

### Sistema Compuesto de Refuerzo.

#### Nota a los especificadores.

El propósito de esta especificación es brindar apoyo al especificador para desarrollar la especificación técnica en el uso de productos de Master Builders Solutions. La presente especificación no fue preparada para usarse como un documento aislado, no se pretende que sea copiada en forma literal en las especificaciones de obra. Aunque esta guía de especificación es precisa, debe ser revisada para adecuarse al proyecto específico.

#### PARTE 1.- GENERAL

##### 1.01 Resumen

A. La especificación incluye:

1. La colocación de refuerzo de polímero reforzado con fibra (FRP) adherido externamente, aplicado mediante la técnica de estratificación por vía húmeda a elementos de concreto.
2. La aplicación incluye:
  - a. La inspección de los elementos estructurales especificados en los planos del contrato que sean reforzados con FRP. La inspección comprobará la ubicación, e inspeccionará las grietas y las condiciones existentes del sustrato de concreto.
  - b. El suministro de materiales, mano de obra, equipo y todos los elementos necesarios para la reparación de los elementos de concreto existentes, y el reforzamiento mediante la aplicación de refuerzo FRP adherido externamente, tal como se especifica completamente en las especificaciones y planos del contrato.
  - c. La cooperación y coordinación con todos los otros industriales que ejecuten el trabajo descrito en el contrato.

B. Especificaciones Relacionadas:

1. Especificación \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_
2. Especificación \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_

##### 1.02 Referencias.

- A. American Concrete Institute (ACI) – (Instituto Americano del Concreto):  
MasterBrace® Sistema Compuesto de Refuerzo Especificación de Calidad.
  1. 503R Uso de Compuestos Epóxicos con el Concreto.
  2. 546R Guía para Reparación del Concreto
- B. American Society for Testing and Materials (ASTM) – (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales):
  1. D 3039 Método de Ensayo para Propiedades de Tensión de Compuestos de Resina con Fibra.
  2. D 4541 Método de Ensayo Estándar para verificar la adhesión por resistencia al arranque por tirón (Pull-off) de Recubrimientos Usando el Verificador Portátil de Adhesión.
- C. International Concrete Repair Institute (ICRI) – Instituto Internacional para la Reparación del Concreto:
  1. # 03730 Guía para la Preparación de la Superficie del Concreto Deteriorado a Causa de la Corrosión del Acero de Refuerzo.
  2. # 03732 Selección y Especificación para la Preparación de la Superficie del Concreto respecto a Selladores, Recubrimientos y Capas Superpuestas Poliméricas.
  3. # 03733 Guía para la Selección y Especificación de Materiales para Reparaciones de Superficies de Concreto.

##### 1.03 Presentaciones

A. Información del Producto.

1. Hojas de datos de producto del fabricante indicando las características físicas, mecánicas y químicas de todos los materiales usados en el sistema FRP.
2. Propiedades de tensión del material compuesto tal como son determinadas mediante el ensayo de tensión según ASTM D 3039. Los valores de la resistencia a la rotura

### Sistema Compuesto de Refuerzo.

traccional y de alargamiento a la rotura serán determinados restando tres (3) desviaciones estándar de los valores promedio de (20) o más ensayos de tensión.

3. Instrucciones de aplicación, instrucciones de mantenimiento, y recomendaciones generales respecto a cada material que se vaya a usar.
4. Hojas de Datos de Seguridad de Material (SDS) para todos los materiales que se vayan a usar.

#### B. Información del Proyecto

1. Planos de trabajo detallando el tipo, emplazamientos, dimensiones, número de capas, y orientación de todos los materiales FRP que se vayan a colocar.
2. Cualquier cálculo preparado por o en nombre del Contratista, para determinar el diseño de los materiales FRP que se vayan a colocar. Todos los cálculos deben estar debidamente sellados por un ingeniero profesional autorizado.
3. Un plan de control de calidad indicando la verificación que se efectuará para satisfacer el punto 3.04 de esta especificación, y la identificación de la parte o partes responsables para esta verificación.

#### 1.04 Garantía de calidad.

##### A. Cualificaciones del Fabricante / Proveedor

1. El fabricante / proveedor debe estar especializado en la fabricación de productos indicados en esta especificación con una experiencia documentada.
2. El fabricante / proveedor debe tener un mínimo de 50 aplicaciones en obras exitosamente documentadas.
3. El fabricante / proveedor debe apoyar un programa de formación para instruir a los aplicadores en la aplicación de los productos indicados en esta especificación.

##### B. Cualificaciones del Aplicador:

1. El aplicador debe haber sido aprobado por el Fabricante / Proveedor.
2. Durante la aplicación del sistema FRP, debe estar presente una representante en sitio que

haya completado el curso de formación (respaldado por el Fabricante / Proveedor) acerca de la colocación de los productos indicados en esta Especificación.

#### 1.05 Entrega, almacenamiento y manipulación

**A. Entrega:** Los productos serán suministrados y almacenados en sus contenedores originales sin abrir. Los contenedores deben estar claramente marcados con etiquetas intactas y legibles, que indiquen el nombre del fabricante, la marca comercial, la identificación del producto y el número de lote o partida.

##### B. Almacenaje:

1. Los compuestos epoxico y el refuerzo de fibra almacenados deben estar protegidos contra el polvo, humedad y la exposición a productos químicos.
2. Los compuestos epoxico deben almacenarse en áreas a una temperatura ambiente entre 10 y 24° C (50 y 75° F), y alejados de la luz solar directa, de fuentes de llamas, o de otros peligros. Las resinas epoxicocas deben almacenarse por separado de los endurecedores.

##### C. Manipulación:

1. El refuerzo de fibra no debe manipularse en una forma brusca.
2. Consulte la SDS del fabricante, respecto a los peligros en la manipulación de los componentes resinosos.

## PARTE 2 – PRODUCTOS

### 2.01 Fabricantes y Productos

**A.** Los siguientes fabricantes y productos satisfacen o sobrepasan las exigencias de esta especificación y que son aceptables para el uso.

1. Master Builders Solutions.

**B. Substituciones:** Se considerará el uso de sistemas FRP de propietarios diferentes de los especificados, con tal que el contratista presente por escrito la substitución propuesta al ingeniero del propietario antes de la licitación de la obra.

---

## Sistema Compuesto de Refuerzo.

Los sistemas FRP propuestos deben utilizar el mismo tipo de refuerzo de fibra principal (por ejemplo, fibra de carbono, fibra de aramida, o fibra de vidrio E, tal como el especificado en el sistema(s)). Las propuestas por escrito para sustituciones deben incluir como mínimo lo siguiente:

1. La prueba documentada que el Fabricante del sistema propuesto satisface las exigencias de los puntos 1.04 (A) y 2.02 de esta especificación.
2. Toda la información requerida en el punto 1.03 (A) de esta especificación.
3. Los cálculos que demuestren la equivalencia estructural del sistema propuesto con el sistema(s) especificado. La equivalencia estructural se basará en la resistencia a la flexión equivalente y NO en la resistencia equivalente.

### 2.02 Materiales

#### A. Sistema Compuesto FRP

1. Todos los sistemas compuestos FRP deben ser sistemas de propiedad integral formados a base de todos los refuerzos de fibra asociados y de resinas / adhesivos poliméricos. No están permitidos los compuestos FRP formados por refuerzo de fibra y polímeros suministrados por más de un fabricante.

#### B. Recubrimientos Protectores

1. El sistema FRP será revestido con una capa de acabado con un recubrimiento aprobado por el proveedor del sistema FRP.

## PARTE 3 – EJECUCIÓN.

### 3.01 Inspección

A. Examinar las condiciones existentes para evaluar la calidad del sustrato de concreto, identificar las obstrucciones potenciales, y verificar las dimensiones / geometría indicadas en los planos de aplicación.

### 3.02 Preparación

A. Examinar las condiciones existentes para evaluar la calidad del sustrato de concreto, identificar las obstrucciones potenciales, y verificar las dimensiones / geometría indicadas en los planos de aplicación.

#### A. Condiciones Ambientales:

1. No colocar FRP cuando la temperatura ambiente sea inferior de 5 °C (40° F) o superior de 55 °C (130 °F). En condiciones frías, puede utilizarse calor auxiliar para subir la temperatura ambiente a un nivel aceptable. Para esta finalidad, utilizar fuentes de calor limpio (p. ejemplo, eléctrica o propano) que no contaminen el sustrato con carbonatación.
2. La presencia de humedad inhibe la adhesión de los compuestos epoxico al sustrato. No colocar FRP cuando exista humedad superficial en el sustrato o cuando se pronostique lluvia o condensación en las áreas de trabajo.
3. Si existen filtraciones de agua a través de grietas o juntas del concreto, debe canalizarse u obstruirse el flujo de agua antes de la colocación del FRP.

#### B. Condiciones en la Obra

1. Mantener el control de esquirlas de concreto, suciedad, y residuos en cada área de trabajo. Limpiar y eliminar tales residuos a la finalización de cada chorreado diario con abrasivos.

### 3.03 Aplicación

#### A. Reparación del Concreto

1. Las zonas en mal estado del sustrato de concreto (tales como secciones rotas, áreas delaminadas, etc.) deben ser eliminadas hasta que aparezca el material en buen estado. Si están presentes, deberán eliminarse del sustrato, los materiales con una baja resistencia a la compresión y escaso módulo de elasticidad, tal como el yeso.

## Sistema Compuesto de Refuerzo.

2. Si existe corrosión del refuerzo de acero, deberá repararse el acero y el concreto antes de la colocación del FRP. Cualquier concreto deteriorado o acero de refuerzo corroído debe ser reparado según la Guía ICRI #3730. **NO CUBRIR EL ACERO DE REFUERZO CORROÍDO CON FRP.**
  3. Deben rellenarse los huecos en el sustrato de concreto. Los huecos grandes (de una profundidad superior de 500 mm (0,50 pulgadas)) deben rellenarse con un mortero de reparación apropiado. El material de reparación será seleccionado según la Guía ICRI #3733 y de acuerdo con las exigencias del proyecto. Si es necesario, puede verificarse la resistencia de la adhesión del material de reparación con el concreto existente mediante el ensayo del tirón según ASTM D 4541. La resistencia mínima requerida al arranque por tirón (pull-off) es de 1,4 MPa (200 psi).
  4. Las grietas en el concreto mayores de una anchura de 0,25 mm (0,010 pulgadas) deben ser inyectadas a presión con epóxico o un material similar aprobado por el Ingeniero de Registro.
- B. Preparación de la Superficie**
1. Antes de iniciar los procedimientos de preparación de la superficie, el Contratista preparará en primer lugar un área de muestra representativa. El área de muestra será preparada según las exigencias de esta Especificación, y se usará como patrón de referencia ilustrando un sustrato preparado satisfactoriamente.
  2. Las irregularidades discontinuas de la superficie del concreto (desviaciones) deberán ser lijadas y alisadas a menos de 1 mm (0,04 pulgadas).
  3. Cuando el refuerzo de fibra sea colocado alrededor de bordes o ángulos exteriores, éstos deberán redondearse a un radio no inferior de 15 mm (0,5 pulgadas). Se evitará la aplicación de refuerzo de fibra alrededor de ángulos interiores. No es necesario ningún detallado, si la fibra sigue la dirección paralela a los ángulos (esquinas).
  4. Aplicaciones de Adhesión Crítica: En las aplicaciones de adhesión crítica donde la sección transversal del sustrato de concreto no quede completamente recubierto por el material FRP, deberá contornearse la superficie del sustrato de concreto usando un chorreado con abrasivo y/o el lijado con disco hasta un mínimo de ICRI CSP 3 (véase la Guía ICRI #03732). Deben eliminarse las contaminantes de la superficie (lechada de cemento, lubricantes superficiales, trozos de mortero rotos, recubrimientos de pintura, suciedad, etc.) mediante el chorreado con abrasivos y/o el lijado con disco. Debe eliminarse el polvo generado por el lijado de la superficie usando un ventilador u otro medio apropiado. Si se ha eliminado el polvo mediante lavado con agua, deberá secarse totalmente la superficie.
- C. Mezclado de las Resinas y Adhesivos Poliméricos.**
1. Las resinas (incluyendo a las imprimaciones y masillas) deberán mezclarse según las instrucciones de aplicación del Fabricante del sistema FRP. Todos los componentes resinosos estarán a una temperatura apropiada y serán mezclados en la proporción de mezcla prescrita por el Fabricante, hasta conseguir un mezclado completo y uniforme de los componentes. Los componentes resinosos presentan a menudo colores contrastantes, de forma que se consigue el mezclado total cuando las estrías de color quedan eliminadas. Las resinas deberán mezclarse durante el tiempo de mezcla indicado por el Fabricante e inspeccionarse visualmente en lo que respecta a la uniformidad del color.
  2. No se usará la resina mezclada que sobrepase el tiempo de aplicación útil (pot-life) especificado por el Fabricante.
- 5. Aplicaciones de Contacto Crítico:** En las aplicaciones de contacto crítico donde la sección transversal del sustrato de concreto esté completamente recubierto con el material FRP (p. ejemplo, envoltura de columna), la preparación de la superficie deberá promover un contacto íntimo continuo entre la superficie del concreto y el sistema FRP. Las superficies a ser envueltas deberán como mínimo, ser planas o convexas para promover la aplicación apropiada del sistema FRP, y deberá haberse eliminado de la superficie el polvo, lechada de cemento, trozos de mortero roto y otros contaminantes.

### Sistema Compuesto de Refuerzo.

#### D. Aplicación del Sistema FRP mediante la Técnica 'Wet Lay-up' ('Estratificado en Húmedo')

1. La aplicación del sistema FRP (incluidas las capas de acabado) deberá efectuarse según las instrucciones de aplicación publicadas por el Fabricante.
2. Imprimación: La imprimación del sistema FRP se aplicará en todas las zonas de la superficie del concreto donde debe colocarse el sistema FRP. La imprimación se aplicará uniformemente sobre la superficie preparada según el índice de cobertura especificado por el Fabricante. Se dejará que la imprimación cure de acuerdo con las instrucciones de aplicación del Fabricante, antes de la aplicación de los materiales subsiguientes.
3. Masilla: Solamente se usará la masilla (o relleno) del sistema FRP para rellenar los huecos en el sustrato y alisar las discontinuidades de la superficie antes de la aplicación de otros materiales. Antes de continuar la aplicación, deberán lijarse los bordes rugosos o las líneas de la llana de la masilla curada. Antes de la aplicación de los materiales subsiguientes, deberá dejarse que la masilla quede completamente curada según las instrucciones de aplicación indicadas por el Fabricante.
4. Resina Saturante y Refuerzo de Fibra: Las fibras de refuerzo se colocarán con suficiente resina saturante para conseguir la saturación total de las fibras. El Fabricante del sistema FRP indicará la cantidad adecuada que debe usarse de resina saturante. El refuerzo de fibra se presionará en la superficie del concreto hasta conseguir un contacto perfecto. Deberá dejarse escapar el aire que haya quedado ocluido entre capas, o bien presionar con rodillo antes de que endurezca la resina.
5. Capas de Acabado Protectoras: Los recubrimientos se aplicarán según las recomendaciones del Fabricante.

#### 3.04 Control de calidad en sitio.

A. Un supervisor in sitio experimentado observará todos los aspectos de la preparación y aplicación del material en el emplazamiento incluyendo la preparación de la

superficie, el mezclado de los componentes resinosos, la aplicación de la imprimación, la aplicación de la resina y la lámina de fibra, el curado del compuesto, y la aplicación de los recubrimientos protectores.

#### B. Inspección de Huecos / Delaminaciones

1. Después de dejar que se produzca el curado inicial de la resina durante por lo menos 24 horas, efectuar una inspección visual y un ensayo de golpeteo acústico de la superficie estratificada. Pueden emplearse otros métodos para detección de huecos; todas las partes implicadas acordarán estos métodos antes de la presentación de licitaciones y propuestas.
2. Se marcarán los huecos que requieran una acción correctora, y se repararán según el punto 3.05 de esta especificación.

#### C. Verificación de Adherencia

1. Referente a las aplicaciones de adhesión crítica, se realizará el ensayo 'pull-off' ('arranque por tirón') para verificar la adherencia en tracción directa, según ASTM D 4541. No es necesario la verificación de la adherencia en las aplicaciones de contacto crítico.
2. Los ensayos pull-off de tracción directa serán efectuados según las siguientes condiciones de ensayo:
  - a. Deberá dejarse que el sistema FRP cure durante un mínimo de 24 horas antes de la ejecución del ensayo pull-off de tracción directa.
  - b. Las ubicaciones del ensayo pull-off serán representativas y sobre superficies planas. Si ello es posible, los ensayos pull-off serán realizados en áreas del sistema FRP sometidas a una tensión relativamente baja durante el servicio.
3. Frecuencia del Ensayo
  - a. Efectuar un mínimo de un ensayo pull-off de tracción directa por cada \_\_\_\_\_ de FRP colocado (área de la superficie).



### Sistema Compuesto de Refuerzo.

**PUEDA DETRMINARSE LA FRECUENCIA DEL ENSAYO A PARTIR DE LA SIGUIENTE TABLA.**

Área total de FRP que debe aplicarse.	Frecuencia recomendada del ensayo.
De 0 a 100 m <sup>2</sup> (de 0 a 1.000 pies <sup>2</sup> ).	1 ensayo por 50 m <sup>2</sup> (500 pies <sup>2</sup> ) de FRP.
Entre 100 a 500 m <sup>2</sup> (1.000 y 5.000 pies <sup>2</sup> )	1 ensayo por 100 m <sup>2</sup> (1.000 pies <sup>2</sup> ) de FRP
Entre 500 a 1000 m <sup>2</sup> (1.000 y 5.000 pies <sup>2</sup> )	1 ensayo por 100 m <sup>2</sup> (2.000 pies <sup>2</sup> ) de FRP
Más de 1.000 m <sup>2</sup> (10.000 pies <sup>2</sup> )	1 ensayo por 300 m <sup>2</sup> (3.000 pies <sup>2</sup> ) de FRP

- b. Los ensayos pull-off deben hacerse en cada área de lámina de fibra colocada diariamente.
- c. Los ensayos pull-off deben efectuarse en cada tipo de substrato de concreto o para cada técnica de preparación superficial usada si existen variaciones en tales condiciones.

- 4. . Condiciones de Aceptación.
  - a. El modo de fallo debe ser el fallo de Cohesión dentro del concreto.
  - b. La resistencia de adherencia a la tracción debe superar 1,4 MPa (200 psi).
- 5. Reparar las áreas ensayadas según el punto 3.05 de esta especificación.

#### D. Informe:

El supervisor en sitio experimentado presentará un informe de control de calidad al Ingeniero de Registro, describiendo la inspección de la aplicación completada y detallando los resultados del ensayo de adherencia.

#### 3.05 Reparación de las áreas defectuosas o estropeadas.

1. Las delaminaciones pequeñas menores de 1300 mm<sup>2</sup> cada una (2 pulgadas<sup>2</sup>), no requieren acción correctora, con tal que el área total delaminada sea inferior del 5% del área total del laminado y no existan más de 10 de tales delaminaciones por 1 m<sup>2</sup>(10 pies<sup>2</sup>).
2. Las delaminaciones grandes mayores de 16.000 mm<sup>2</sup> (25 pulgadas<sup>2</sup>) requerirán el cortado selectivo de la lámina afectada, la reaplicación de las capas de imprimación y masilla, y la aplicación de una reparación FRP solapante de capas equivalentes y orientaciones de fibra.
3. Las delaminaciones moderadas inferiores de 16.000 mm<sup>2</sup> (25 pulgadas<sup>2</sup>) pueden repararse rellenoando la delaminación mediante inyección a baja presión del saturante, o bien mediante el procedimiento especificado anteriormente para las grandes delaminaciones.

Los procedimientos de reparación para aquellas condiciones que no se hayan tratado específicamente en esta especificación, serán aprobadas por el representante del Propietario.