

## SISTEMA M-BRACE®

### Sistema de Refuerzo estructural con fibras de carbono

#### Descripción

El sistema M-BRACE es uno de los materiales compuestos de polímeros reforzados con fibra (FRP, por sus siglas en inglés); los cuales se han utilizado durante casi 30 años en aplicaciones aeroespaciales y manufactureras que requieren pesos livianos y propiedades estructurales de alta resistencia a la tensión y a la corrosión. El rendimiento de los materiales FRP ha sido plenamente comprobado durante años en aplicaciones de ingeniería civil tales como estructuras de techos, refuerzos internos de concreto, emparrillados y especialmente como refuerzo de adhesión interna.

La gran eficiencia de los materiales FRP en todas las aplicaciones anteriores se debe a sus propiedades de baja fluencia, además de tener menor espesor y ser más ligeros que el acero y exhibir una resistencia a la tensión 10 veces superior.

Gracias a todas estas características, el Sistema Compuesto de Refuerzo M-BRA-

CE® Sistema de Refuerzo de Adhesión Externa de FRP para estructuras de concreto y mampostería, ha demostrado una calidad indiscutible.

El sistema M-BRACE se fabrica en la obra a partir de sus dos componentes principales: fibra y polímero.

1.- La fibra llega a la obra en forma de láminas secas y flexibles que se conforman a la estructura y se saturan con epóxico no curado (componente polimérico).

2.- A medida que el epóxico se endurece, se forma un compuesto de FRP rígido que se conforma a la estructura y se adhiere monolíticamente a la misma mediante la resina epóxica.

Esta técnica, conocida como "laminación húmeda", ofrece características de flexibilidad, facilidad de construcción y tiempos de instalación cortos que disminuyen

los costos de mano de obra y los tiempos de parada.

El sistema M-BRACE utiliza fibras de carbono de grado aeroespacial, fibras de vidrio tipo "E", o fibras de aramida, así como también resinas epóxicas que exhiben adherencia al sustrato, durabilidad y facilidad de construcción.

La excepcional combinación de conocimiento técnico y experiencia práctica no tienen paralelo en la industria. El sistema M-BRACE ofrece una alternativa al uso de láminas de acero, aumento de la sección con concreto, o post-tensionamiento externo. El M-BRACE es una solución que brinda una alta relación eficacia/costo, además de facilidad de aplicación, adaptabilidad y rendimiento a largo plazo, lo cual hace posible emprender proyectos de reparación complicados.

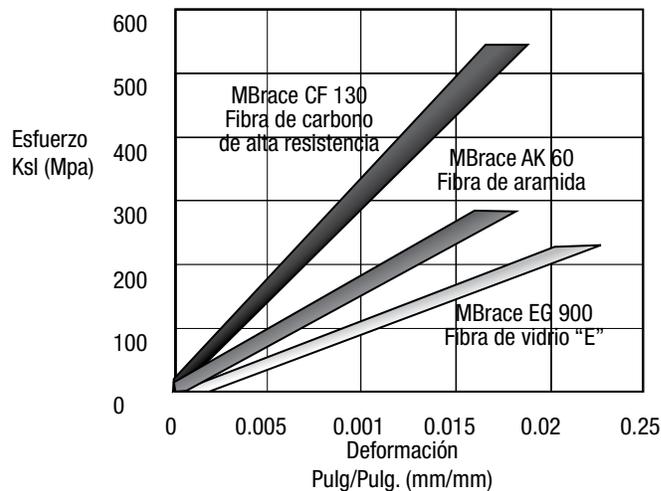
## Componentes del sistema M-BRACE®:

- M-BRACE® PRIMER  
Baja viscosidad para penetrar los poros del concreto
- M-BRACE® PUTTY  
Pasta epóxica espesa que se aplica para nivelar la superficie
- M-BRACE® SATURANT  
Epóxico de bajo escurrimiento, utilizado para encapsular las fibras
- Refuerzos de fibras M-BRACE®  
Láminas de fibra de carbono, de vidrio tipo "E" y de aramida
- M-BRACE® Topcoats
  - TopCoat ATX  
Capa de acabado de látex, diseñada con color y textura a imitación del concreto.
  - Topcoat FRL  
Capa de acabado resistente contra incendios



## Usos típicos

- Mejora las capacidades de soporte de carga de estructuras de concreto y mampostería
  - Aumento de la resistencia a flexión de vigas, losas y muros de concreto.
  - Aumento de la resistencia a cortante de vigas y muros de concreto.
  - Aumento de la capacidad de silos, tuberías y túneles de concreto.
- Reestablecimiento de la capacidad de estructuras de concreto deterioradas.
  - Reemplazo del acero de refuerzo corroído.
  - Reemplazo de tendones postensados dañados.
  - Confinamiento de reparaciones de concreto.
- Corrección de errores de diseño o de construcción
  - Reemplazo de aceros de refuerzo faltantes
- Reforzamiento para Protección antisísmica
  - Mejora de la resistencia y ductilidad de las columnas de concreto.
  - Confinamiento y resistencia adicionales a las conexiones de concreto.
  - Reducción de riesgos de fallas a cortante frágiles de vigas y muros de concreto.
- Mejora de la resistencia a la fatiga de estructuras de concreto.
- Control del agrietamiento de las estructuras de concreto.



## Beneficios:

- Alta resistencia y rigidez
- Peso liviano
- Gran duración y resistencia a la corrosión
- Tiempos de instalación cortos
- Posibilidad de instalación en áreas de acceso limitado
- No altera la apariencia
- Posibilidad de conformar el producto alrededor de superficies de formas complejas.



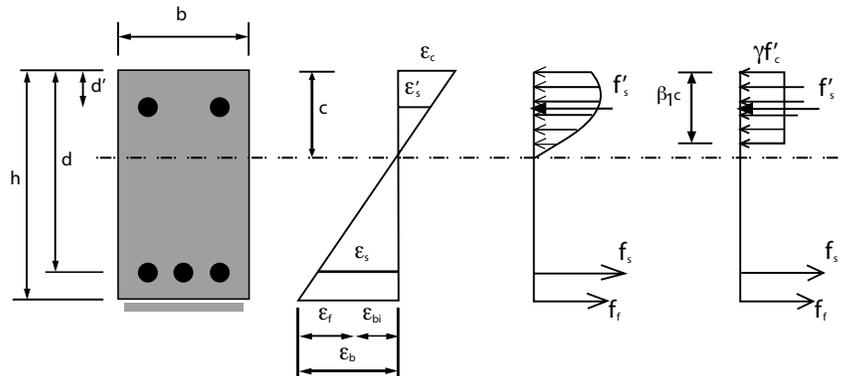
## Refuerzo a flexión

M-BRACE® puede utilizarse para complementar la resistencia a flexión de vigas, losas, muros, y otros elementos de flexión. La capacidad a flexión de miembros reforzados, pretensados y postensados puede aumentar hasta un 70%. En estas aplicaciones el sistema M-BRACE es instalado a lo largo de la longitud del miembro de la misma manera que un refuerzo de acero longitudinal.

La naturaleza liviana y flexible del sistema M-BRACE permite efectuar instalaciones sobrecabeza en intradós de vigas y losas de una manera sencilla, eficaz, económica, y con mucha mayor seguridad que la ofrecida por las planchas de acero.

El sistema M-BRACE puede aplicarse a paredes de concreto y mampostería para aumentar su resistencia a cargas fuera del plano, tales como aquellas debidas a vientos, presión del suelo, presión de fluidos en tanques y voladuras.

Una de las ventajas evidentes de utilizar refuerzos M-BRACE® en losas es la capacidad de instalar fácilmente refuerzos en dos direcciones para losas armadas en dos sentidos. Gracias al pequeño espesor de las laminas M-BRACE®, no se requieren perfilados especiales en la intersección de dos tiras de refuerzo.



$$M_n = A_s f_s \left( d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + A'_s f'_s \left( \frac{\beta_1 c}{2} - d' \right) + 0.85 A_f f_f \left( h - \frac{\beta_1 c}{2} \right)$$

En regiones de momentos negativos, se puede colocar el refuerzo en la parte superior del miembro para aumentar la capacidad. El perfil delgado del sistema M-BRACE permite instalar alfombras, mosaicos u otros tipos de acabados de pisos directamente sobre el piso y sin necesidad de cambios significativos en la elevación del piso.

En regiones de momentos negativos con cargas de tráfico pesado, una opción excelente es instalar la barra de refuerzo MBAR en surcos poco profundos. La instalación del refuerzo justo por debajo de la superficie de concreto aumentara la resistencia al desgaste del sistema.



## Refuerzo a cortante

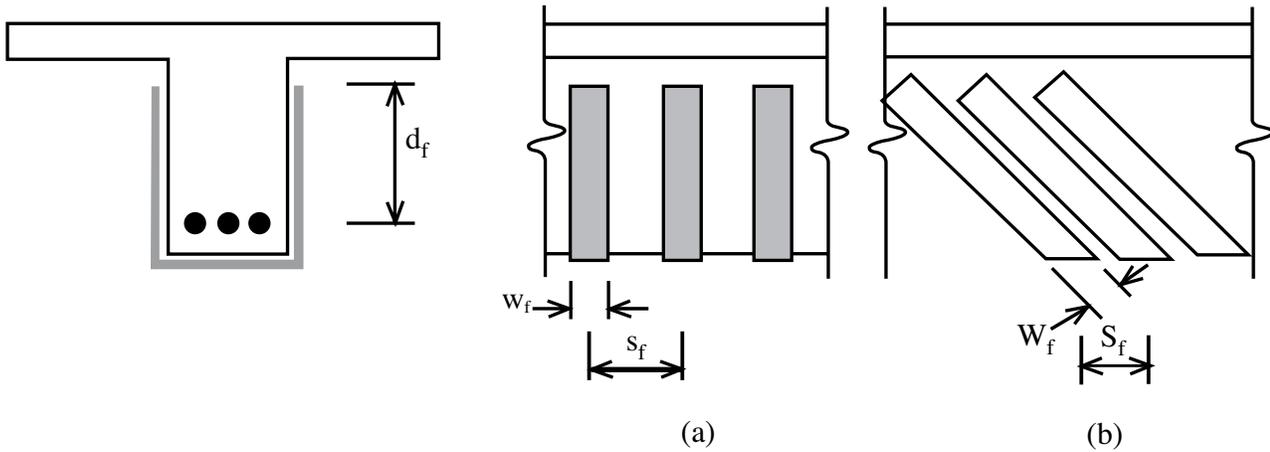
El refuerzo M-BRACE® puede utilizarse para aumentar la capacidad a cortante de vigas, columnas y otros elementos de concreto. Mediante un adecuado refuerzo a cortante, se puede incluso llegar a duplicar la capacidad a cortante de los miembros así como también aumentar su comportamiento dúctil. En esta aplicación, el refuerzo M-BRACE se orienta transversalmente de forma similar a estribos, ligaduras o zunchos de acero.

Envoltura en "U" : Este procedimiento sencillo consiste en envolver los lados y la parte inferior de la sección a fin de aumentar la resistencia a cortante de la viga en las zonas sometidas a altos esfuerzos a cortante. El uso del refuerzo M-BRACE en la envoltura en "U" permite aumentar la capacidad cortante, 200 a 400 N por cada mm de profundidad de la viga (2 kilopondios por cada pulgada.)

M-BRACE® puede también envolverse alrededor de columnas para proporcionar una capacidad a cortante adicional a fin de aumentar la resistencia a cargas sísmicas, cargas de viento o movimientos de miembros contiguos debidos a la fluencia y contracción de dichos miembros.



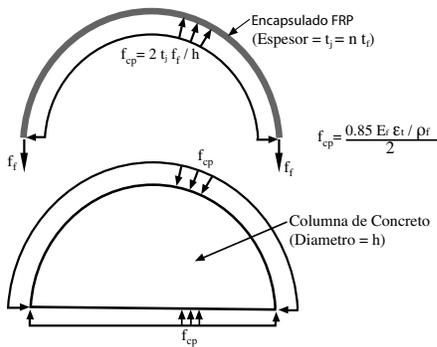
166



$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe}}{s_f} (\sin \beta + \cos \beta) d_f \leq 4\sqrt{f'_c} b_w d$$

## Confinamiento

Un concreto confinado con refuerzos de FRP externos exhibe un aumento excepcional de su comportamiento a compresión: la capacidad de sustentación de carga puede prácticamente duplicarse, mientras que la capacidad de deformación puede aumentar hasta 10 veces. Tal efecto permite reforzar las estructuras de concreto para protección antisísmica, de manera que aumente su ductilidad de desplazamiento en presencia de condiciones sísmicas. El confinamiento con FRP puede también emplearse para fijar empalmes en columnas (un problema común en regiones sísmicas donde se requieran empalmes a tensión pero donde solo haya empalmes a compresión).



## Otras aplicaciones

El refuerzo M-BRACE® ofrece una amplísima adaptabilidad, pudiendo aplicarse externamente donde quiera que se requiera un refuerzo interno adicional.

- Alivio de los esfuerzos de cargas explosivas en muros de mampostería y concreto.
- Refuerzo alrededor de cortes de losas y muros.
- Refuerzo de tuberías, silos, y tanques, a fin de aumentar la tolerancia a la presión.
- Refuerzo de bovedas, túneles y chimeneas.



M-BRACE® puede utilizarse para sustituir aceros de refuerzo que se corten una vez se hagan penetraciones a través de una losa, viga o un muro de concreto.

M-BRACE® puede utilizarse como un revestimiento con capacidad de carga en tuberías de concreto y tuberías forzadas de acero.

Los silos de concreto pueden ser reforzados externamente con MBAR o internamente con M-BRACE para que puedan tolerar las elevadas presiones laterales y los efectos dinámicos.

Además de utilizarse en concreto y mampostería, el M-BRACE® puede también emplearse para reforzar ciertas estructuras de acero y de madera.



## Un producto excepcional

El sistema M-BRACE® está acompañado del más completo programa de soporte de la industria. Se ofrecen todos los componentes necesarios para lograr una instalación exitosa del M-BRACE: soporte de especificaciones y diseño, capacitación de contratistas, ensayos en campo y mucho más.

### ESTRATEGIA DE FORTALECIMIENTO

El Sistema Compuesto de Refuerzo M-BRACE, ofrecido por Watson Bowman Acme y BASF en América Latina, ofrece una técnica innovadora de refuerzo a la industria de la construcción. Como fruto de la adquisición del Sistema Compuesto de Refuerzo M-BRACE por parte de la empresa Watson Bowman Acme en agosto de 2002, la tecnología del sistema M-BRACE, es más que un sistema de refuerzo estructural compuesto; aúna la experiencia de más de 50 años de WBA en ofrecer soluciones de ingeniería para diversos tipos de proyectos a nivel mundial.

Watson Bowman Acme Corp. Fabricante de los componentes del sistema M-BRACE. Líder en innovación desarrollo, fabricación y distribución de productos y servicios que incluyen productos para el control de expansión, reparación y protección del concreto, sistemas compuestos de refuerzo para los mercados de estructuras de pavimentos y puentes; arquitectural; y áreas abiertas.

BASF Construction Chemicals- Unidos para facilitar su éxito. WBA es integrante de BASF construction Chemicals, una de las 6 divisiones de la corporación BASF. A nivel mundial, BASF es la mayor corporación en química de especialidad. Los productos de todas sus divisiones se proponen mejorar la calidad de vida en áreas como: construcción, salud, nutrición y transporte, y han sido diseñados para ser usados de forma segura y compatibles con el medio ambiente.

En América Latina, las empresas de BASF Construction Chemical Latin America, BASF distribuyen los productos de Watson Bowman Acme, por lo que de una sola fuente usted puede resolver los problemas más diversos y demandantes de la industria de construcción.

## Investigación y desarrollo de materiales

WBA lleva a cabo un cuidadoso proceso de formulación para garantizar la combinación armoniosa de todos los componentes del sistema M-BRACE. tanto el sistema como sus componentes pasan por pruebas estrictas que permiten garantizar sus propiedades estructurales, la compatibilidad del material, las características de adhesión y durabilidad. Además, todos los materiales de Watson Bowman Acme tienen que pasar por una serie de pruebas de terreno que garantizan su facilidad de instalación y uso.

### Soporte de diseño

El sistema M-BRACE le brinda soporte de ingeniería para su proyecto. Ofrecemos una completa guía de diseño que contiene:

- procedimientos de diseño
- soporte de diseño en la obra
- ejemplos de aplicación de refuerzo de fibra
- informes y publicaciones técnicas

WBA y sus contratistas certificados M-BRACE trabajan en cooperación para garantizar el cumplimiento de los procedimientos correctos y una instalación de calidad.

## Red de contratistas

La instalación del Sistema Compuesto de Refuerzo M-BRACE está a cargo exclusivo de una red internacional de contratistas especializados, quienes han trabajado y recibido capacitación adicional en técnicas de refuerzo y reparación de concreto, especificaciones de productos, métodos de instalación y técnicas de control de calidad. Gracias a ello, siempre se logra una instalación exitosa.

## Evaluación de calidad

Los contratistas certificados de M-BRACE elaboran un informe de control de calidad por cada instalación del sistema M-BRACE. Dicho informe contiene información sobre las condiciones del área y del sustrato, informes diarios sobre los materiales instalados e informes de inspección que incluyen resultados de pruebas acústicas y pruebas de adherencia a tracción.

En varias instalaciones del M-BRACE se han hecho ensayos de carga en la obra para verificar el efecto de reforzamiento del sistema. Dichas pruebas son realizadas típicamente antes y después de colocar el reforzamiento, a fin de determinar el cambio en el desempeño estructural. Los ensayos de carga pueden diseñarse para un proyecto específico, para ser llevado a cabo en tiempos mínimos y con un mínimo efecto en la operación de la estructura.

## Propiedades de materiales

### Propiedades Estructurales de Productos Estándar

M-BRACE® Refuerzo de fibra	Arquitectura de la lámina	Espesor Normal (por capa)	Resistencia de diseño	Módulo de tensión	Deformación a la tortura
CF130 Lámina de fibra de carbono de alto módulo	300g/m <sup>2</sup> (9 onzas) Unidireccional	0.165 mm/capa (0.0065 pulg./capa)	3800 Mpa (550 ksi)	227 GPa (33 000 ksi)	1.67%
CF 530 Lámina de fibra de carbono de alto módulo	300g/m <sup>2</sup> (9 onzas) Unidireccional	0.165 mm/capa (0.0065 pulg./capa)	3500 MPa (510 ksi)	373 GPa 54 000 ksi	0.94%
AK 60 Lámina de fibra de aramida	600g/m <sup>2</sup> (18 onzas) Unidireccional	0.279 mm/capa (0.0110 pulg./capa)	2000 MPa (290 ksi)	120 GPa (17 400 ksi)	1.67%
EG 900 Lámina de fibra de vidrio "E"	900 g/m <sup>2</sup> (27 onzas) Unidireccional	0.353 mm/capa (0.0139 pulg./capa)	1520 MPa (220 ksi)	72.4 GPa (10 500 ksi)	2.10%

Dependiendo de los requisitos del proyecto otros tejido de fibra y diferentes configuraciones están disponibles. Contacte a su representante BASF para mayor información.