

RESUMEN

Este proyecto surge de la importancia y necesidad que hoy en día se da a las nuevas tecnologías y al desarrollo de nuevos materiales en el sector de la construcción. El trabajo se centrado en describir y analizar estas novedades tecnológicas refiriéndose a los nuevos materiales, centrando el estudio principalmente en los materiales compuestos. Explicando sus propiedades, ventajas e inconvenientes, normativa y evolución en el mercado más reciente, y como no, los usos y aplicaciones, profundizando sobretodo y especialmente, en la aplicabilidad de estos materiales como alternativas al armado dentro de la ingeniería estructural, que forma parte de todos los campos de la construcción, tanto civil, como industrial y edificatoria.

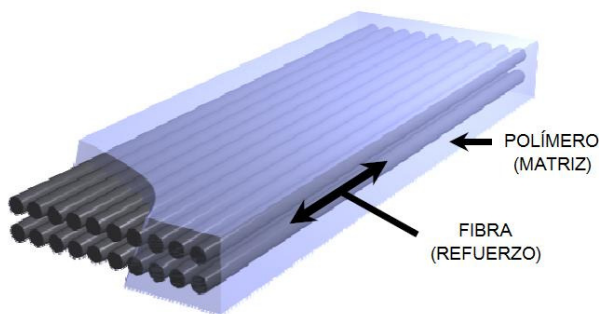
La metodología empleada ha consistido básicamente en la información localizada a través de internet, mediante páginas de fabricantes donde exponen sus productos, fabricación, utilización y ejemplos de los mismos. También artículos de revistas, de libros y otros trabajos que han facilitado, la información que requería. En general, ha sido una tarea que en algunos momentos ha necesitado de paciencia, al tratarse de información que se encontraba en otros idiomas, pero que finalmente se ha podido solucionar sin problemas, resultando de gran utilidad.

En el capítulo 1: Se ha hecho una introducción de la importancia que da la sociedad a innovar y buscar nuevos materiales.

En el capítulo 2: Se realiza un breve resumen de los materiales más generalizados en la construcción y después se mete de lleno en los materiales compuestos, describiendo aspectos relativos a composición, propiedades y tipologías de los mismos.

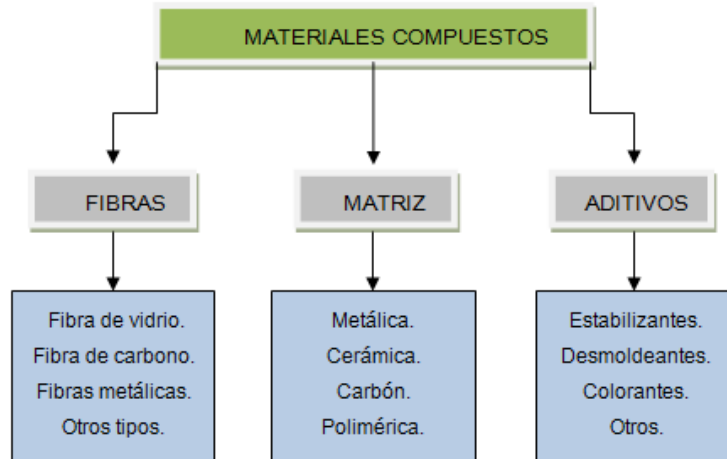
Clasificación generalizada de los materiales más importantes utilizados en la ingeniería son; los metales, cerámicos, polímeros y los compuestos.

Se define material compuesto como un sistema que consta de dos o más materiales distintos, en forma y composición química, e insolubles entre sí, de manera que las propiedades resultantes del compuesto son superiores a los de los componentes considerados individualmente.



Las propiedades que describen a estos materiales de forma generalizada son; propiedades mecánicas, ligereza, electromagnetismo, conductividad eléctrica, agentes químicos, resistencia a la corrosión, aislamiento térmico, aislamiento acústico, pigmentación, acabados y autolimpiables.

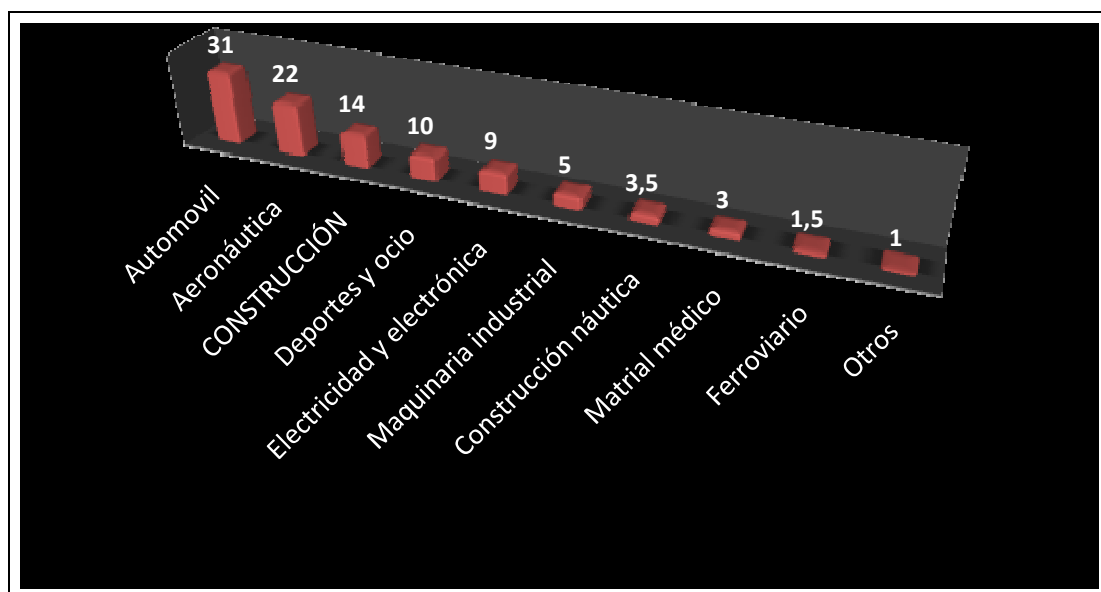
La composición:



Tipología:

- 1- Materiales Compuestos reforzados con partículas
- 2- Materiales Compuestos reforzados con fibras: GFRC y CFRC.
- 3- Materiales Compuestos laminados y tipo sándwich.

En el capítulo 3: En este capítulo se desarrolla más extensamente el objetivo del trabajo, y se describe los usos y aplicaciones más importantes de estos materiales. En principio de manera generalizada y seguidamente por su aplicación en el mundo de la construcción. Dentro de este apartado se desarrollan las alternativas al armado en aplicaciones estructurales, como contenido principal.



Estudio de Materiales Compuestos y su distribución sectorial, según su aplicación. "Estudio de Materiales Compuestos", Nodal Consultants, 2002.

- Aplicaciones en fachadas:



Paneles composite con núcleo termoplástico.



Paneles termo-conformados con carga de FV.



Revestimiento exterior de celosías de GFRG.



Paneles lámina de GFRG.

- Aplicaciones en cubiertas:



Cubiertas de tipo traslúcidas con FV.



Imitación a materiales tradicionales de teja.



Fabricación de cúpulas de GFRG.



Elementos decorativos y de remate en cubiertas.

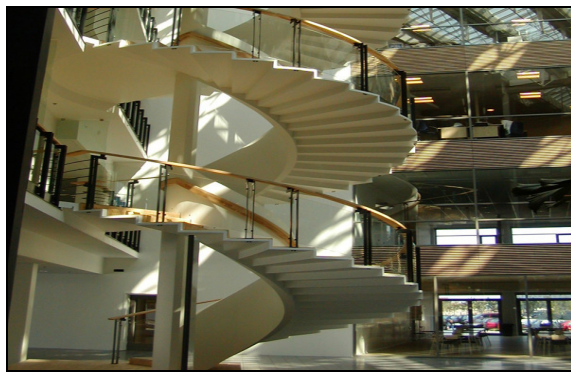
- Aplicaciones interiores:



Tabiquería interior, mobiliario, etc.



Porches de composite en madera (WPC).



Escaleras integras de material compuesto.



Lámpara de diseño en fibra de carbono.

- Aplicaciones estructurales:



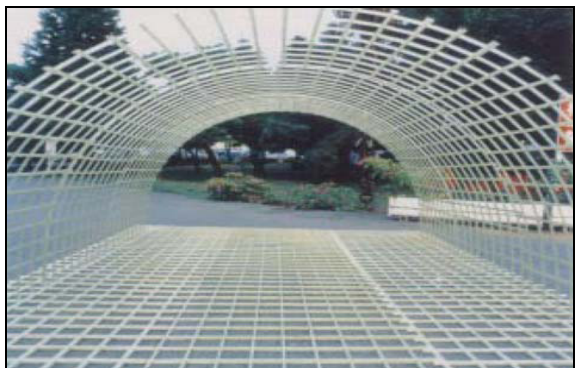
Distintos tipos de barra CFRP y GFRP.



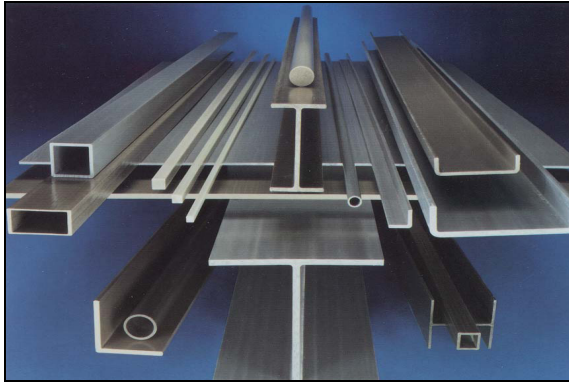
Aplicación ferroviaria de barras GFRP, (tranvía).



Armado con GFRP en tableros de puentes.



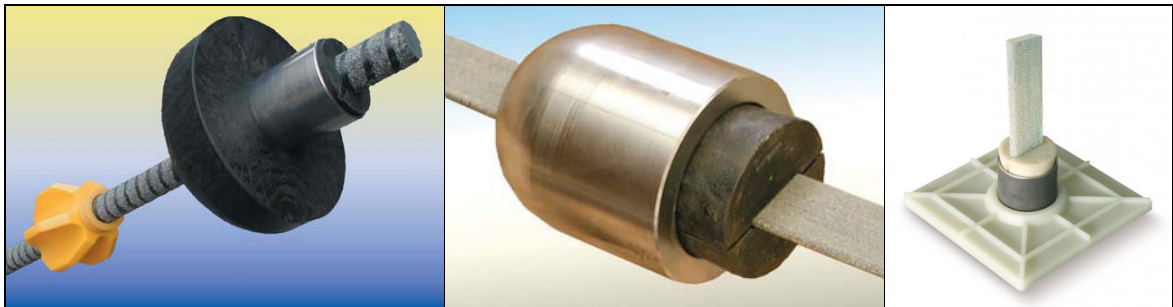
Armado de rejilla especial para túneles.



Tipología de perfiles pultrusionados de (FRP).



Estructura de cubierta industrial en FRP.



Diferentes elementos para anclajes y postesados.



Encofrados perdidos de GFRP.



Laminados de FC, para refuerzo y reparaciones.

- Aplicaciones en reconstrucción y rehabilitación de distintos elementos estructurales:



Uso de laminados en rehabilitación de bóvedas.

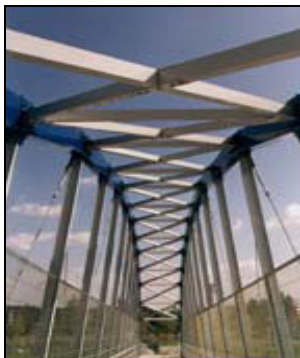


Aplicación de varillas de FRP para fábricas.



Distintas aplicaciones de MC para refuerzo y rehabilitación en elementos estructurales de madera.

- Otros:



Réplicas de elementos arquitectónicos. Puente con perfiles de MC. Edificio realizado en MC.

En el capítulo 4:

En este capítulo se destacan otros aspectos, como es el de las ventajas e inconvenientes que derivan del uso de los materiales compuestos.

En el capítulo 5:

El capítulo trata la normativa de uso, que resulta difícil de clasificar, ya que en estos momentos y a día de hoy es inexistente en España, y que ha de buscarse en documentos técnicos y guías de diseño de otros países de ámbito europeo e internacional.

A nivel nacional no existe actualmente normativa española, sólo la adopción o ratificación de normas europeas o internacionales:

- 1 - CEFIB - Boletín 40 (Comité Europeo del Hormigón).
- 2 - UE - UNE-EN 13706 "Materiales compuestos de plástico reforzado"
- 3 - CNR-DT 203/2006.
- 4 - EEUU - ACI 440.
- 5 - Japón - JSCE 25.
- 6 - Canadá - ISIS.

CONCLUSIONES:

Una vez desarrollados los contenidos del trabajo, se ha podido ver de forma generalizada y variada el desarrollo y utilización hasta nuestros días, que están suponiendo los materiales compuestos en la construcción, tanto civil como industrial, y por supuesto la edificatoria. Hasta nuestros días, porque la innovación de nuevos materiales y sus aplicaciones, está en continuo proceso de formación y aun falta mucho por descubrir.

Primero de todo, se ha comentado los materiales principales que forman parte en la construcción, desarrollando posteriormente el término material compuesto, que está reservado para aquellos materiales bifásicos fabricados expresamente para mejorar los valores de las propiedades que los componentes constituyentes presentan por separado. Dentro del mundo de los materiales compuestos se incluyen los llamados materiales compuestos avanzados, que son aquellos en los que el refuerzo está ventajosamente colocado en el interior de la sección para mejorar sus características, además de estar instalado para optimizar el diseño y las propiedades mecánicas de la estructura para una previsible utilización. Estos, tal y como se ha discutido en el segundo capítulo de este trabajo, son los que están formados a partir de distintas matrices; orgánicas, cerámicas o metálicas, y reforzados mediante fibras (orgánicas o inorgánicas), consiguiendo así, unas altas prestaciones respecto a los materiales de uso tradicional.

Se describe que materiales están ahora en el mercado, que características y propiedades tienen para su uso en la industria generalizada de la construcción, que aplicabilidad se les da hoy en día, tanto a nivel estructural, como a otros niveles secundarios y decorativos. Se ha descrito las ventajas que aporta el uso de los mismos en sustitución o alternativa a sus homólogos y que mejoras ofrecen respecto a los mismos. Y por supuesto, cuales son las normas y directrices que siguen en conceptos de calidad, de normativa y otros preceptos relativos en esta materia. Con lo cual se llega a la conclusión sobre algunos puntos tratados, como son:

- Que el uso de materiales compuestos y materiales compuestos avanzados en el sector de la construcción, es un tema muy interesante debido a sus grandes ventajas aportadas por su multitud de propiedades; baja densidad, muy buenas propiedades mecánicas, no corrosivos, buenos aislantes térmicos y acústicos, resistentes ante los agentes químicos y el electromagnetismo, y acabados, que les permiten el diseño de elementos constructivos muy ligeros y una construcción más amena.

- En la actualidad, el mercado general de los materiales compuestos está formado principalmente por las matrices orgánicas (epoxi, poliuretano, viniléster, etc.) y diferentes tipos de fibras (vidrio E y AR, carbono y aramida). Siendo los materiales compuestos de matrices cerámica y metálica, los menos utilizados aunque es posible que a medio y largo plazo vayan tomando mayor relevancia en el área de materiales avanzados.

- Hoy día, el uso de materiales compuestos en la construcción se centra sobre todo en algunas aplicaciones de la ingeniería civil, como la construcción de puentes u otros sistemas relacionados con el anclaje o contención de tierras, además de elementos secundarios de la edificación, donde su uso ya es masivo y la tendencia es ascendente, como en el caso de elementos en fachadas, cubiertas, mobiliario interno o externo, elementos arquitectónicos y decorativos, restauración, revestimientos, etc.

- Dentro de las aplicaciones más susceptibles de tener éxito están aquellas en las que se hace uso de la resistencia a la corrosión y su mayor facilidad de aplicación, superando la actual desventaja de su alto precio y la falta de especificaciones. Como es el caso de los redondos de polímeros reforzados con fibra (CFRP) o (GFRC), para mejorar el comportamiento frente a la corrosión de las estructuras de hormigón armado convencional.

- Así mismo, se llega a la conclusión que la tecnología de fabricación que mejor se adapta a las exigencias concretas de este material para la construcción industrial, es la pultrusión. Esta permite la realización de gran variedad de tipos de perfiles (macizos o vacíos, rectilíneos o curvados, con distintas formas, etc.), perfiles de grandes dimensiones y gran automatización del sistema (producción en serie). Además acepta un elevado porcentaje de fibra de refuerzo en sus perfiles, estando estos altamente reforzados en la dirección de pultrusión. Este sistema admite la utilización de la resina de poliéster y de la fibra de vidrio para formar el material compuesto deseado sin ningún problema.

- Respecto a la utilización de estos materiales en el campo de la rehabilitación, restauración y/o refuerzo, se ha demostrado que el uso de estos, y más concretamente los sistemas a base de fibra de carbono, conlleva una reducción en los costes, en el plazo de ejecución y en las molestias causadas a los usuarios de la estructura que está siendo reforzada. Además de que su versatilidad, rapidez de aplicación y eficacia como refuerzo estructural, hacen que la fibra de carbono sea una tecnología imprescindible a la hora de proyectar y ejecutar refuerzos estructurales.

- Que los inconvenientes en la aplicación de los mismos son pocos pero, aunque de bastante peso:

Uno de ellos, es el caso del conservadurismo tradicional respecto al uso de este tipo de materiales y en algunos campos concretos como es en la ingeniería estructural. Por lo que para variar esta situación, es necesaria la realización de estudios en los cuales se demuestre la viabilidad técnica de la aplicación de materiales compuestos en la construcción, y comparaciones con los materiales utilizados de forma tradicional dejando constancia de sus potenciales ventajas. Esto facilitaría un mayor uso de estos materiales por los distintos agentes participantes en la construcción.

El otro, es el coste de fabricación de los «composites», que se encuentra superior al de los materiales tradicionales como el acero, la madera o el aluminio, por citar unos ejemplos. Sin embargo, ahorrando piezas de enlace y mecanización, reduciendo de manera importante los gastos de mantenimiento y del proceso de ejecución, aumentando la vida útil y la seguridad, son ventajas de los materiales compuestos que puede valorizarse en términos de beneficios, con el uso.

- Y lo más importante, que hay mucha materia en este aspecto por desarrollar, nuevos materiales, multitud de usos y aplicaciones, y una normativa y legislación apropiada y consensuada por parte de todas las autoridades competentes que forman parte del gremio, que espero en un corto o medio plazo salgan a la luz, revolucionando la construcción en nuestra sociedad y en el mundo entero

BIBLIOGRAFÍA:

- Tesis doctorales y Trabajos Finales de Carrera:

(1) - ROCA RAMÓN, Xavier, *Estudio de la aplicabilidad de materiales compuestos avanzados en la construcción de edificios industriales*, Tesis Doctoral, ETS de Ingenierías Industrial y Aeronáutica, inédito, Terrasa, 2005, 11-28, 69-89.

(2) - ÁGUILA HIGUERO, Victoria, *Características físicas y mecánicas de hormigones reforzados con fibras de: vidrio, carbono y arámida*, Trabajo Fin de Máster, ETS de ingenieros de caminos, Canales y Puertos, inédito, Madrid, 2010, pp. 8-36.

(3) - ALMERICH CHULIA, Ana Isabel, *Diseño según Estados Límites de Estructuras de Hormigón Armado con Redondos de Fibra de Vidrio GFRP*, Tesis Doctoral, Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, inédito, Valencia, 2010, pp. 1-31.

(4) - PONS GABARRÓN, Jordi, *Diseño y Ejecución de Refuerzos de Estructuras de Hormigón Aplicando Laminados Compuestos*, Trabajo Final de Carrera, ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, inédito, Barcelona, 2007, pp. 1-28, 42-81, 95-152.

(5) - JARA MORI, Gonzalo Andrés, *Estudio de la Aplicabilidad de Materiales Compuestos al Diseño de Estructuras de Contención de Tierras y su Interacción con el Terreno, para su Empleo en Obras de Infraestructura Viaria*, Tesis Doctoral, ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, inédito, Madrid, 2008, pp. 139-203.

(6) - FICO, Raffaello, *Limit States Design of Concrete Structures Reinforced with FRP Bars*, Thesis, Materials and Structures Engineering, inédito, Nápoles, 2008, pp. 16-35.

(7) - LOAYZA SEMINARIO, Juan Macías, *Reparación de un Muro de Albañilería Confinada mediante Varillas de Fibra de Vidrio*, Tesis Doctoral, Facultad de Ingeniería Civil, inédita, Perú, 2008, cap. 3.2-5.

(8) - LANDA AVILÉS, Guillermo, *Estudio Experimental sobre el Refuerzo a Cortante de Estructuras de Hormigón mediante Materiales Compuestos*, Tesis Doctoral, ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, inédita, Barcelona, 2002, pp.7-45.

- Páginas web:

- (1)** - www.polymtl.ca/spequebec/documents/Expoplast_2008/Shao.pdf
- (2)** - www.stageone.co.uk/_content/composites_hub_page.php
- (3)** - www.jarenocom.com/
- (4)** - <http://jesusnavarroibeltran.blogspot.com/2010/11/biblioteca-el-papiol-iniciada-la.html>
- (5)** - www.sireg.it/es
- (6)** - www.obrex.eu/fibra.php
- (7)** - www.redefibra.com.ar/
- (8)** - www.sika.es/
- (9)** - www.rthpultrusystems.com/
- (10)** - www.constructionsystems.basf-cc.es/ES/productos-sistemas/catalogos/Documents/sistema-integral-refuerzo-estructuras-mbrace.pdf
- (11)** - www.construnario.com/notiweb/23326/productos-sika-en-la-consolidacion-estructural-de-los-edificios-afectados-por-una-explosion-de-gas-en-palencia
- (12)** - www.carbonconcrete.es/HTLM/es/Material%20Compuesto.html
- (13)** - www.hughesbros.com/
- (14)** - <http://aslanfrp.com/>
- (15)** - <http://arquitecturacarbono.wordpress.com/>
- (16)** - www.avep.es/control/editor/userimages/fibrotec.pdf
- (17)** - www.avep.es/control/editor/userimages/JBelloch%20hormigon%20armado.pdf
- (18)** - www.avep.es/control/editor/userimages/Ponencia%20CSIC.pdf
- (19)** - www.avep.es/control/editor/userimages/Aimplas-Compuestos%20plasticos%20basados%20en%20madera.pdf
- (20)** - www.fortius.be/
- (21)** - www.constructionsystems.basf-cc.es/ES/ingenieria-arquitectura/catalogo-proyectos-especificaciones/Documents/catalogo-rehabilitacion-restauracion.pdf
- (22)** - www.constructionsystems.basf-cc.es/ES/ingenieria-arquitectura/catalogo-proyectos-especificaciones/Documents/catalogo-obra-civil.pdf
- (23)** - www.bencore.es/es/
- (24)** - www.hcc-es.com/boletines.asp
- (25)** - www.hcc-es.com/admin/files/BOLETÍN%20TÉCNICO%2010-%20Refuerzos%20de%20Fibra%20de%20Carbono.pdf
- (26)** - www.elebor.gr/LH2Uploads/ItemsContent/37/08-09-01-Carbopree-Arapree.pdf
- (27)** - www.cmeargentina.com/
- (28)** - <http://grupsderecerca.uab.cat/patrac/content/informes>

- (29)** - www.recercat.net/bitstream/2072/88240/1/E2.26.pdf
- (30)** - http://digital.csic.es/bitstream/10261/6313/1/IIJIC_Diego.pdf
- (31)** - www.lehimosa.com/152010_es/Ventajas-de-la-construccion-en-materials-compuestos/
- (32)** - www.swisspearl.com/
- (33)** - www.cortizo.com/index.html
- (34)** - www.sacen.it/
- (35)** - www.duralmond.com/
- (36)** - www.preinco.com/grc.htm
- (37)** - www.medconstruccion.com/
- (38)** - <http://kimiaiberica.blogspot.com/>
- (39)** - www.repavim.es/Refuerzos.html
- (40)** - www.fcrl.es/images/Eix_innovacio/solucions/Ponencia%20Labein.pdf
- (41)** - www.mbrace.es/mbrace/referencias-obras
- (42)** - www.4emme.it/CIPRO%20ATTI%20PER%20INTERNET/Prof.%20Keller.pdf
- (43)** - www.elese.cl/aplicaciones-especificas.html
- (44)** - www.tac-atc.ca/english/resourcecentre/readingroom/conference/conf2004/docs/s21/benmok.pdf
- (45)** - www.polimertecnic.com/
- (46)** - www.aico-compositi.it/PDF/Conferenza2006/Edilsystem.pdf
- (47)** - www.aristonedesigns.com/
- (48)** - www.grupolaminex.com/ficheros/FichaPanelComposite.pdf
- (49)** - www.fibrotec.es/
- (50)** - www.panelcogrc.es/
- (51)** - www.fermacell.es/html/espfm/es/5260.php?dyn_section=detail&product_id=1060
- (52)** - www.amari-arquitectura.es/
- (53)** - www.fibertech.net/index.shtml
- (54)** - <http://andece.posterous.com/el-futuro-de-la-construccion-composites-u-hor>
- (55)** - <http://arquitectura-y-tecnologia.blogspot.com/2009/06/prefabricados-de-grc.html>
- (56)** - www.surecretedesign.com/
- (57)** - www.bca.gov.sg/Publications/EnhancementSeries/others/design2Ch4.pdf

- Artículos de Revistas:

- (1) - ORTIZ L., Daniel, *Nuevas Tecnologías de Recuperación y Reparación de Estructuras de Hormigón Armado*, Revista BIT, Marzo 2002, pp. 46-47.
- (2) - AAVV, *"Informes de la Construcción, Vol. 54, n° 484", Los composites: Características y Aplicaciones en la Edificación*, Marzo-Abril, 2003, pp. 45-62.
- (3) - AAVV, *"II Jornadas de Investigación en Construcción", Utilización de Materiales Compuestos en la Construcción de Nuevos Puentes*, (Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja"), Mayo, 2008, pp. 1583-1592.
- (4) - AAVV, *"Revista de Ingeniería", Criterios de Diseño para el Refuerzo de Estructuras con Materiales Compuestos con Fibra de Carbono. Casos Prácticos*, Colombia, Alberto Sarria, 2003, pp. 85-99.
- (5) - CHALAYE, Hervé, *"Les 4 Pages des statistiques industrielles", Los Materiales Compuestos Dinamismo e Innovación, n° 158*, Nodal Consultants, Febrero, 2002.
- (6) - LÓPEZ MATEO, Luis, *Revista de Plásticos Modernos: Ciencia y Tecnología de Polímeros*, N°597, Dialnet, 2006, pp. 214-219.

- Libros:

- (1) - AAVV, *"La innovación en las técnicas, los sistemas y los materiales de construcción. CEMCO 2007, Volumen II, Materiales y Productos", Paneles de yeso reforzado con fibras DIT y DIT plus, El GRC Material Compuesto de Matriz Cementicia Reforzado con Fibra de Vidrio AR*, Madrid, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. IETcc – CSIC, 2007.
- (2) - AAVV, *"La innovación en las técnicas, los sistemas y los materiales de construcción. CEMCO 2007, Volumen IV, Jornadas CEMCO", J1 Refuerzo de estructuras de hormigón con materiales compuestos (FRP)*, Madrid, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. IETcc–CSIC, 2007.
- (3) - LAWRENCE C. Bank, *Composites for Construction: Structural Design with FRP Materials*, Canada, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- (4) - AAVV, *Design, Fabrication, Construction, and Testing of an FRP Superstructure*, New York, Transportation Research and Development Bureau, 2000.