

Informe Técnico

Informe número: 2011-0027-F01

Fecha del informe: 11/05/2011

Producto:

MBRACE® LAMINATE 170/3100

MBRACE® LAMINATE 210/3300

MBRACE® LAMINATE 165/2500 CUT IN

MBRACE® MBAR 165/2500

Obra: Refuerzo de viga por Cambio de Uso

Lugar: Valencia

Cliente: arquitecto técnico, AOG

BASF Construction Chemicals España, S.L.

Carretera del Mig, 219

08907 Hospitalet de Llobregat

Telf. : +34 –93 – 261.61.00

www.basf-cc.es

 **BASF**
The Chemical Company

1 - OBJETO

En el presente informe, se plantea el refuerzo a flexión de una viga rectangular mediante el Sistema MBrace®.

Se detallan los valores resistentes característicos de MBrace®: resistencia a rotura, módulo elástico, geometría: ancho y espesor, cuantía volumétrica de fibra, con objeto de estimar la cuantía resistente necesaria para el refuerzo.

2 - ELEMENTO RESISTENTE

Las características físicas y mecánicas de la estructura a reforzar son las siguientes:

Sección Resistente

Geometría: Dimensiones de la viga a reforzar

| | | |
|-----|--------|------|
| l | = 5.71 | [m] |
| b | = 60 | [cm] |
| h | = 35 | [cm] |

Hormigón: Propiedades del hormigón soporte

| | | |
|------------|---------|-------|
| f_{ck} | = 25 | [MPa] |
| γ_c | = 1.50 | |
| E_c | = 26948 | [MPa] |
| f_{ctm} | = 2.51 | [MPa] |

Acero: Propiedades del acero existente en la viga

| | | |
|------------|------------|-------|
| f_{yk} | = 500 | [MPa] |
| γ_s | = 1.15 | |
| E_s | = 200000.0 | [MPa] |

Armado Existente

Armadura superior

| | | |
|----------|---------|--------------------|
| A_{s2} | = 13.44 | [cm ²] |
| C_2 | = 4 | [cm] |

Armadura inferior

| | | |
|----------|--------|--------------------|
| A_{s1} | = 8.04 | [cm ²] |
| C_1 | = 4 | [cm] |

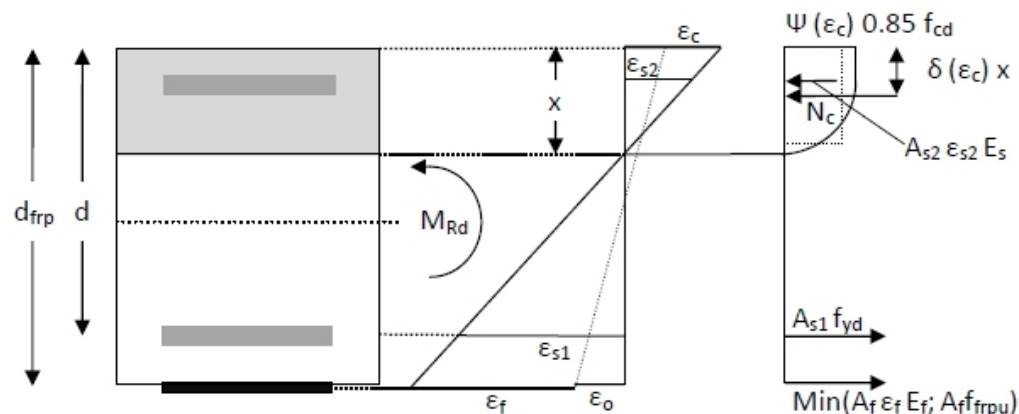
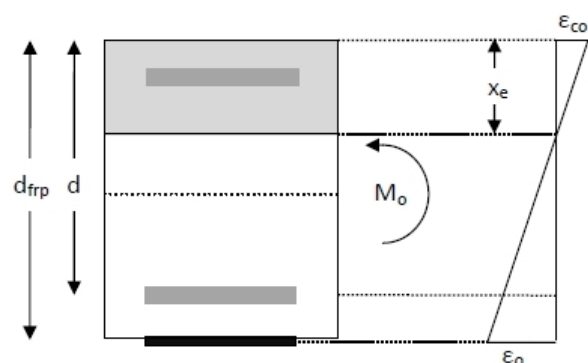
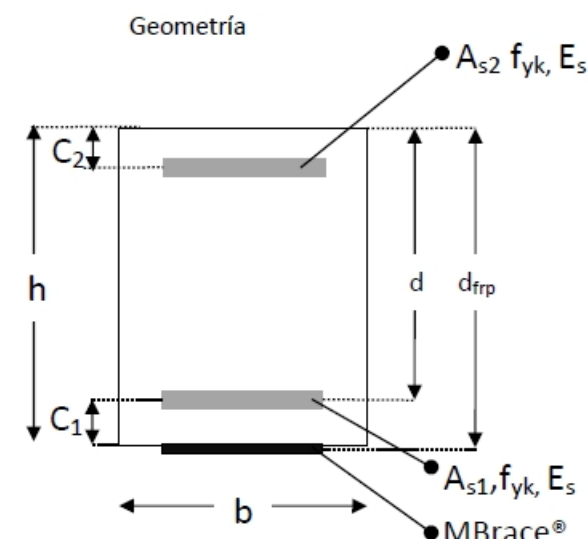
Cargas

Flector existente durante los trabajos de refuerzo

| | | |
|-------|--------|-------|
| M_0 | = 0.00 | [kNm] |
|-------|--------|-------|

Flector sollicitación para dimensionamiento del refuerzo

| | | |
|--------------|----------|-------|
| ELU M_d | = 172.84 | [kNm] |
| ELS G_{mf} | = 126.58 | [kNm] |
| M_s | = 1.00 | [kNm] |



3 - DIRECTRICES Y NORMAS CONTEMPLADAS

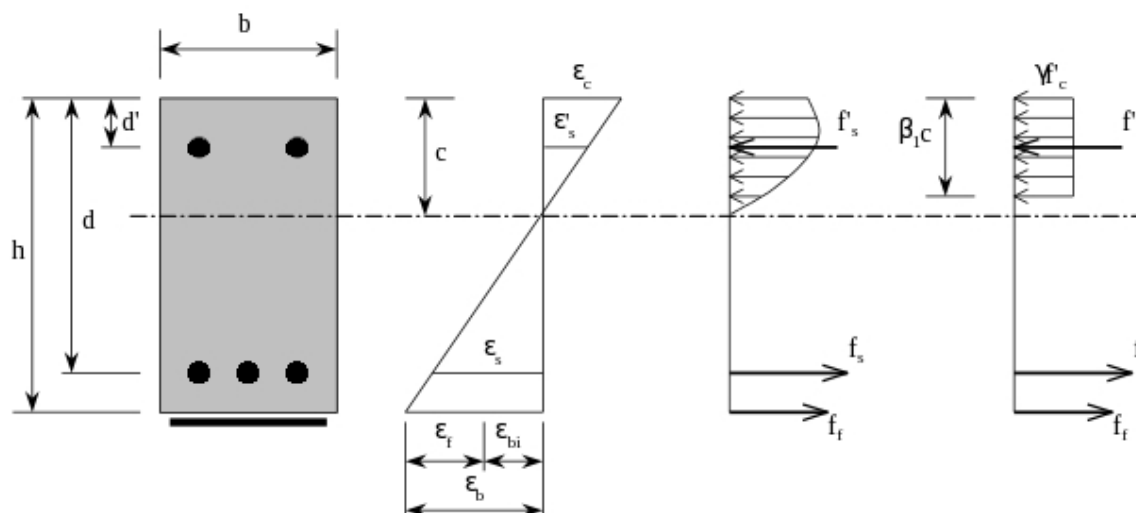
Los sistemas de reparación y protección propuestos se adaptan a las directrices de la norma española/europea *UNE EN 1504: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón*.

El refuerzo de las vigas mediante adhesión de materiales compuestos armados a base de fibra de carbono, sigue las directrices de las guías de diseño: CEB-FIP *Externally bonded FRP Reinforcement for RC Structures*. El análisis de las secciones se evalúa, para los materiales suministrados MBrace® mediante software de desarrollo propio.

4 - DESCRIPCIÓN

Refuerzo a Flexión

El refuerzo se plantea con objeto de compensar la eventual pérdida armado (por pérdida de A_s , y por pérdida de colaboración de éste por mermas adherentes), y obtener un flector respuesta superior al de la sección original. Mediante la adhesión longitudinal en el paramento traccionado de cuantía a tracción, y de acuerdo al esquema de equilibrio, se consigue un incremento de la capacidad en rotura por sobreamado de la sección.



El empleo de materiales compuestos armados mediante fibra de carbono, de cumplir los requisitos de diseño requeridos (ver consideraciones) aporta numerosas ventajas constructivas:

- No se requiere apuntalado durante su puesta en obra
- Suministro de formatos continuos sin necesidad de soldaduras ni solapes.
- No requiere mantenimiento debido a la no oxidación de estos materiales
- Espesores reducidos de refuerzo (aprox 3 mm)

Para el correcto diseño del refuerzo, es preciso, tener en cuenta:

- Los requisitos particulares de los refuerzos adheridos (incluyendo las chapas metálicas adheridas)
- El comportamiento elástico lineal hasta rotura de los compuestos armados mediante fibra de carbono.

Debido a ello es preciso verificar que:

- Cualquier refuerzo adherido mediante resinas epoxi, y debido a la limitada resistencia al fuego de éstas deberá verificar condición de equilibrio con cargas tras refuerzo sin mayorar y sección antes de refuerzo sin minorar. Es decir, se debe verificar que ante un eventual fallo del refuerzo las nuevas cargas de uso no superaran, sin mayorar, la resistencia de la sección existente sin refuerzo y sin minorar. Este requisito es análogo al refuerzo con chapas metálicas adheridas.

La tipología del refuerzo, al no admitir anclajes pasantes, deberá resolver el anclaje del refuerzo exclusivamente por prolongación a lo largo de la zona necesaria.

En condiciones de servicio, con las cargas habituales, se verificará la no plastificación del armado interno durante la entrada en carga de los compuestos de fibra, al tener éstos un módulo elástico idéntico al acero y una carga en rotura varias veces superior.

5 - ANÁLISIS

Resultados previos: elongación en vacío y situación accidental

| | | | |
|--------------|---------|-------|---|
| ϵ_0 | = 0.0 | [‰] | - Elongación en el paramento traccionado en vacío. |
| M_0 | = 0.00 | [kNm] | - Momento actuante en vacío en el momento de colocación del refuerzo. |
| M_{racc} | = 108.0 | [kNm] | - Momento máximo en situación accidental. |

5.1 - Posibles soluciones para el refuerzo de la estructura

MBrace® Laminare

MBRACE® LAMINATE 170/3100

| ancho x sección laminado (mm ²) | 50.0 x 1.2 | 50.0 x 1.4 | 80.0 x 1.2 | 80.0 x 1.4 | 100.0 x 1.2 | 100.0 x 1.4 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Nº laminados | | | | | | |
| 1 | 121.7 / 123.4 | 125.4 / 125.4 | 135.1 / 129.3 | 141.0 / 131.3 | 144.0 / 131.3 | 151.3 / 133.3 |
| 2 | 144.0 / 131.3 | 151.3 / 133.3 | 170.5 / 141.6 | 182.2 / 143.7 | 188.0 / 145.8 | 202.6 / 152.3 |
| 3 | 166.1 / 139.5 | 177.1 / 143.7 | 205.5 / 152.3 | 222.8 / 159.0 | 231.4 / 161.2 | 252.9 / 168.1 |
| 4 | 188.0 / 145.8 | 202.6 / 152.3 | 240.0 / 165.8 | 262.8 / 172.8 | 274.2 / 177.6 | 302.4 / 187.4 |
| 5 | 209.8 / 154.5 | 227.8 / 161.2 | 274.2 / 177.6 | 302.4 / 187.4 | 316.4 / 192.4 | 351.1 / 205.3 |
| 6 | 231.4 / 161.2 | 252.9 / 168.1 | 308.0 / 189.9 | 341.4 / 200.1 | 358.0 / 207.9 | 399.1 / 221.4 |
| 7 | 252.9 / 168.1 | 277.7 / 177.6 | 341.4 / 200.1 | 380.0 / 216.0 | | |
| 8 | 274.2 / 177.6 | 302.4 / 187.4 | | | | |
| 9 | 295.3 / 184.9 | 326.8 / 194.9 | | | | |
| 10 | 316.4 / 192.4 | 351.1 / 205.3 | | | | |

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

MBRACE® LAMINATE 210/3300

| ancho x sección laminado (mm ²) | 50.0 x 1.4 | 80.0 x 1.4 | 100.0 x 1.4 |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Nº laminados | | | |
| 1 | 131.5 / 127.3 | 150.7 / 133.3 | 163.5 / 137.4 |
| 2 | 163.5 / 137.4 | 201.4 / 152.3 | 226.4 / 159.0 |
| 3 | 195.1 / 150.1 | 251.1 / 168.1 | 287.9 / 182.4 |
| 4 | 226.4 / 159.0 | 300.1 / 184.9 | 348.2 / 202.6 |
| 5 | 257.3 / 170.5 | 348.2 / 202.6 | 414.6 / 224.2 |
| 6 | 287.9 / 182.4 | 395.8 / 221.4 | 436.3 / 247.2 |
| 7 | 318.2 / 192.4 | 428.1 / 238.4 | |
| 8 | 348.2 / 202.6 | | |
| 9 | 378.0 / 213.3 | | |
| 10 | 414.6 / 224.2 | | |

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

MBRACE® LAMINATE 165/2500 CUT IN

| ancho x sección laminado (mm ²) | 15.0 x 2.5 |
|--|---------------|
| Nº laminados | |
| 1 | 112.9 / 121.5 |
| 2 | 126.5 / 125.4 |
| 3 | 140.0 / 131.3 |
| 4 | 153.4 / 135.4 |
| 5 | 166.8 / 139.5 |
| 6 | 180.1 / 143.7 |
| 7 | 193.4 / 148.0 |
| 8 | 206.6 / 152.3 |
| 9 | 219.8 / 156.7 |
| 10 | 232.9 / 161.2 |

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

MBrace® Fibre

MBRACE® FIBRE CARBONO CF 130 (300 g/m²)

ancho x sección hoja (mm²) 300.0 x 0.23

Nº hojas

1 133.6 / 127.3

2 167.6 / 139.5

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

MBRACE® FIBRE CARBONO CF 140 (400 g/m²)

ancho x sección hoja (mm²) 300.0 x 0.235

Nº hojas

1 136.4 / 129.3

2 173.1 / 141.6

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

MBRACE® FIBRE ARAMIDA AR112/3000 (295/30 g/m²)

ancho x sección hoja (mm²) 300.0 x 0.2

Nº hojas

1 114.3 / 121.5

2 129.2 / 127.3

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

MBRACE® FIBRE ARAMIDA AR112/3000 (440/30 g/m²)

ancho x sección hoja (mm²) 300.0 x 0.3

Nº hojas

1 121.7 / 123.4

2 143.9 / 131.3

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

MBrace® MBar

MBRACE® MBar 165/2500

| Diámetro barra (mm) | Ø8.0 | Ø10.0 | Ø12.0 |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| Nº barras | | | |
| 1 | 117.4 / 123.4 | 127.1 / 125.4 | 138.2 / 129.3 |
| 2 | 135.5 / 129.3 | 154.6 / 135.4 | 176.6 / 143.7 |
| 3 | 153.4 / 135.4 | 181.9 / 143.7 | 214.5 / 156.7 |
| 4 | 171.2 / 141.6 | 209.0 / 154.5 | 251.9 / 168.1 |
| 5 | 189.0 / 148.0 | 235.8 / 163.5 | 288.9 / 182.4 |
| 6 | 206.6 / 152.3 | 262.4 / 172.8 | 325.4 / 194.9 |
| 7 | 224.1 / 159.0 | 288.7 / 182.4 | 361.6 / 207.9 |
| 8 | 241.5 / 165.8 | 314.8 / 189.9 | 397.3 / 221.4 |
| 9 | 258.9 / 170.5 | 340.7 / 200.1 | 424.4 / 232.6 |
| 10 | 276.1 / 177.6 | 366.4 / 210.6 | 436.9 / 247.2 |

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

5.2 - Soluciones seleccionadas

Refuerzo a Flexión

Para las características y solicitaciones de la estructura, descritas en el apartado 2 de este informe se plantea el siguiente refuerzo.

MBrace® Laminate

MBRACE® LAMINATE 170/3100

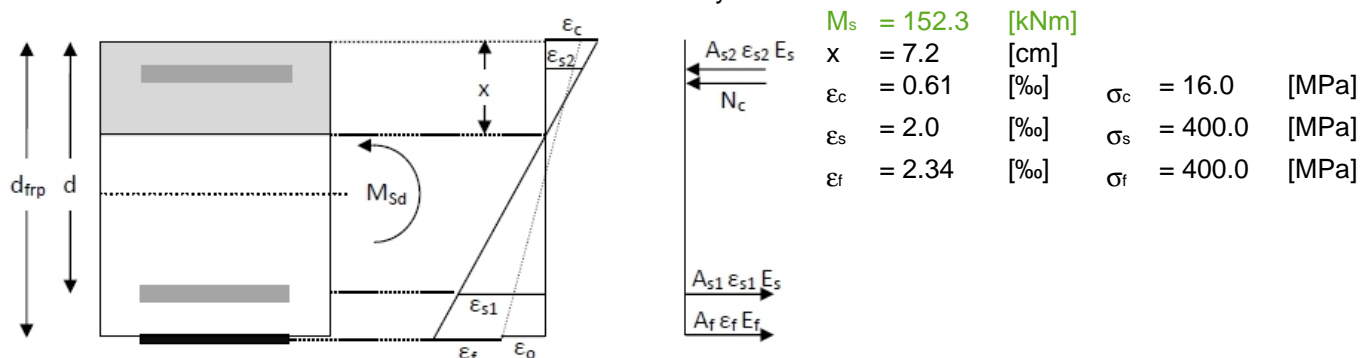
Ancho: 100.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

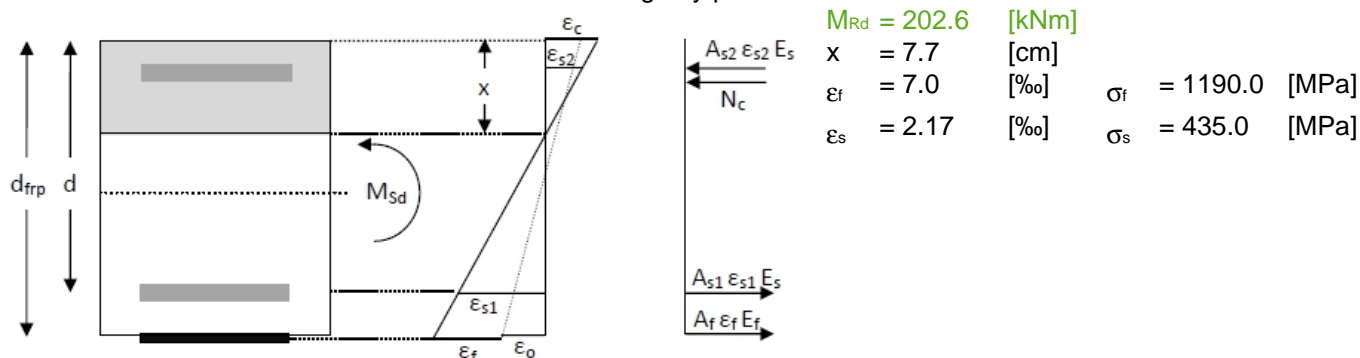
Nº laminados: 2

$a_f = 1.4$ [cm²] $E_f = 170000.0$ [MPa]

Esfuerzos en servicio y estados tensionales



Rotura en hormigón y plastificación en acero



MBrace® Laminate

MBRACE® LAMINATE 170/3100

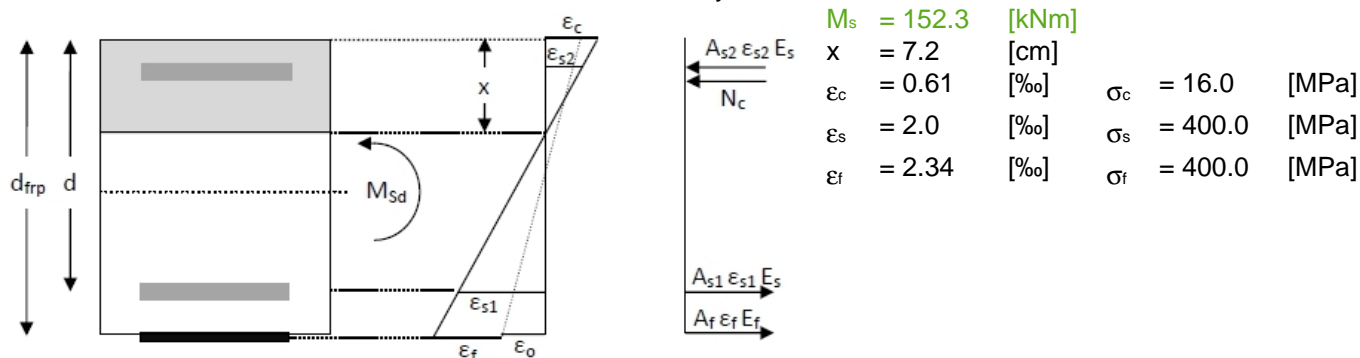
Ancho: 50.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

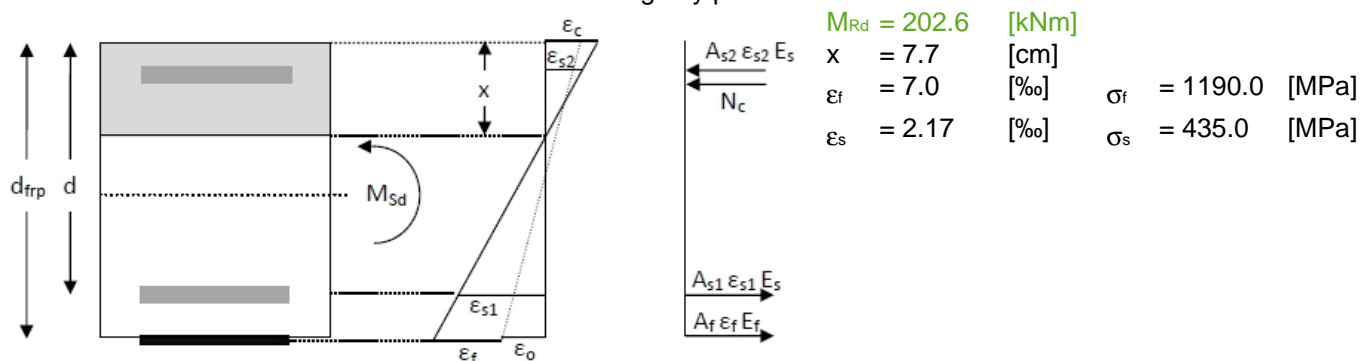
Nº laminados: 4

$a_f = 0.7$ [cm²] $E_f = 170000.0$ [MPa]

Esfuerzos en servicio y estados tensionales



Rotura en hormigón y plastificación en acero



MBrace® Laminate

MBRACE® LAMINATE 210/3300

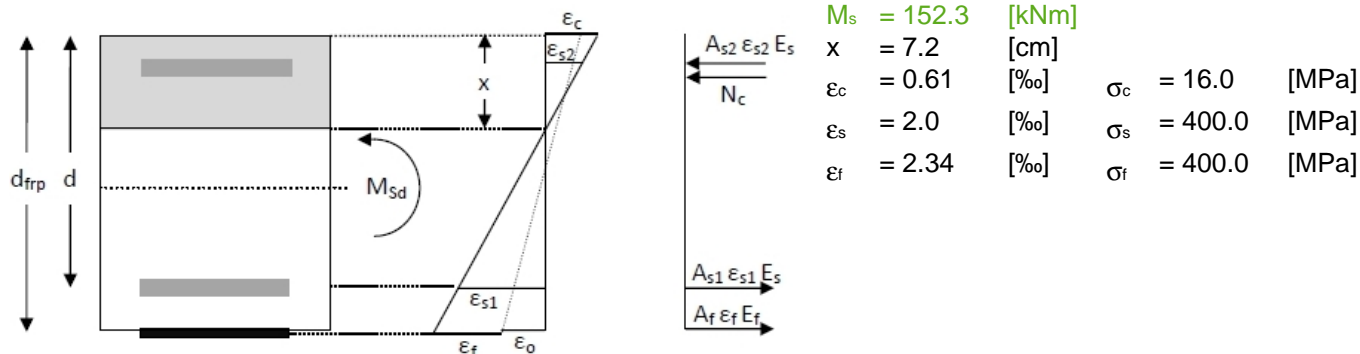
Ancho: 80.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

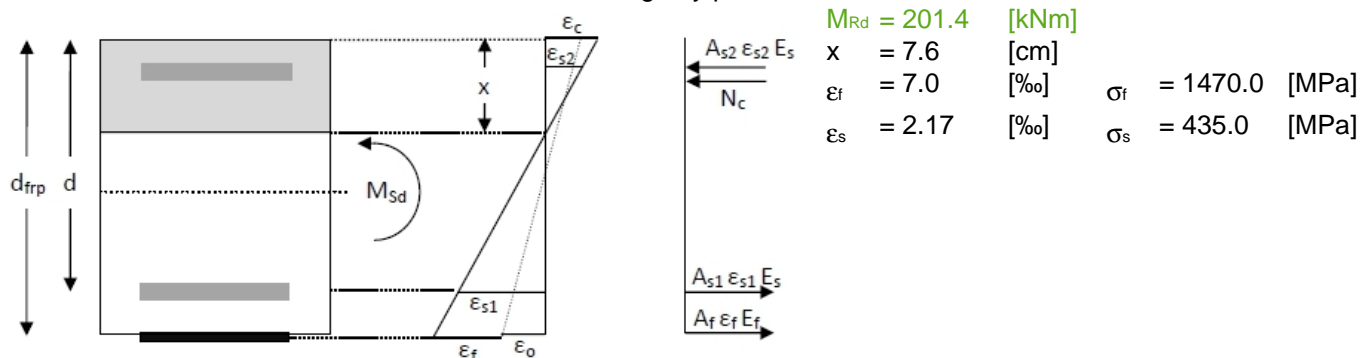
Nº laminados: 2

$a_f = 1.12$ [cm²] $E_f = 210000.0$ [MPa]

Esfuerzos en servicio y estados tensionales



Rotura en hormigón y plastificación en acero



MBrace® Laminate

MBRACE® LAMINATE 210/3300

Ancho: 50.0 [mm]

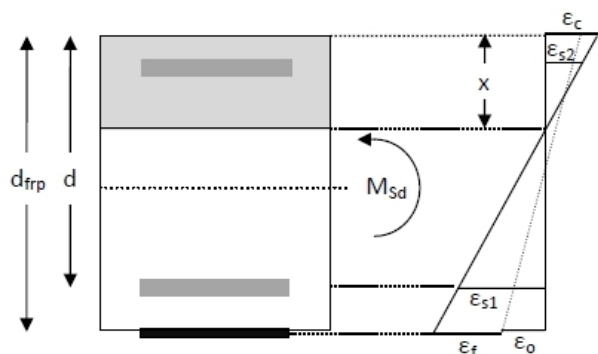
Espesor: 1.4 [mm]

Nº laminados: 3

$a_f = 0.7$ [cm²]

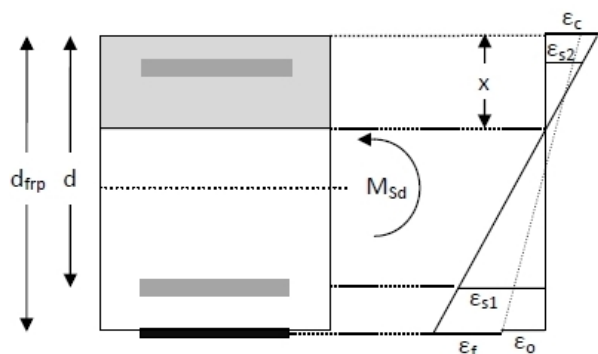
$E_f = 210000.0$ [MPa]

Esfuerzos en servicio y estados tensionales



| | |
|-------------------------|--------------------------|
| $M_s = 150.1$ [kNm] | |
| $x = 7.2$ [cm] | |
| $\epsilon_c = 0.61$ [‰] | $\sigma_c = 16.0$ [MPa] |
| $\epsilon_s = 2.0$ [‰] | $\sigma_s = 400.0$ [MPa] |
| $\epsilon_f = 2.34$ [‰] | $\sigma_f = 400.0$ [MPa] |

Rotura en hormigón y plastificación en acero



| | |
|-------------------------|---------------------------|
| $M_{Rd} = 195.1$ [kNm] | |
| $x = 7.5$ [cm] | |
| $\epsilon_f = 7.0$ [‰] | $\sigma_f = 1470.0$ [MPa] |
| $\epsilon_s = 2.17$ [‰] | $\sigma_s = 435.0$ [MPa] |

MBrace® Laminate

MBRACE® LAMINATE 165/2500 CUT IN

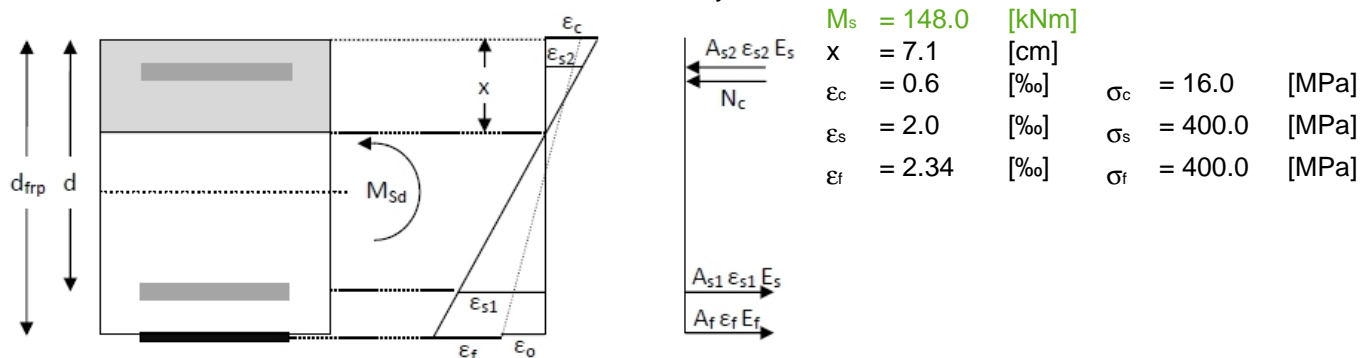
Ancho: 15.0 [mm]

Espesor: 2.5 [mm]

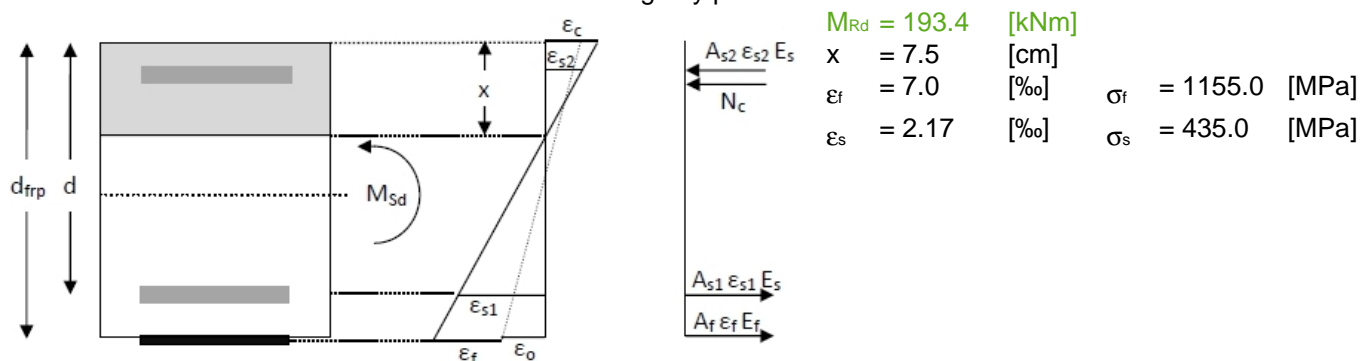
Nº laminados: 7

$a_f = 0.375 \text{ [cm}^2\text{]}$ $E_f = 165000.0 \text{ [MPa]}$

Esfuerzos en servicio y estados tensionales



Rotura en hormigón y plastificación en acero



MBrace® MBar

MBRACE® MBAR 165/2500

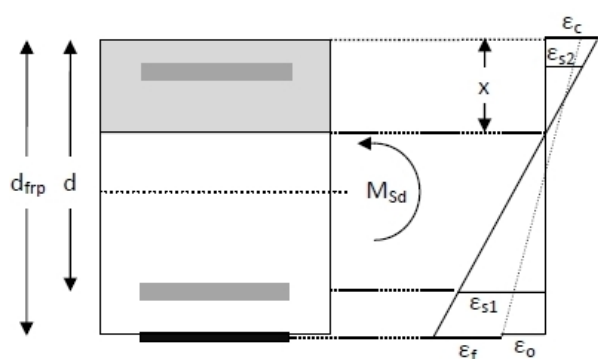
Diámetro: 8.0 [mm]

Nº barras: 6

$a_f = 0.5 \text{ [cm}^2\text{]}$

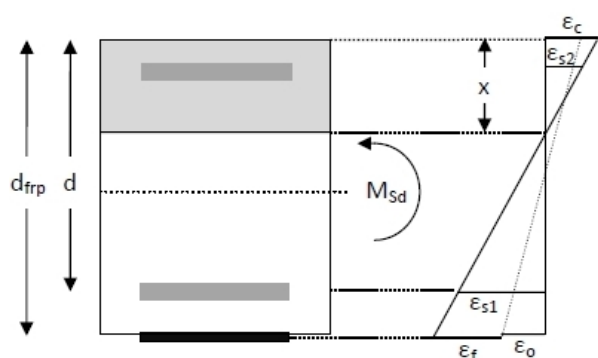
$E_f = 165000.0 \text{ [MPa]}$

Esfuerzos en servicio y estados tensionales



| | | | |
|---------------------|---------|--------------------|---------|
| $M_s = 152.3$ | $[kNm]$ | | |
| $x = 7.2$ | $[cm]$ | | |
| $\epsilon_c = 0.61$ | $[‰]$ | $\sigma_c = 16.0$ | $[MPa]$ |
| $\epsilon_s = 2.0$ | $[‰]$ | $\sigma_s = 400.0$ | $[MPa]$ |
| $\epsilon_f = 2.34$ | $[‰]$ | $\sigma_f = 400.0$ | $[MPa]$ |

Rotura en hormigón y plastificación en acero



| | | | |
|---------------------|---------|---------------------|---------|
| $M_{Rd} = 206.6$ | $[kNm]$ | | |
| $x = 7.7$ | $[cm]$ | | |
| $\epsilon_f = 7.0$ | $[‰]$ | $\sigma_f = 1155.0$ | $[MPa]$ |
| $\epsilon_s = 2.17$ | $[‰]$ | $\sigma_s = 435.0$ | $[MPa]$ |

6 - RECOMENDACIONES

MBrace® LAMINATE:

Para proceder al refuerzo con el MBrace® LAMINATE, debe extenderse una resina adhesiva MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT sobre el soporte imprimado con MBrace® PRIMER, sobre la cara estriada y limpia del MBrace® LAMINATE aplicar una capa de 2-3mm de adhesivo y colocar en su posición definitiva presionando con un rodillo de goma o elemento similar.

Para garantizar el éxito del refuerzo, se debe asegurar una unión perfecta entre el compuesto MBrace® y el soporte, tal que permita una correcta transmisión de esfuerzos entre el elemento y el compuesto resistente. Es necesario verificar la idoneidad de las condiciones de la adherencia entre soporte y el compuesto, o entre los componentes del compuesto, ya que de ello depende fundamentalmente el correcto funcionamiento del refuerzo.

No debe aplicarse sobre soportes húmedos o con temperaturas inferiores a 5°C.

MBrace® MBar 165/2500:

Se abrirá una roza (o junta) con una rozadora trazando cortes de aproximadamente unas dimensiones mínimas 10mm superiores a la anchura y espesor del elemento a insertar. Se evitará dañar elementos metálicos y/o mampostería innecesaria.

Las superficies de trabajo se tratarán de forma que en el momento de aplicación de los diferentes materiales se encuentren en condiciones de facilitar la adherencia de los mismos para lo cual se eliminarán del mismo grasas, aceites, piedra y/o mortero dañado y restos de otras aplicaciones y cualquier material o sustancia ajena a la propia aplicación.

La temperatura del soporte se encontrará por lo menos 3°C por encima del correspondiente punto de rocío.

El soporte debe quedar libre de polvo u otras sustancias que impidan la buena adherencia.

Se comprobará el relleno de material adhesivo por todo el perímetro de la barra mínimo de 2mm.

La aplicación de los productos citados en el presente informe se realizará de acuerdo con los detalles y especificaciones citadas en la correspondiente ficha técnica.

Para cualquier aplicación no descrita, consulten con el Servicio Técnico.

Estos valores tienen carácter orientativo y con objeto de estimar un coste económico de actuación, y deberán ser validados por la Dirección Facultativa o Técnica de la obra de acuerdo a la geometría de refuerzo particular.

BASF Construction Chemicals España, S.L.