



Capítulo 4

**Aplicación del microconcreto
fibro-reforzado en la construcción**

Utilidad en la industria de la construcción y la arquitectura

Como se ha descrito en los capítulos anteriores, el uso del concreto fibro-reforzado se ha extendido a nivel mundial, por la gran cantidad de ventajas y beneficios que aportan a las estructuras. Este capítulo tiene como finalidad presentar diversos usos que tienen el microconcreto fibro-reforzado con diferentes tipos de fibras. Dentro de las fibras se encuentran las fibras de vidrio, fibras de acero, fibras sintéticas y fibras de origen vegetal. Cada una de las fibras cuenta con una característica especial que la hace ideal para un uso específico, de tal manera que se describe de forma generalizada los usos más frecuentes a los que se exponen los compuestos fibro-reforzados en la industria de la construcción y de la arquitectura.

Microconcreto fibro-reforzado con fibras de vidrio

El microconcreto fibro-reforzado con fibras de vidrio es un material con un amplio abanico de aplicaciones en los campos de la arquitectura y de la construcción. La eficiencia del GRC en el control de agrietamiento y fisuramiento interno temprano lo convierte en un material ideal para productos de construcción (Kumar *et al.*, 2020); por ser un tipo de concreto armado no requiere ningún acero adicional, haciéndolo más adecuado para productos prefabricados. Los paneles de GRC se desarrollaron como respuesta a la necesidad de encontrar un material con el mismo nivel de resistencia que el hormigón armado, pero con mayor capacidad de manejo y mejor comportamiento de tracción (Beltrán *et al.*, 2013).

El GRC tiene unas características y propiedades que lo convierten en un material ideal para la fabricación de paneles y otros productos, tanto en acabado y resultados como en método de trabajo y tratamiento (Lalinde, 2020). Entre las características y propiedades del GRC se encuentran la durabilidad de la fibra de vidrio que no se corroe fácilmente, la flexibilidad del material que se debe a su resistencia a la tracción y la resistencia del material que puede soportar una amplia gama de impactos y situaciones meteorológicas. Impermeabilidad e incombustibilidad (Girbés, 2004).

Por lo tanto, según lo mencionado en párrafos anteriores, el microconcreto reforzado con fibras de vidrio tiene diversos usos, principalmente placas y paneles. A continuación, se mencionan algunos usos del GRC en la industria de la construcción y de la arquitectura.

- **Construcción de viviendas**

El microconcreto fibro-reforzado tiene buenas propiedades a la flexión y la flexo-compresión. Se utiliza con frecuencia en el diseño y renovación de fachadas y portones, así como para encofrados y sistemas modulares de vivienda (Figura 41), también se incluyen cajetines, casetas de electricidad y contadores. Además, estos paneles se utilizan para construir varias piscinas, vallas, celosas y pasarelas.

Figura 41. Vivienda modular con placas prefabricadas



Fuente: Su casa, construcciones prefabricada. (s.f.).

Las viviendas modulares son un tipo de edificación prefabricada similar a la construcción con mampostería, es decir, este tipo de estructura se compone de paneles pequeños que se encajan para formar una estructura compuesta. La dimensión de los paneles depende directamente de la modulación de la vivienda, generalmente un panel no supera un metro cuadrado y el espesor es de alrededor de 10 cm. Aunque si se cuenta con la maquinaria adecuada se puede fabricar paneles de mayor dimensión; sin embargo, se espera que este tipo de viviendas sean sencillas de construir y no requieran de mano de obra especializada para la construcción.

- **Tanques de las piscifactorías**

Los tanques de las piscifactorías son estructuras utilizadas en la acuicultura que permiten la remoción de materia orgánica y las excreciones de los peces. De tal forma que los tanques ayudan a evitar el establecimiento de zonas desoxigenadas, así como ocurre en el hacinamiento de los peces (Acuicultura, s.f.).

Como se muestra en la Figura 42, los tanques de las piscifactorías generalmente están fabricados de concreto, aunque en algunos casos se pueden fabricar de otros materiales. La estructuración del tanque se realiza con paneles prefabricados que permitan un montaje sencillo de la estructura, las paredes al ser tan delgadas dificultan el uso de acero de refuerzo, por lo que el uso de paneles de concreto fibro-reforzado resultan una alternativa ideal.

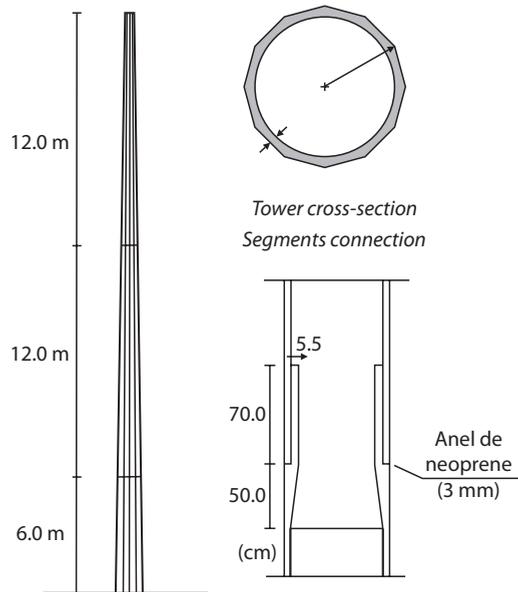
Figura 42. Tanques construidos con placas prefabricadas

Fuente: Silva O. (s.f.).

Además de las paredes, los paneles de concreto fibro-reforzado también se utilizan para la tapa y fondo del tanque. En el caso de las tapas, al ser el GRC un material que tiene buena resistencia a la flexión, no requieren, además de vigas o viguetas de apoyo, un refuerzo adicional para soportar cargas vivas como lo son las cargas transitorias durante el mantenimiento del tanque, es decir, el microconcreto fibro-reforzado con fibras de vidrio es un compuesto que se puede utilizar de forma eficiente en la fabricación de paneles para ser utilizados en la construcción de las paredes, tapas y fondo de tanques de las piscifactorías de la acuicultura.

- **Torres de telecomunicaciones**

Ferreira y Branco (2007) estudiaron la aplicación estructural de GRC en torres de telecomunicaciones. El uso de GRC puede utilizarse como material estructural con peso reducido y buenas propiedades de durabilidad. La torre prototipo tenía 30 m de altura y estaba compuesta por tres segmentos diferentes, producidos por separado. El segmento base tiene una altura de 6 m mientras que los segmentos intermedio y superior tienen una altura de 12 m (Figura 43). La sección transversal de paredes delgadas es externamente un polígono de 12 lados e internamente circular.

Figura 43. Geometría de la torre de telecomunicación en GRC

Fuente: Ferreira y Branco (2007).

La resistencia del GRC pretensado no es suficiente para soportar los efectos del viento y es necesario colocar elementos de refuerzo complementarios. En el prototipo se evitó el uso de barras de acero ordinarias por razones de durabilidad y para evitar interferencias electromagnéticas. En su lugar, inicialmente se utilizaron tendones de carbono como refuerzo longitudinal a lo largo de la altura de la torre con barras de acero inoxidable suplementarias en las zonas más tensionadas. En las últimas pruebas experimentales de colapso se utilizó únicamente acero inoxidable porque demostró conferir una mayor ductilidad a la torre (Ferreira y Branco, 2007).

- **Construcción de drenajes y obras de arte en las vías**

Las obras de arte en las vías se refieren a todas aquellas obras de infraestructura vial que hacen parte del sistema de drenaje de las vías y carreteras, como lo son las cunetas, canaletas, box-culvert, alcantarillas, entre otros. Estas obras son construidas generalmente en concreto reforzado y en concreto prefabricado para facilitar su instalación; sin embargo, en los años más recientes, con la aplicación de los materiales más eficientes, se ha implementado el uso de concreto fibro-reforzado para construcción de los drenajes, esto se debe a que al ser el GRC un material que absorbe mayor energía de deformación, lo hace un material más flexible que puede garantizar un correcto funcionamiento para el paso vehicular, ya que un concreto rígido puede sufrir mayor desgaste por el paso cíclico de vehículos en una vía.

La Figura 44 muestra placas prefabricadas perforadas como sistema de tapa de drenaje en vías y carreteras, aunque se debe aclarar que el uso de este tipo de drenaje se extiende a otras áreas y no solo para uso vial. Otro uso particular se da en el sector de la ganadería y la agricultura, donde se requieren de drenajes útiles, durables y eficientes que soporte el

paso del tiempo y cumplan con el fin para el que fueron destinados. Siendo, entonces, las placas prefabricadas de microconcreto fibro-reforzado con fibras de vidrio, el elemento ideal para el uso mencionado.

Figura 44. Sistemas de drenajes con placas prefabricadas



Fuente: Drenajes. (s.f.).

- **Otros usos en la industria de la construcción**

Banthia *et al.* (2012) describen el uso del GRC en el sector de la construcción, como lo es el uso en zanjas de tuberías (Figura 45). El GRC se utilizó como material de construcción de las paredes y fondos de la zanja, al igual que para los soportes de las tuberías. Los soportes se denominan almohadillas. Las almohadillas de caja soportan armarios eléctricos, estas almohadillas huecas tienen una dimensión de 1,2 m de lado con láminas de 13 mm y se diseñaron para soportar una carga de 1,7 toneladas. Los lados verticales de las almohadillas más grandes se endurecieron con nervaduras hechas con tiras de poliestireno rociadas con GRC. Se utilizó GRC porque su resistencia y esbeltez hicieron que las almohadillas fueran fáciles de manejar.

Figura 45. Aplicación de zanjas de tuberías de concreto reforzado con fibra de vidrio. Cortesía de Nippon Electric Glass America Inc



Fuente: Banthia *et al.* (2012).

La Figura 46 muestra paneles de valla de concreto prefabricado. Se moldean y se instalan verticalmente para formar una pared continua. Los paneles de la cerca se han construido utilizando únicamente fibras para reforzar el concreto.

Figura 46. Paneles de valla de concreto prefabricado. Cortesía de Bekaert Corp. EE. UU



Fuente: Banthia *et al.* (2012).

- **Diseño, decoración y arquitectura**

El GRC se puede utilizar como paneles de pared, marcos de ventanas, antepechos, cubiertas de columnas, plafones, cornisas, ménsulas, dintel, barandas, pilastras, cofias, cúpulas, etc. La flexibilidad básica de uso hace que este sea un uso ideal para muchos trabajos de paisajismo. Los usos en el paisaje, así como en el paisaje duro, incluyen mobiliario de sitio, jardineras, bolardos, urnas, mesas, fuentes, estructuras marinas, piscinas y formaciones rocosas (Vahidi y Malekabadi, 2011).

Las posibilidades decorativas del panel GRC son tantas que se utiliza para crear muebles, esculturas o encimeras (Figura 47). Sus acabados permiten imitar a una gran diversidad de materiales. Además de mobiliario, el GRC también se ha extendido a la fabricación de fachadas decorativas, jarrones y demás utensilios de concreto que se puedan utilizar en la vida cotidiana.

Figura 47. Muebles con placas prefabricadas



Fuente: Goian (s.f).

Microconcreto fibro-reforzado con fibra de acero

Las fibras de acero son filamentos de distintas longitudes según la aplicación, que permite la sustitución total del tradicional concreto armado de mallazos y hierro corrugado. Las fibras de vidrio son ampliamente utilizadas en aplicaciones de capas delgadas, particularmente en la estabilización de taludes inclinados y revestimientos de túnele. En aplicaciones donde no se requiere la presencia de un refuerzo continuo para la integridad estructural, como pavimentación, pilotes y revestimientos de concreto lanzado, por ejemplo, los aumentos en la resistencia a la flexión asociados con las fibras pueden reducir los claros y/o proporcionar un desempeño estructural.

Figura 48. Concreto lanzado



Fuente: Probacons S.A. (2017).

Sika (2017) ofrece concretos de ultra-alta resistencia, cuya resistencia se encuentra entre 1200 kg/cm² a 1800 kg/cm² reforzados con fibra de longitud entre 4 mm y 15 mm con un diámetro cercano a 0.2 mm de acero de alto carbono. La Figura 48 muestra el concreto reforzado con fibras de acero y su aplicación en el sector de la construcción como concreto lanzado para estabilización de taludes. La Figura 49 muestra el aspecto del concreto fresco reforzado con fibras de acero, el cual se utiliza para diferentes usos, entre ellos para concreto lanzado.

Figura 49. Concreto fresco reforzado con fibras de acero



Fuente: P. Rivera (2020).

A continuación, se describen algunos ejemplos característicos de uso estructural y no estructural del concreto reforzado con fibra de acero.

- **Pisos industriales**

Útil para altas cargas de impacto y para reducción o eliminación de juntas debido a que con dichas fibras pueden hacer losas con dimensiones más grandes, donde las juntas de contracción son aserradas.

Figura 50. Pisos industriales reforzados con fibras



Fuente: Microsoft PowerPoint - Pisos Industriales - POLICEMENTO (s.f.).

- **Pavimentos**

El uso de microconcreto fibro-reforzado se utiliza particularmente cuando se requieren espesores menores a los normales, por ejemplo, en aeropuerto y las capas de revestimiento de las pistas, pavimentos de autopistas. Los cantidad de fibra de acero varía entre 0,2 % al 2,5 % del volumen del concreto, esto se debe a que cantidades mayores de fibra afectan de manera considerable la trabajabilidad de la mezcla. Montalvo-Guevara M E (2015).

Figura 51. Losa de Almacén: Ransa Lima Perú



Fuente: Montalvo (2015).

- **Estructuras prefabricadas**

Para controlar agrietamientos en elementos preesforzados donde sea necesario el aumento de la resistencia al impacto o a la tenacidad, así como en muros o paneles autoportantes que no soportan cargas, dovelas de túneles, tubos, etc.

La Figura 52 muestra el revestimiento de un túnel segmentado con concreto reforzado con fibras de acero. Los revestimientos de túneles segmentados son estructuras únicas para diseñar debido a las diferentes cargas que deben resistir, los segmentos están expuestos a la flexión a las pocas horas de la fundición cuando se retiran de los moldes de producción y se apilan en cámaras de curado.

Figura 52. Revestimiento de túnel en dovelas mediante concreto armado con fibras de acero. Cortesía de Bekaert Corp. EE. UU



Fuente: Banthia *et al.* (2012).

Microconcreto fibro-reforzado con fibras sintéticas

Los tipos de fibras usadas en concreto son acrílicas, aramida, carbón, *nylon*, poliéster, polietileno y polipropileno. Generalmente utilizadas en tablonces de cemento, la producción de tejas, concreto pretensado, entre otros. Una aplicación importante de las fibras sintéticas es la producción de prefabricados, tanto en la prefabricación pesada (pilotes, postes, dovelas para túneles, vigas) como en la prefabricación liviana (ladrillos, láminas, etc.) (ARGOS) (SIKA).

La Figura 53, el MallaPet 3D, es un producto fabricado con fibras sintéticas para reforzar el hormigón de la empresa Metainplast en Norte de Santander, Colombia. Según el fabricante, Metainplast S.A.S.©, 2019, “MallaPet 3D son fibras sintéticas de refuerzo de hormigón cuya composición de alta tenacidad y resistencia permite obtener las mejores prestaciones del hormigón”. Las fibras sintéticas de MallaPet 3D se adhieren a la masa de hormigón formando una matriz de refuerzo tridimensional que se distribuye por toda la mezcla, reduciendo las fisuras y mejorando las propiedades del hormigón”.

Figura 53. Fibra sintética PET. Empresa Metainplast

Fuente: METAINPLAST METAINPLAST (2019).

Microconcreto fibro-reforzado con Fibra vegetales

En los últimos años se ha incrementado el interés por el uso de fibras de celulosa como alternativas a los refuerzos convencionales en composites. El desarrollo de materiales saludables y amigables con el medio ambiente, comercialmente viables, basados en recursos naturales va en aumento. En este sentido, las fibras celulósicas como refuerzo de los compuestos de mortero de cemento, constituyen una opción muy interesante para la industria de la construcción. Este artículo presenta una revisión de la investigación realizada durante los últimos años en el área de los composites, cementosos reforzados con fibras de celulosa. Se presentan las fibras utilizadas, métodos de procesamiento, comportamiento mecánico y durabilidad. Los principales logros encontrados han sido el desarrollo de compuestos de cemento duraderos con una adhesión de matriz de fibra optimizada. Además, los composites textiles desarrollados recientemente permitirán obtener materiales de altas prestaciones reforzados con fibras vegetales.

Coral (2019) realizó **placas de 0,27*0,27*0,0035** para analizar su comportamiento y las propiedades físicas y mecánicas del concreto mezclado con cascarilla de café, de esta investigación se concluyó que es óptimo para el concreto arquitectónico. En **Villavicencio** se desarrolló una tesis para realizar **paneles** a base de **aserrín** y **polímeros** con resultados de laboratorio del comportamiento del concreto muy bueno, pero no terminaron el producto final, es decir, el panel (Agudelo *et al.*, 2016). De la monografía realizada en **Colombia** para un **diseño estructural** participativo con **cascarilla de arroz**, se obtuvieron resultados bastante buenos y no afectaron en gran parte la resistencia del material, por lo cual se procedió a realizar mampostería con cascarilla de arroz (Castaño y Trigos, 2017).

En comparación con una mampostera de arcilla, los resultados en compresión a mampostera con cascarilla de arroz son muy buenos, con promedios de 867 y 898 Kg/cm², esto podría significar un ahorro de costos. Cabe destacar que se aumenta la dosis de cemento, pero se

sustituye la sustitución de cemento aglomerado en un 10% por cascarilla de arroz (Castaño y Trigos, 2017). Por otro lado, en 2010, estudiantes uruguayos crearon un hormigón ecológico a partir de cascarilla de arroz, concluyendo que el material es resistente, además de un buen aislante térmico y de humedad. Este es un hormigón vivo que se utiliza para la construcción de techos vivos o paneles prefabricados, más que para hacer cimientos o vigas. Los estudiantes pudieron patentar su invento en Uruguay y el Mercosur.