

ARQUITECTURA Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

DR. EN ARQ. SILVERIO HERNÁNDEZ MORENO
Facultad de Arquitectura y Diseño
Universidad Autónoma del Estado de México

silverhm2002@yahoo.com.mx

MTRA. EN D. MARTHA BEATRIZ CRUZ MEDINA
Facultad de Arquitectura y Diseño
Universidad Autónoma del Estado de México

c_marthita@hotmail.com

Recibido: Febrero, 2010
Aceptado: Mayo, 2010

RESUMEN

Existen diversas tecnologías aplicables tanto a la arquitectura y edificación como a la construcción de las ciudades, que van desde la configuración de métodos para el análisis por ciclo de vida, procesos constructivos, instrumentos de medición, hasta el recurso de Software y Hardware de diseño, equipos para construcción y experimentación, simuladores, sistemas de información geográfica y urbana, bases de datos, sin olvidar el permanente estudio de los nuevos materiales para la construcción. Tan amplio es el abanico de posibilidades que resulta de suma importante abordar estos temas, hoy en día, directamente por el profesional de la arquitectura.

El presente trabajo integra diversas tecnologías de nuevos materiales que ayudan en la construcción, operación y mantenimiento de edificios, incluyendo la descripción de varios materiales constructivos aplicables al desarrollo de proyectos de edificación, sus ventajas y desventajas, sus principales aplicaciones y su tendencia de desarrollo en el presente y futuro.

Derivado de las demandas actuales, consideramos que la integración de la tecnología de nuevos materiales constructivos es vital para el mejor desarrollo de proyectos de arquitectura y urbanismo que sean durables y sustentables, y que además presten un buen servicio a través de toda su vida útil y causen el menor impacto ambiental posible. Asimismo, advertimos que el arquitecto debe estar involucrado directamente en los procesos de selección, evaluación, diseño, caracterización y aplicaciones de nuevos materiales constructivos que aporten beneficios a la arquitectura y edificación de la actualidad.

Palabras clave: Nuevos materiales, tecnologías, procesos, construcción, sustentabilidad.

ABSTRACT

Nowadays, there are different technologies used in architecture and in the construction of cities, such as: methods as the life cycle assessment, constructive process, measuring instruments, diverse design software and hardware, construction, experimental and simulation equipment, systems of geographic and urban information, databases and of course the study of new construction materials. Currently, it is very important for architects and builders to know about these subjects. This work contains diverse technologies of new materials for helping in the construction, operation and maintenance of buildings. The article consists of the description of several construction materials which are applied in the development of building projects, mentioning their advantages and disadvantages, main applications and their development tendency in the present and future. It is concluded that at present time, the integration of technology of new construction materials is essential for the best development of architectural and urbanistic projects which should be durable, sustainable and useful throughout years, causing the lowest environmental impact. Finally, it is suggested that architects should be directly involved with the selection, evaluation, design, characterization and application of new construction materials to benefit to the architecture and construction.

Key words: New materials, technologies, process, construction, sustainability.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen alrededor del mundo institutos y centros de investigación encargados de estudiar, desarrollar y aplicar nuevos materiales encaminados a diversas industrias, que entre las más importantes destacan: la automotriz, la electrónica y la industria manufacturera, incluyendo productos para la construcción. De acuerdo con reportes del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, 2009), en México, la investigación sobre nuevos materiales se centra en las universidades, destacando el Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional; y en centros de investigación científica, como el Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C., el Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., el Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, el Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ, A.C.), la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (COMIMSA).

Dichos espacios tienen bien definidas sus líneas de investigación y trabajo, y se ha observado que en la mayoría no existen líneas consolidadas sobre investigación de materiales para la construcción y edificación, excepto la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales y el centro de Investigación Científica de Yucatán, entre

otras igualmente importantes. El problema en las universidades, en lo referente a programas de investigación avanzada sobre materiales nuevos para la construcción y edificación, reside en el poco interés que existe en el área de investigación sobre tecnología de la arquitectura y la edificación, y debido a que también existe un número reducido de investigadores especializados en la tecnología de nuevos materiales constructivos.

El objetivo principal de este artículo es presentar un *estado del arte* de las nuevas tecnologías sobre materiales aplicables a la industria de la construcción de edificios dirigido a los profesionales de la arquitectura y construcción, a los estudiantes de áreas afines y también a investigadores que atiende el sector de tecnologías de la arquitectura y de la construcción.

Las nuevas tecnologías son de gran ayuda para el desarrollo de las ciudades, particularmente en el campo de la construcción de edificios, equipamiento urbano e infraestructura urbana y rural. La tecnología implica criterios sustentables definidos dentro del marco de la sensibilidad y criterios del constructor para diseñar y poner en marcha su construcción, para que esa pieza construida necesite la menor energía posible para su funcionamiento y sea recuperable en su totalidad, lo que implicaría ser reciclable (Pérez, 2005); es decir, los nuevos materiales contienen un rubro muy importante y vasto dependiendo del sector y de la industria. En este trabajo nos enfocaremos al estudio solamente de los nuevos materiales que tienen una aplicación en la industria de la edificación, tomando en consideración lo más reciente, es decir, la aplicación y uso de los desarrollos más avanzados en este sector, tales como: materiales compuestos de diversas combinaciones entre cerámicos, metálicos, polímeros e incluso materiales naturales, vidrios inteligentes con películas delgadas de cerámica, materiales con memoria de forma, cermets estructurales, materiales ecológicos y de bajo impacto ambiental en su ciclo de vida, etc.

Cabe destacar que estas tecnologías de nuevos materiales están ligadas estrechamente al manejo sustentable de recursos, debido a que en la actualidad en todo el mundo se están adaptando políticas de desarrollo sustentable en cualquier campo del conocimiento y de la producción industrial (National Resources Institute [NRI], 1987), y en México no es la excepción (Plan Nacional de Desarrollo, 2007).

Incluso la reciente investigación en el campo de los materiales a nivel mundial nutre a organizaciones que buscan, entre otras cosas, apoyo técnico para el desarrollo de esta industria que esté dentro de parámetros de calidad y que al mismo tiempo sean competitivos a nivel mundial, tales como la Asociación Española de Normalización

y Acreditación (AENOR), la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), la Red de Institutos tecnológicos de la Comunidad Valenciana (FEDIT), la Fundación Valenciana de Calidad (FVQ), el Instituto Valenciano de Edificación (IVE), la Red Española de Institutos de la Construcción (REIC), además de la participación activa de la investigación en materiales en redes internacionales, como la Red europea de piedra natural (OSnet), la Red europea de apoyo al intercambio de datos y *e-business* (prodAEC) y el *Lifetime Engineering of Buildings a Civil Constructions* (LIFETIME). (López, 2005).

ÁMBITO Y APLICACIÓN INNOVADORA DE NUEVOS MATERIALES EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

El ámbito de aplicación de los nuevos materiales en la industria de la construcción se encuentra principalmente en la parte estructural del edificio, de la construcción del envoltente, en los acabados arquitectónicos de construcción, en el aprovechamiento de la energía y otros recursos del edificio, de su relación con el entorno o emplazamiento del inmueble, del incremento del confort humano al interior del edificio y de la reducción de desechos de construcción en todo su ciclo de vida, tanto de los materiales mismos como del edificio. Por tanto, las tecnologías en materiales de construcción deben ser compatibles con los procesos de edificación, resaltando el carácter ambiental.

Para que estas tecnologías puedan implementarse deben existir condiciones adecuadas sobre gestión tecnológica y desarrollo de productos y procesos de construcción, capacidad financiera y planeación sustentable (Weaver *et al.*, 2000), así como la normatividad tecnológica y urbano-arquitectónica sustentables, la cual se advierte es muy escasa en México.

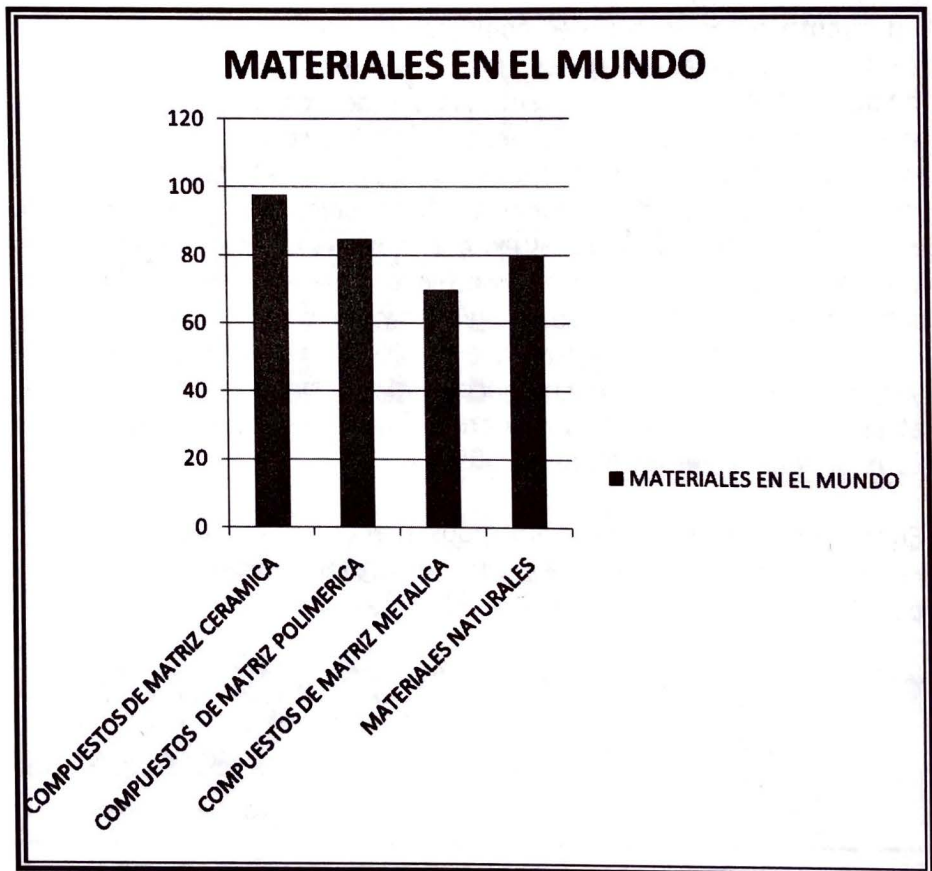
El desarrollo de estas tecnologías implica, entre otros aspectos, un estudio de comportamiento mecánico que incluya pruebas multimodales para la tensión, fatiga, entre otras (RamaRao, P.Balasubramanian, K., 2004), contribuyendo así a una aplicación óptima en los sistemas de construcción, de lo contrario se dificulta la posibilidad de que la nueva tecnología esté presente en la arquitectura o ingeniería.

Al incorporar nuevos materiales en los procesos constructivos se trabaja de forma simultánea con los métodos de diseño sustentable y con las normas técnicas de cada material o sistema constructivo, con el fin de hacerlos compatibles entre ellos (Urban Environmental Institute [UEI], 2002). Es importante mencionar que la aplicación de nuevos materiales en la edificación también va ligada con nuevos adelantos tecnológicos en materia de *edificios inteligentes*, instalaciones especiales y

automatizadas, procesos de control y administración de recursos como energía, agua, desperdicios, suelo y aire dentro de los edificios y con el entorno, nuevos sistemas par estructuras y cerramientos, etc.

La figura 1 muestra el avance y desarrollo hacia el futuro de los principales materiales en el mundo, con base en una clasificación general. Muestra la capacidad e importancia que tiene cada uno de los materiales para su aplicación futura en la industria manufacturera, principalmente de la construcción, en una escala del 1 al 100 % de factibilidad de aplicación.

Figura 1. Clasificación general de los materiales en el mundo y su grado de importancia para su aplicación hacia el futuro (Fuente: Rolls Royce Company).



Esta figura también muestra la tendencia para aplicación de distintos materiales en el mundo, y se observa que los materiales cerámicos son los más propicios al desarrollo, debido a factores tanto económicos, ecológicos y tecnológicos. En general, los cerámicos son fáciles de explotar, el costo de los procesamientos para su manufactura no es tan elevado como los metales ni como los polímeros, y de igual manera el impacto ambiental que causa su producción no es tan alto como estos materiales.

Los materiales naturales son muy factibles y viables para su producción y uso, pero el único problema es la obtención de los recursos, los cuales son cada vez menores, debido a incendios forestales, erosión y contaminación del suelo, agua y aire. Definitivamente los metales van en descenso, ya que para su producción se impacta demasiado al ambiente, desde la extracción de las materias primas hasta los procesos de manufactura en donde se consumen grandes cantidades de energía, agua y diversos insumos. Los polímeros son similares a los metales e incluso los procesos de transformación son más contaminantes, sólo que al usarlos de manera combinada con otros materiales, su uso se torna muy factible.

En cuanto a los materiales como los concretos y los morteros, el reto actual es mejorar los problemas de durabilidad mediante opciones sustentables de reutilización de residuos de puzolanas, materiales silícicos que pueden reutilizarse para reemplazar parcialmente al cemento, reaccionando con uno de los componentes que se había liberado durante su hidratación, para producir nuevo material cementante que refuerza el que viene en el cemento. Los problemas de las industrias transformadoras de mármol en cuanto a la sobreexplotación de recursos, revelan bajos rendimientos productivos e impacto medio ambiental (Neila, 2004). Por ejemplo, para el sector de pinturas el principal inconveniente sigue siendo el impacto al ambiente de las resinas, así como los problemas de salud en los componentes volátiles (López, 2005).

En lo referente a materiales aplicados directamente a la construcción, presentamos la siguiente tabla que muestra los principales materiales de la actualidad y sus principales aplicaciones.

MATERIALES CERÁMICOS	APLICACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN
Óxido de berilio	Revestimientos especiales a nivel nano-tecnológico (aún en investigación)
Concreto aireado	Cerramiento y envolvente térmico en edificios
Concreto común	Estructuras de edificios y diversa obra civil y arquitectónica
Concreto reciclado	Estructuras de edificios y diversa obra civil y arquitectónica
Concreto poroso	Concreto permeable en pavimentos
Cermets	Tuberías, pisos industriales y herramientas de corte
Porcelana y gres	Revestimiento y aisladores eléctricos
Grafito	Materiales súper resistentes para conexiones estructurales

MATERIALES CERÁMICOS	APLICACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN
Cerámica estructural	Estructuras, materiales anticorrosivos y refractarios
Cerámicas nano-estructuradas	Para películas delgadas en vidrios inteligentes y estructuras
Sílices fundidas	Vidrios inteligentes, cristales y vitro-cerámicas
MATERIALES METÁLICOS	APLICACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN
Aleaciones con memoria de forma	En conexiones especiales para seguridad estructural en los edificios
Aluminio	Cancelería, mobiliario y fachadas
Titanio	Piezas especiales para conexiones de estructuras, edificios
Níquel	Refuerzo en aleaciones, material anticorrosivo y estructural
Acero	Estructuras, soportes y cubiertas
Zinc	Aleaciones especiales, pinturas y galvanizados
Cobre	Tuberías y cable para sistemas eléctricos
Hierro	Tuberías, cancelerías, accesorios en instalaciones
Cadmio	En investigación para materiales anticorrosivos y estructurales
Aleaciones especiales	Diversos usos estructurales y en instalaciones especiales
MATERIALES POLIMÉRICOS	APLICACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN
Polietileno	Cubiertas para techos, tuberías, accesorios varios
Polipropileno	Tuberías, canalones, laminas de techo, accesorios varios
Kevlar	Elementos estructurales (polímero natural)
Cloruro de polivinil PVC	Tuberías, ventanas, puertas, diversos accesorios
Bitumen	Impermeabilizantes, techumbres, selladores
Bitumen modificado	Impermeabilizantes, techumbres, selladores
Poliuretano	Láminas, plafones, juntas, selladores
Poliestireno	Aligeramiento y aislamiento de muros y estructuras de techo
Resina alquidálica	Pinturas y selladores
Silicón	Plástico mineral usado como semiconductor, Sistemas Fotovoltaicos
Poliéster	Cubiertas para muros, pisos y tapices

Vinil	Cubierta para pisos, cercas, paredes divisorias y tapetes
Acrílico	Tragaluces, domos prefabricados y muros divisorios
FIBRAS DE REFUERZO	APLICACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN
Fibras poliméricas	Refuerzo del concreto a la contracción
Fibras de boro	Refuerzo de cerámicas y aleaciones metálicas a la flexión
Fibra de carbono	Refuerzo de materiales estructurales a tensión y compresión
Fibras de alumina	Refuerzo de materiales cerámicos a tensión y contracción
Fibras de acero	Refuerzo del concreto a tensión y contracción
Fibras de kevlar	Refuerzo a tensión en polímeros
Fibra de coco	Aislante térmico

Como puede apreciarse, la tabla se divide en cuatro secciones de materiales en el mundo, con base a una clasificación general de materiales compuestos y sus principales fibras de refuerzo y muestra los principales materiales usados en la industria de la construcción, en razón de los más recientes e innovadores, en donde algunos son nuevos y recientes, como el Kevlar¹, los metales con memoria de forma, el óxido de Berilio, los cermets², algunas aleaciones con Cadmio, el bitumen modificado y el Silicón³, los cuales son materiales muy innovadores; el resto son materiales que no son nuevos, pero que están teniendo un auge y muchas aplicaciones en la industria y con muchas posibilidades de mejorarse en cuestión de sus propiedades físicas y químicas, para rendir un mejor servicio en un futuro.

En lo general, los nuevos materiales constructivos —ya sean de origen cerámico, metálico, polimérico, naturales o combinación entre ellos— son de gran ayuda en la fabricación de nuevos elementos constructivos y de tecnologías de tipo ambiental, principalmente si éstos son reciclables, reusables, biodegradables, re-fabricados y muy durables. Entre todos los tipos de materiales, los de origen cerámico y naturales son los menos contaminantes al ambiente, ya que su forma de producción evita el alto consumo de energía, de agua y de otros insumos. Los metálicos son recomendables solamente si son de origen reciclado, ya que se trata de un material de alto impacto ambiental desde la extracción de las materias primas a utilizar hasta su proceso de manufactura y producción. En general, los poliméricos no son recomendables para uso intensivo, ya que para su producción se consumen grandes cantidades de energía, insumos, agua y, además, se generan muchos contaminantes al suelo, aire y agua, principalmente de emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Los materiales de

Tabla 1. Principales materiales para los procesos de construcción de edificios

1. El Kevlar es un polímero natural que se puede usar principalmente como fibra de refuerzo en elementos estructurales.

2. Los cermets son materiales producto de la combinación de un cerámico y un metálico, los cuales son principalmente de matriz cerámica, por lo que las cantidades de cerámica usada en el compuesto son mayores que la cantidad de material metálico.

3. El silicón es un material cerámico con características de un semiconductor producto de la síntesis del sílice y en combinación con otros materiales como los carburos.

la región de origen natural son muy recomendables en los procesos constructivos por su bajo impacto ambiental y economía.

Por otro lado, existen nuevos materiales nano-estructurados aplicados a la industria electrónica y de telecomunicaciones; son nuevos compuestos muy durables y ultra-resistentes con numerosas propiedades mecánicas, térmicas,⁴ acústicas, etc. Su aplicación en la construcción está aún demasiado lejos, debido a los altos costos de su producción, pero en un futuro se estima utilizarlos en conexiones de elementos estructurales súper resistentes para edificios y puentes.

Dos temas que se pueden discutir acerca del desarrollo de nuevos materiales en la industria de la construcción se refieren al uso y aplicación de algunos materiales compuestos en la industria de la construcción, así como a la responsabilidad del arquitecto y constructor en involucrase directamente en las tareas de evaluación y producción de materiales. Además de contemplar la eficiencia en su administración, que está determinada principalmente por las áreas operativas de la empresa constructora, las cuales son las responsables de programar, solicitar, gestionar, recibir, resguardar, utilizar y pagar los materiales (Solís, 2009).

El primero se refiere al uso en la construcción de materiales como el grafito, kevlar, silicón, materiales nano-estructurados, aleaciones con memoria de forma, etc., los cuales son difíciles de producir y arrojan costos económicos muy elevados para su aplicación en la construcción de edificios, en donde el mayor desafío son los grandes volúmenes requeridos para la edificación. Esta es una problemática actual y real, ya que económicamente no es factible su aplicación en este momento, pero sí existe una factibilidad técnica de aplicación, ya que estos materiales resolverían problemas de los comportamientos estructurales de los edificios, además de aspectos térmicos, acústicos, de piro-resistencia, lumínicos y de durabilidad. Se estima que para poder solucionar la factibilidad económica en la aplicación de este tipo de nuevos materiales en la industria, es importante la investigación y desarrollo de nuevos prototipos de materiales con las mismas características pero más económicos, es decir, utilizar materia prima de fácil obtención y producción, así como procesos de manufactura rentables y sustentables.

Lo anterior nos une al siguiente tema en discusión referente a que si los arquitectos y constructores de edificios deben involucrase en las tareas de producción y evaluación de nuevos materiales aplicados a la industria en donde ellos mismos se desenvuelven; formulamos la necesidad de que estos profesionistas se involucren en dichas actividades, y la mejor manera de cómo lo pueden hacer es especializándose en el área de

4. La influencia de la elección de material de condiciones térmicas tienen gran influencia sobre el coeficiente de transmisión de calor y por ende del consumo de energía.

desarrollo de materiales, primeramente mediante una preparación académica y posteriormente con un desenvolvimiento en el sector de la investigación científica en centros de investigación especializados en desarrollos de nuevos materiales con un enfoque multi-institucional involucrando la investigación básica sobre materiales.

Un arquitecto puede estudiar y desarrollarse en el campo de la tecnología de la arquitectura en donde se encuentra la línea de materiales y sistemas constructivos y la línea del medio ambiente. Actualmente en México existen pocos investigadores arquitectos e ingenieros civiles dedicados al estudio de materiales para la construcción, pero se estima que poco a poco deben de irse incorporando a esas tareas, para que de esta forma pueda haber mejores materiales diseñados, evaluados y producidos por especialistas en la materia.

No omitimos la necesidad de crear nuevos materiales para solucionar requerimientos y necesidades que el mundo actual demanda, tanto la sociedad como las condiciones físicas del sitio, los problemas técnicos de construcción, los nuevos diseños y sistemas constructivos que marcan la pauta en el desarrollo de productos y materiales que ayuden a solucionar estos nuevos requerimientos.

CONCLUSIONES

- Se concluye en este trabajo que en los 20 años recientes se han desarrollado numerosos materiales que han venido a revolucionar no sólo la industria de la construcción, sino muchas otras industrias, como la aeronáutica, la electrónica, de comunicaciones, principalmente materiales de tipo compuesto de matriz polimérica y aleaciones especiales, así como materiales de matriz cerámica para semiconductores en películas delgadas para distintos usos.
- En México y en el mundo existen varios centros de investigación en ciencia de los materiales, pero la mayoría de éstos no poseen líneas de investigación en desarrollo de nuevos materiales de construcción; la investigación se centra en materiales nanoestructurados, aleaciones con memoria de forma, materiales semiconductores y biomateriales.

- Los materiales innovadores y recientes tienen aún elevados costos económicos para su aplicación en la construcción de edificios, pero se estima que en los próximos 15 años se utilicen de forma cotidiana como parte de la construcción de edificios.
- En otro orden de ideas, se concluye que los arquitectos, ingenieros civiles, constructores y actores afines, deben involucrarse más en el diseño, selección, evaluación y producción de nuevos materiales constructivos para cubrir nuevas necesidades en edificios recientes, debido a que ellos mismos son los diseñadores, planeadores y constructores de dichos inmuebles.
- Se concluye también que los materiales del futuro son los cerámicos, debido a su afinidad con el medio ambiente, a que pueden reciclarse a costos bajos, a su versatilidad en el uso en distintas partes de los edificios y por su sustentabilidad económica, ambiental y social, ya que no debemos olvidar que la industria de los materiales y de la construcción es actualmente una de las empresas que produce mayor riqueza en el mundo y por consiguiente mayor desarrollo.

FUENTES DE CONSULTA

BIBLIOHEMEROGRAFÍA

1. López, María José (2005), *La investigación en el campo de los materiales*, Valencia: Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia.
2. National Resources Institute (1987), *A Guide to the Global Environment*, New York: Oxford University Press.
3. Neila González, Javier (2004), *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*, Madrid: Munilla-Leria.
4. Pérez Arnal, Ignasi (2005), *En 10 años la construcción será sostenible o no será*, Valencia: Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia.
5. RamaRao, P.Balasubramanian, K. (2004), "El mundo inexplorado de los materiales: la necesidad de esfuerzos de investigación en múltiples países" en *Journal of Materials Education*.
6. Solís Carcaño, R., Zaragoza Grifé, N. y González Fajardo, A. (2009). "La administración de los materiales en la construcción" en *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, ISSN: 1665-529X.
7. Urban Environmental Institute (2002), *Resource Guide for Sustainable Development in an Urban Environment*, USA: UEI.
8. Weaver, P., Jansen, L., Grootveld, G. V. (2000), *Sustainable Technology Development*, USA: Green Leaf Publishing.

INTERNET

1. CONACYT: <http://www.conacyt.gob.mx>. Fecha de consulta: 29 de junio de 2009.

OTRA FUENTE

1. Gobierno de la República (2007), *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*, México: Presidencia de la República.