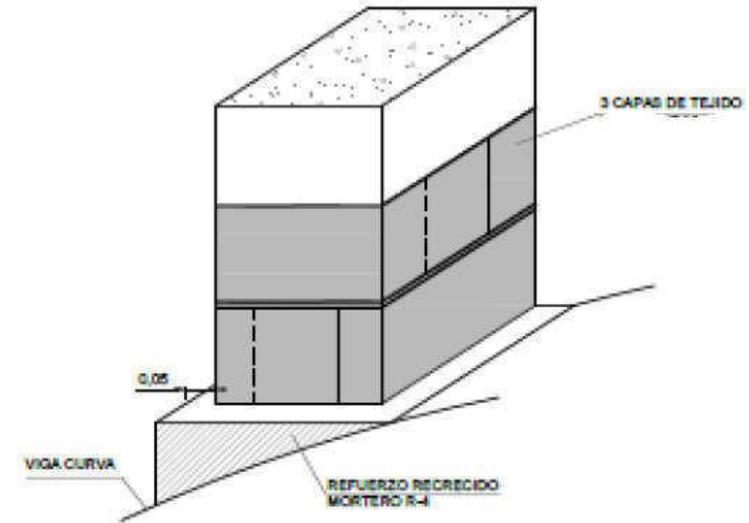
Refuerzos proyectados en vigas y en pilares

Suministros:

- 2.950 ml Lámina Carbotec Pro 100 x 1,4 mm
- 2.000 Kg Adhesivo Carbotec lámina
- 1.600 m² Malla Carbotec 300 gr/m²
- 1.450 Kg Adhesivo Carbotec impregnante



REFUERZO DE VIGAS



REFUERZO DE PILARES



Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural Preparación Lámina Fibra de Carbono





Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural Colocación Lámina y Malla Fibra de Carbono





Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural Colocación Lámina y Malla de Fibra de Carbono

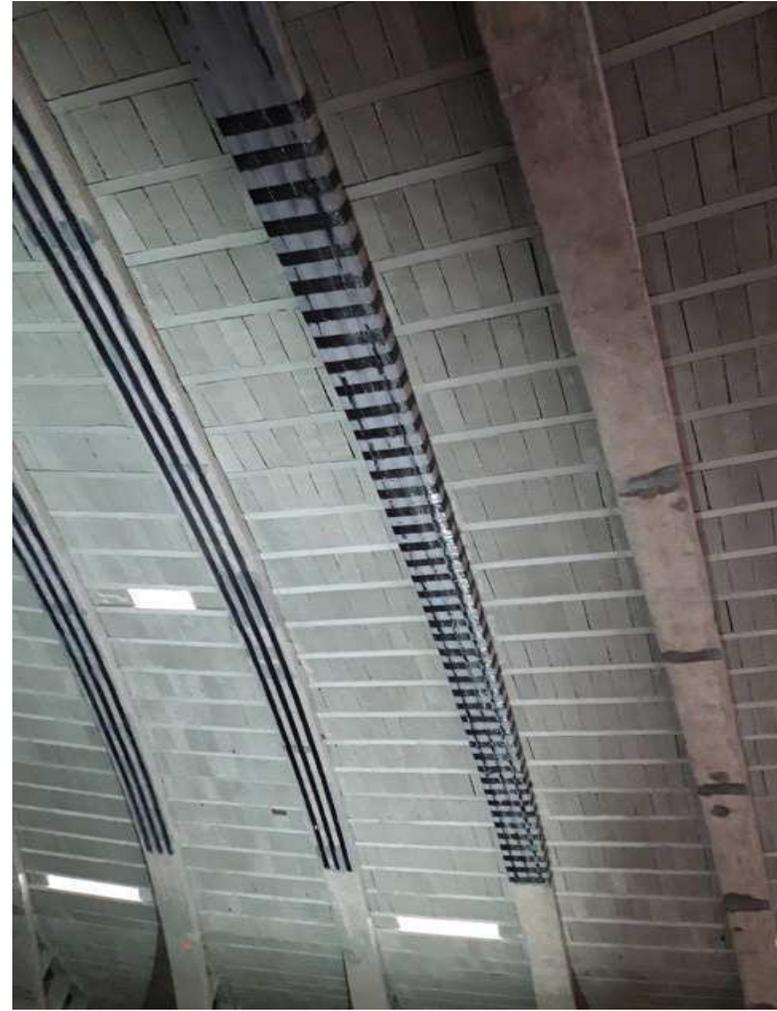




Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural Colocación Lámina Fibra de Carbono





Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural Colocación Lámina Fibra de Carbono





Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural

Canteado de pilares





Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural

Confinamiento de pilares con Malla de Fibra de Carbono





Línea
rehabilitación



Refuerzo estructural

Resultado final de refuerzos estructurales



DOSSIER DE OBRA

REFUERZO LAV MADRID GALICIA. TRAMO TABOADELA-OURENSE

Años 2019-2020

The logo for grupopuma, featuring a stylized white puma head silhouette above the text "grupopuma" in a lowercase, sans-serif font. The entire logo is contained within a white square border.

grupopuma



Línea
rehabilitación

Vista general

Ficha de obra:

Proyecto de construcción para las actuaciones complementarias **LAV MADRID-GALICIA TRAMO TABOADELA-OURENSE.**

Propiedad: Adif.

Ingeniería: INECO.

Presupuesto: 7.552.677,22 €

En ejecución desde Agosto 2019.



Adjudicataria:  **civisglobal**
Taboada y Ramos
UTE TABOADELA

Grupo Puma:

1800m² Malla Carbotec.

1980Kg Adhesivo Carbotec

1296 Conectores Carbotec

75 Kg Adhesivo estructura Carbotec.





Línea
rehabilitación





Línea
rehabilitación





Línea
rehabilitación





Línea
rehabilitación





Línea
rehabilitación





Línea
rehabilitación

Evaluación previa. Colaboración con Ineco

CONCLUSIONES:

Vano A: Refuerzo con carbono de 400gr/m² en 3 capas.

Vano B: Refuerzo con carbono de 400gr/m² en 2 capas.

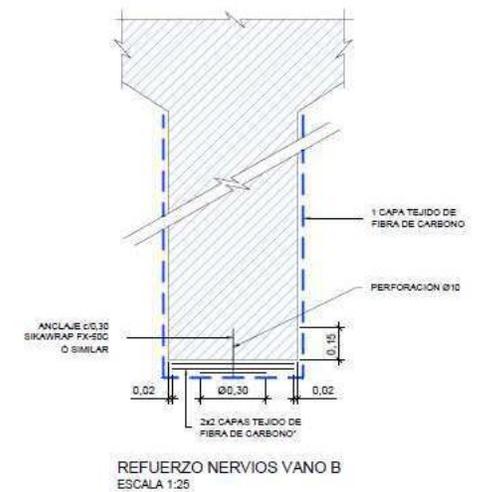
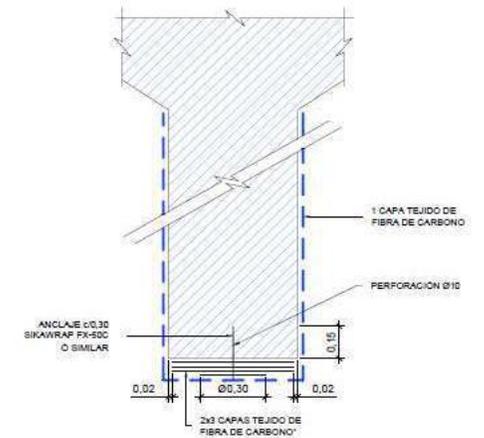
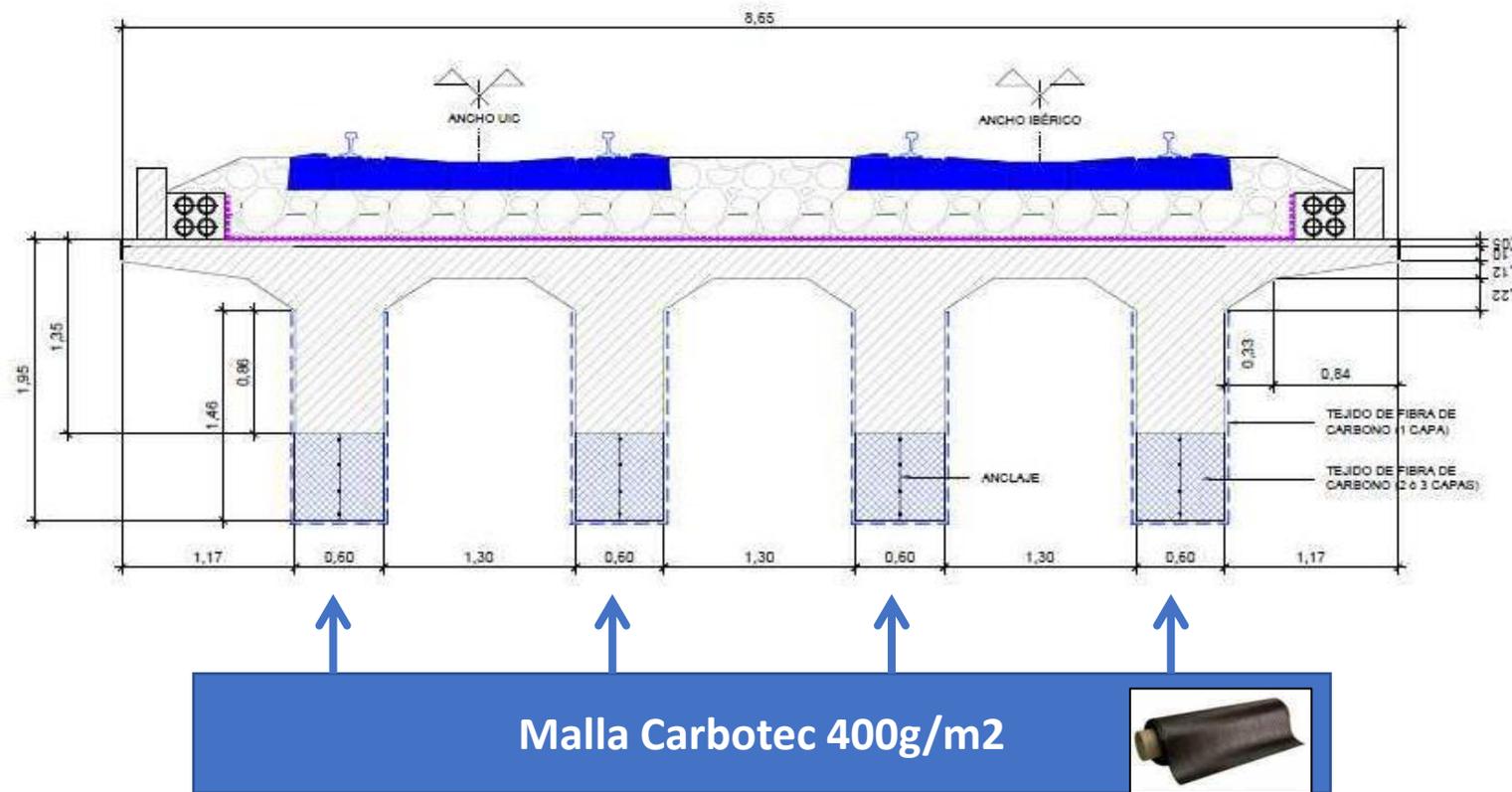




Línea
rehabilitación

Evaluación previa. Colaboración con Ineco

Reforzar a positivos en la cara inferior de los nervios en el centro del vano.





Línea
rehabilitación

1. Preparación del soporte:

Eliminación de la pintura existente mediante la aplicación de un decapante de pinturas.

Zona decapada

Actuaciones para el refuerzo





Línea
rehabilitación

2. Aplicación de adhesivo
estructural para el
carbono. **Adhesivo
Carbotec Impregnación
tipo gel.**

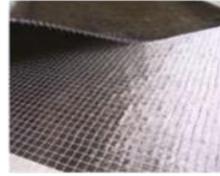


Actuaciones para el refuerzo

LAV. MADRID-GALICIA TRAMO TABOADELA-OURENSE

Actuaciones para el refuerzo

Malla Carbotec



Datos técnicos

Datos Técnicos (Unidireccional)	200 g/m2	300 g/m2	400 g/m2
Módulo de elasticidad (GPa)	240	240	240
Resistencia tracción (N/mm ²)	4300	4300	4300
Peso de la fibra (g/m ²)	200	300	400
Dirección principal	200	300	400
Peso por unidad de área de lámina (g/m ²)	230	330	430
Densidad (g/cm ³)	1.7	1.7	1.7
Elongación a rotura (%)	1.55	1.55	1.55
Espesor para el cálculo (peso de fibra/densidad) (mm)	0.117	0.176	0.234
Sección transversal teórica de cálculo por 1000 mm ancho (mm ²)	117	176	234
Factor reducción y para el cálculo (Laminado manual/lámina UD)	1.2 (recomendado por GP)	1.2 (recomendado por GP)	1.2 (recomendado por GP)
Fuerza de tracción última 1000 mm de ancho (kN)	117 x 3800 = 370.5	176 x 3800 = 557.3	234 x 3800 = 744.0
Fuerza de tracción para 1000 mm ancho a 0.6 % ε para el cálculo (kN)	1.2	1.2	1.2
Presentación:	Ancho:300 mm	Ancho:300 mm	Ancho:300 mm
(Láminas especiales bajo pedido)	Longitud:100 m	Longitud:100 m	Longitud:100 m





Línea
rehabilitación

- Aplicación de la Malla Carbotec de 400 g/m² en dos y tres capas.



Actuaciones para el refuerzo





Línea
rehabilitación

- Fijación de las capas de malla Carbotec.

Cada 1ml → 3 conectores.



LAV. MADRID-GALICIA TRAMO TABOADELA-OURENSE



Línea
rehabilitación

Vendaje de las
capas con una U
de Malla Carbotect
de 400 gr

Actuaciones para el refuerzo





Línea
rehabilitación




grupopuma



Actuaciones para el refuerzo

Protección del refuerzo con pintura anticarbontación.

Morcemrest
Anticarbontación.

Zona reforzada
y pintada





Línea
rehabilitación



REPARACIÓN Y REFUERZO DE PILARES DE PLANTA BAJA EN EDIFICIO DE VIVIENDAS

TORREMOLINOS _SEPTIEMBRE 2018

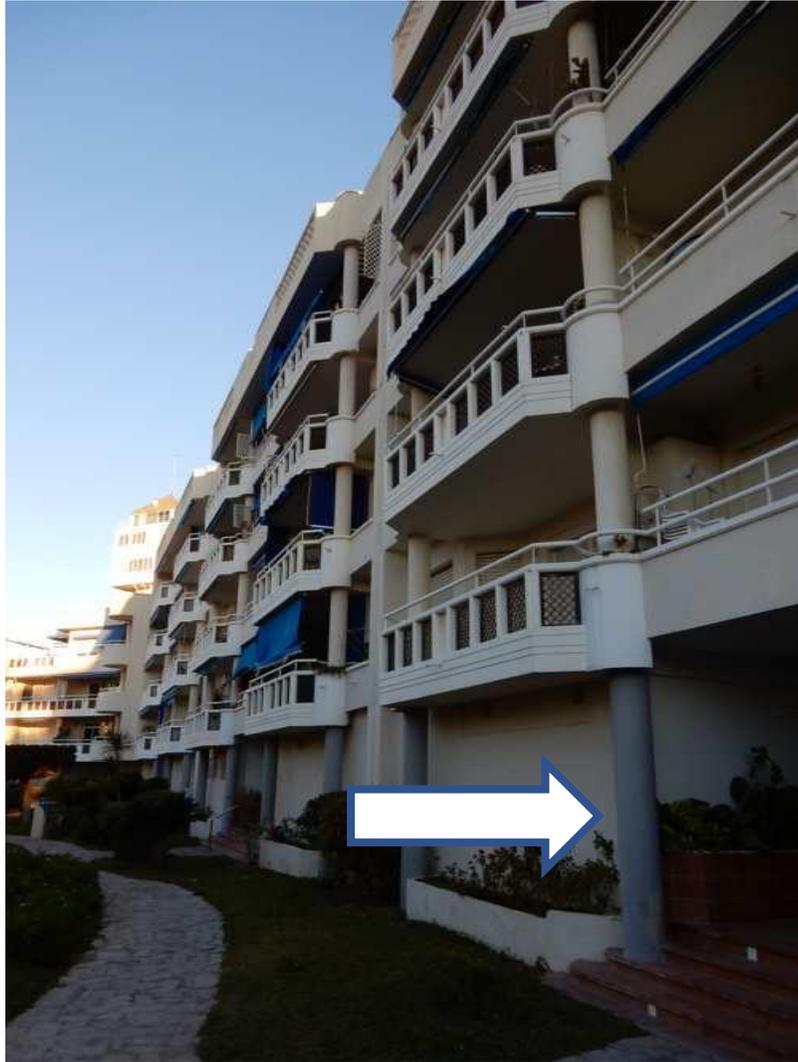


Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Estado inicial





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Picado del hormigón deteriorado





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares Colocación de nuevas barras y pasivación de armaduras





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Encofrado de pilar para ejecución de refuerzo con mortero R4 fluido





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Vertido de mortero R4 fluido



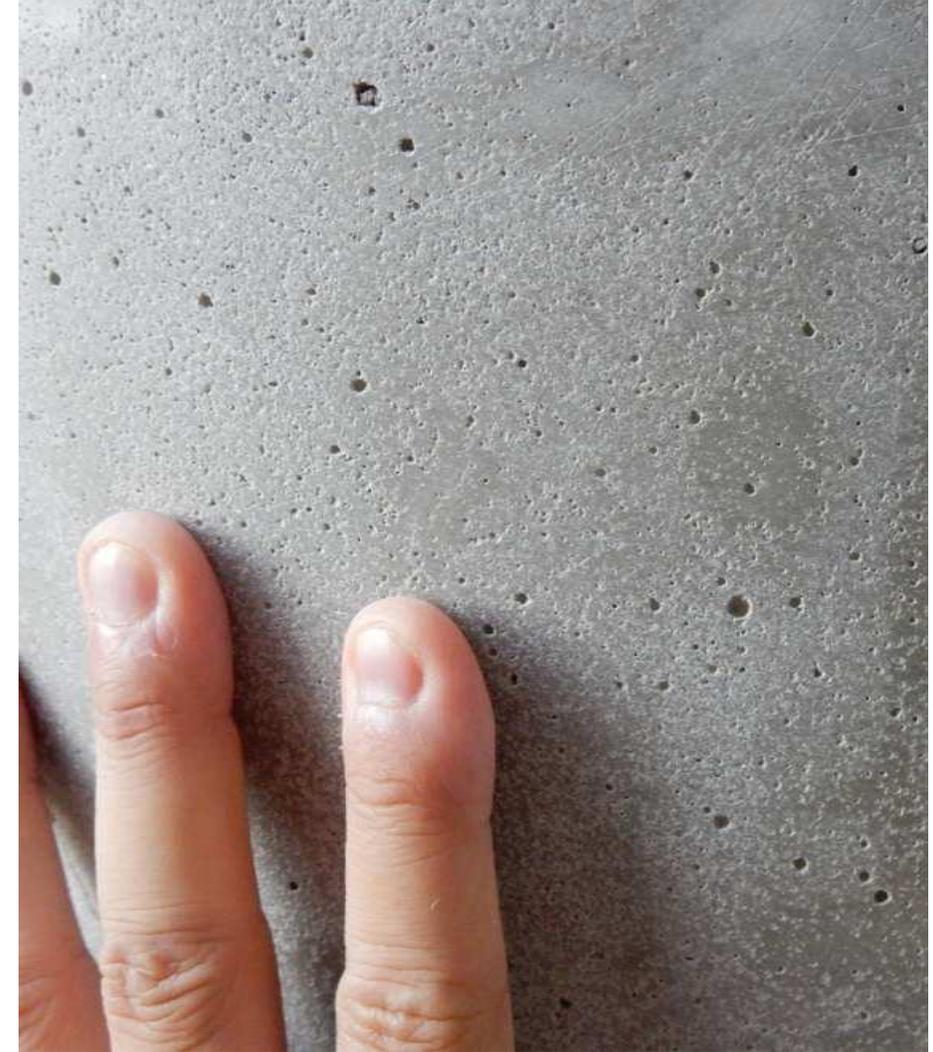


Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Desencofrado de pilar a las 48h y lijado del soporte





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Regularización superficial con mortero R4 tixotrópico





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Superficie del pilar regularizada y lista para aplicar refuerzo de tejido de FC



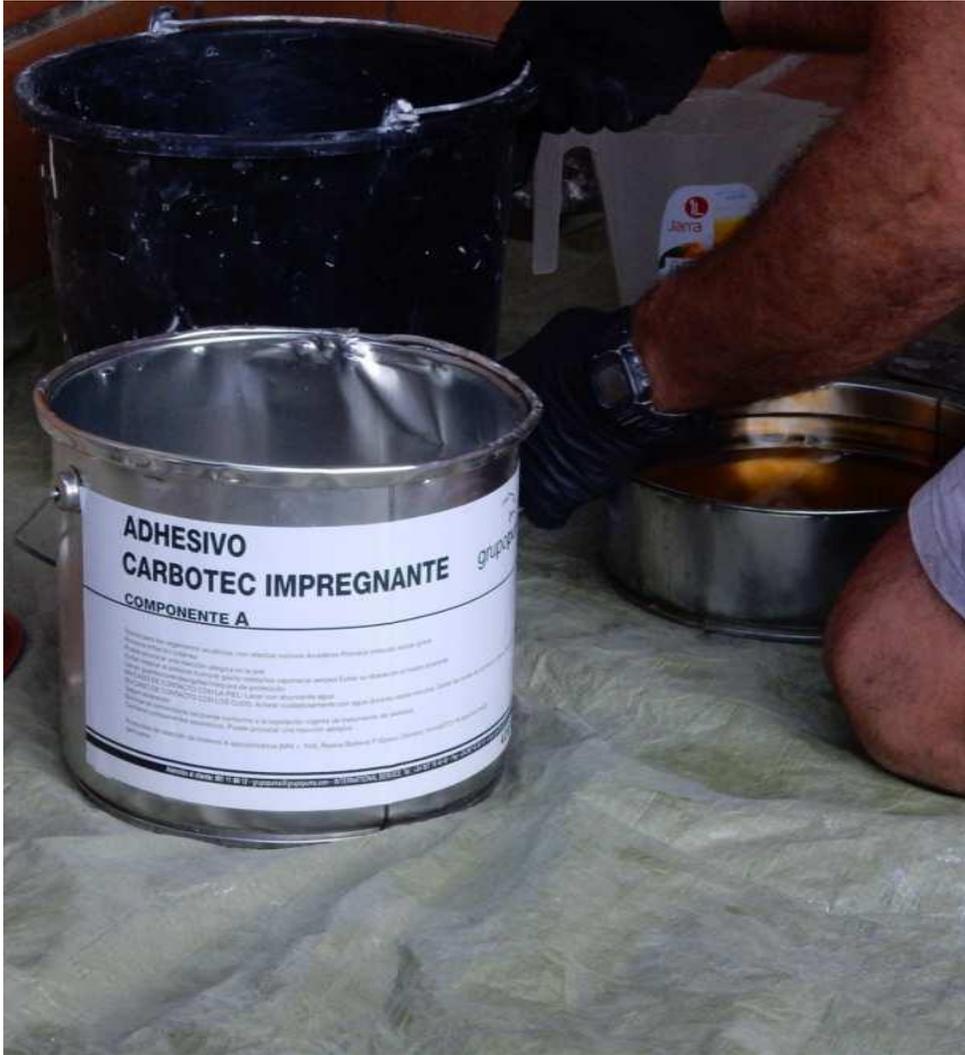


Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Amasado y aplicación de adhesivo impregnante



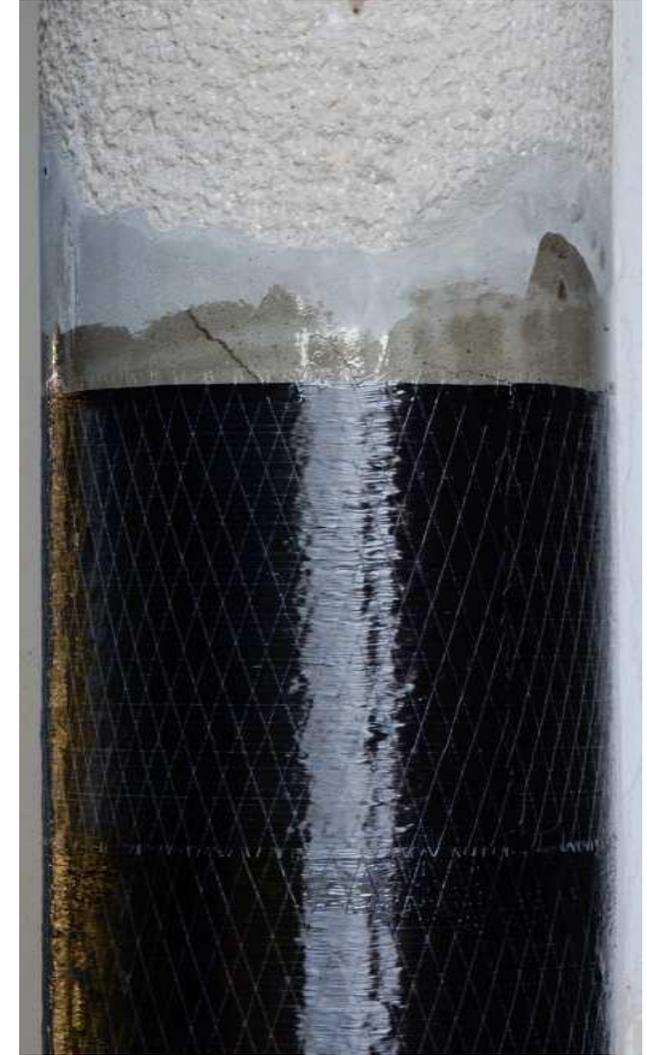


Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Colocación de tejido de FC (Primera capa)





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares Colocación de tejido de FC (Primera capa)





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares Colocación de tejido de FC (Segunda capa)





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares Colocación de tejido de FC (Segunda capa)





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Colocación de tejido de FC (Segunda capa): Aplicación de capa de resina y espolvoreo de árido





Línea
rehabilitación



grupopuma

Reparación y refuerzo de pilares

Protección del pilar empleando mortero acrílico: Fase I (aplicación de fondo acrílico aplicado a rodillo)





Línea
rehabilitación



Reparación y refuerzo de pilares

Protección del pilar empleando mortero acrílico: Fase II (aplicación de mortero acrílico con llana)





Linea
rehabilitación



REFUERZO DE FORJADOS UNIDIRECCIONALES EN EDIFICIO DE APARTAMENTOS

TORREMOLINOS _DICIEMBRE 2019















- Existencia de informe técnico que proponía reforzar la totalidad de la estructura con subestructura metálica.
- Aceleración sísmica básica (a_b/g) según NCSE-02: 0,16
- Resistencia a compresión del hormigón medida en pilares:
 - Plantas altas: 5 N/mm²
 - Plantas bajas: 10 a 15 N/mm²
- Existencia de carbonatación muy avanzada.
- Corrosión de la armadura.
- Hormigón de elevada porosidad.



2.2.4 PILAR PLANTA 3 - PREDIMENSIONADO DEL REFUERZO CON TEJIDO DE 400 GR/M² (1 VUELTA)

Datos del pilar de H.A. a calcular

Geometría del pilar	
L _{mayor}	300,00 mm
L _{menor}	300,00 mm
L _{mayor} / L _{menor}	1,00
r _s	30,00 mm
r _{esc}	50,00 mm
A _{c,rec}	90.000,00 mm ²
A _{n,rec}	89.685,84 mm ²
L _{mayor} c.forma	200,00 mm
L _{menor} c.forma	200,00 mm

Armado existente del pilar

4	Ø10
0	Ø10
A _{s,rec}	3,14 cm ²

Datos refuerzo Malla Carbotec

Carbotec malla 400 gr/m ²	
Anchura _{banda}	300,00 mm
Espesor _{banda}	0,234 mm
Nº capas refuerzo	1
ε _{lu}	0,0155
F _{ru}	3.179,49 N/mm ²
E _r	240.000 N/mm ²
ε _l	0,0040

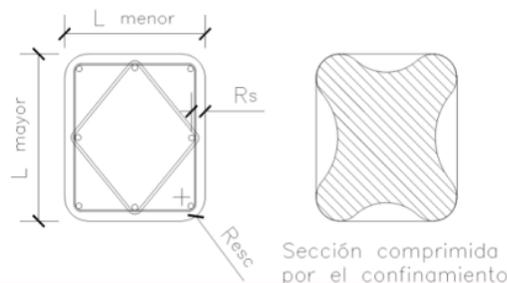
Proceso de cálculo del refuerzo

K _{εrec}	0,70	Coefficiente de forma
p _{g,rec}	0,0034907	Cuántia geométrica armadura
p _{l,rec}	0,0031200	Cuántia geométrica tejido
K _{c,rec}	263,08	Coefficiente de confinamiento
σ _{c,rec}	1,05 N/mm ²	Tensión de confinamiento
K _{fin,rec}	2,01	Coefficiente final de confinamiento



Tipo de forjado

Cargas actuantes por unidad de superficie		Piso
PP	Forjado viguetas (20+5). Bovedillas de cerámicas.	2,67 KN/m ²
	Pavimento.	0,40 KN/m ²
SC	Uso.	2,00 KN/m ²
	Particiones.	1,00 KN/m ²
	Q_{total}	6,07 KN/m²
	Número de plantas para cálculo del axil	2
	A _{tributaria}	10,67 m ²
	Altura _{planta}	2,70 m
	Coef _{may acc}	1,5
	Axil total mayorado a efectos de cálculo	255,03 KN
	N _c (Capacidad resistente de la sección de hormigón)	300,00 KN
	N _s (Capacidad resistente de la armadura vertical)	109,27 KN
	N_t = N_c + N_s (Capacidad resistente del pilar a axil)	409,27 KN
	Admisible sin reforzar la sección	CUMPLE
	Admisible reforzando la sección	NO NECESARIO
	COEFICIENTE DE SEGURIDAD INICIAL	1,60



RESUMEN DEL REFUERZO CALCULADO		
Resistencia característica inicial del hormigón	f _{ck}	5,00 N/mm ²
Tensión de trabajo real de la sección	σ _{real}	2,83 N/mm ²
Resistencia característica del hormigón confinado	f _{rk}	10,04 N/mm ²
Incremento de resistencia del pilar	Δ	100,89%
COEFICIENTE DE SEGURIDAD SECCIÓN REFORZADA		2,79

Empleando 1 vuelta de Carbotec malla de 400 gr/m², se consigue mejorar la resistencia a compresión del pilar un 100,89 %. Se aumenta el coeficiente de seguridad de la sección de 1,60 a 2,79. La DF de la obra debe verificar que este valor es suficiente y se adapta al requerimiento específico de este pilar concreto.









Conectores Carbotec – Anclaje de tejido en confinamiento de pilares a 3 y 2 caras (medianeras)





Patologías

Refuerzo con laminado de FC





Línea
rehabilitación



PASO INFERIOR FERROCARRIL MÁLAGA-FUENGIROLA

TORREMOLINOS

Patologías refuerzo con laminado de FC en vigas de hormigón pretensado



Línea
rehabilitación



Patologías refuerzo con laminado de FC en vigas de hormigón pretensado



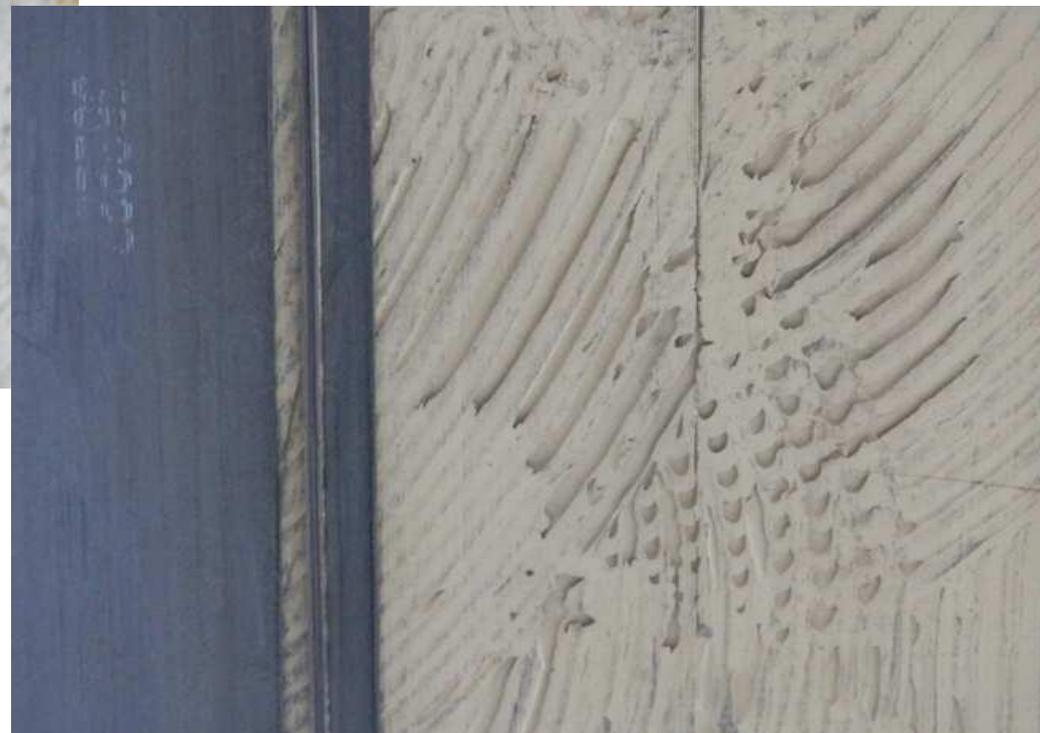
Línea
rehabilitación



Patologías refuerzo con laminado de FC en vigas de hormigón pretensado



Línea
rehabilitación



Patologías refuerzo con laminado de FC en vigas de hormigón pretensado



Línea
rehabilitación





Servicios Grupo Puma

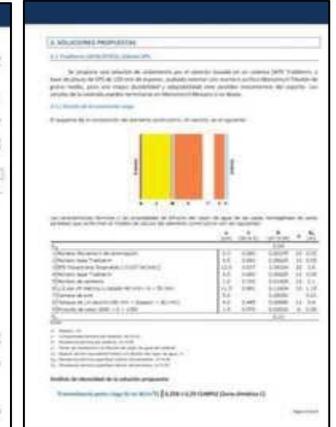
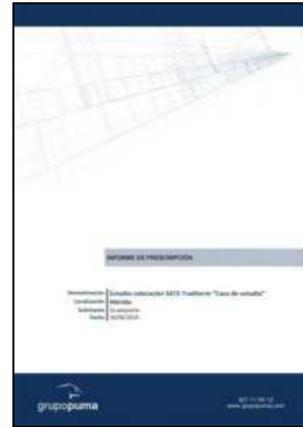
Asistencia en obra / Informes Técnicos

Generadores de precios

Bibliotecas BIM

Asistencia en obra:

- Informes técnicos
- Formación técnica / Jornadas / Demostraciones / Arranques de obra...



Código	Info	Resumen	Ud	CanPres	Pres	ImpPres	INFO+PRESUPUESTO
E09AFE_PUM1	riashIAH	GRUPOPUMA · ETICS-SATE Sistemas de aislamiento térmico exterior			1,000		
1	UPUM06\$	Sistema TRADITERM EPS	m ²				<input checked="" type="checkbox"/>
2	UPUM07\$	Sistema TRADITERM EPS-G	m ²				<input checked="" type="checkbox"/>
3	UPUM08\$	Sistema TRADITERM Mineral	m ²				<input checked="" type="checkbox"/>
4	UPUM09\$	Sistema TRADITERM Nature	m ²				<input checked="" type="checkbox"/>
5	UPUM10\$	Sistema TRADITERM Flexible	m ²				<input checked="" type="checkbox"/>
6	UPUM11\$	Sistema TRADITERM Ceramic	m ²				<input checked="" type="checkbox"/>
7	UPUM12\$	Sistema TRADITERM ITE	m ²				<input checked="" type="checkbox"/>

Archivos asociados



Sistema-TRADITERM-EPS.jpg [33,91 KB]

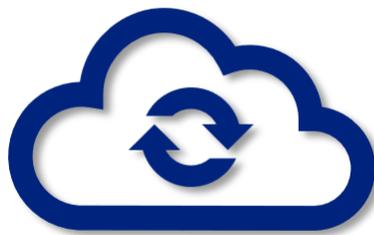
Sistema-TRADITERM-EPS-G [34,33 KB]

grupopuma

Sistema:

- Traditerm EPS
- Traditerm EPS-G
- Traditerm Mineral
- Traditerm Nature
- Traditerm Flexible

1: Soplete.
2: Perfil de anaque.
3: Perfil de esquina.
4: Mortero adhesivo para fijación del aislamiento.
5: Aislamiento.
6: Fijación mecánica.
7: Mortero base.
8: Malla de refuerzo.
9: Mortero blanc.
10: Impregnación.
11: Mortero decorativo.



PULSE PARA DESCARGAR PARTIDAS DE OBRA (CARBOTEC)



Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción



Gabinete Técnico Aparejadores Guadalajara

(*) Marcas registradas por sus respectivos propietarios



Servicios Grupo Puma: Presencia en generadores y bancos de precios de la construcción (Enlaces)



Juan Pablo González García
Arquitecto | Técnico de prescripción Málaga y Granada
Grupo Puma

Teléfono: 607 203400

E-mail: jpgonzalez@grupopuma.com

ADVERTENCIA LEGAL

.....

Reservados todos los derechos. Los contenidos de la presente documentación están protegidos por Ley. No está permitida la explotación, reproducción total o parcial de este documento ni su tratamiento informático, distribución o transmisión por cualquier forma, medio o método sin el permiso previo y por escrito de GRUPO PUMA S.L.

Este documento contiene información de carácter general, sin que constituya prescripción ni asesoramiento profesional sobre los productos o soluciones constructivas cuya información se contiene en el mismo, debiendo el destinatario en caso de uso o aplicación de los mismos cerciorarse de su idoneidad atendiendo a sus características y a las condiciones, soporte y posibles patologías de la obra en cuestión, así como atenerse en todo caso a los requerimientos e instrucciones contenidos en las fichas técnicas y, en su caso otra documentación técnica, correspondientes.