

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS MATERIALES TRADICIONALES. LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Marta Molina Huelva

Molina Arquitectos

Montecarmelo 7, 3b, 41011 Sevilla, España

Tel. (+34) 627438125; E-mail: molinahuelva@gmail.com

Tema 3: Técnicas, construcción, investigación y desarrollo.

Palabras clave: energía, materiales tradicionales, rehabilitación térmica.

Resumen

Desde el acuerdo del Protocolo de Kioto de las Naciones Unidas (1997) se han tomado medidas de reducción de emisiones de gases contaminantes. En concreto, en el sector de la edificación la aprobación de la Directiva de Eficiencia Energética de los edificios 2002/91/CE ha sido el comienzo de un nuevo planteamiento y de nuevas medidas para el ahorro energético en este sector.

En este sentido, es necesario un análisis de la eficiencia energética de los edificios, tanto de sus materiales, como de soluciones técnicas y sistemas constructivos encaminado a la búsqueda de soluciones que disminuyan las emisiones de CO₂ y conlleven a una mejora de la sostenibilidad.

Frente a los novedosos materiales y sistemas constructivos que están apareciendo en la actualidad para atender a los niveles de exigencia de las normativas, no podemos olvidar los materiales tradicionales. Aunque durante mucho tiempo se han rechazado por su bajo rendimiento, sin duda las grandes ventajas que implica su utilización, está haciendo que se vuelva a replantear su uso, con nuevos procesos y nuevas técnicas.

Se presenta en este artículo el estudio del comportamiento de materiales naturales y tradicionales empleados en la construcción de viviendas y cuales son sus niveles de prestaciones referentes al comportamiento energético. Se estudian materiales (adobe, piedra, madera, morteros, aislantes orgánicos,...) y soluciones constructivas que se emplean en arquitectura popular, su eficiencia energética y su impacto medioambiental.

Este estudio forma parte del Proyecto de Investigación "Aspectos constructivos y estructurales a considerar en la rehabilitación de viviendas en Andalucía para el ahorro energético" que desarrolla en la actualidad el autor, financiado por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio, de la Junta de Andalucía, España en la convocatoria 29/07/2007 de subvenciones para actividades de investigación en materia de arquitectura y vivienda.

1. INTRODUCCIÓN

Con el Protocolo de Kioto se han tomado medidas de reducción de emisiones de gases contaminantes. Este acuerdo exige el compromiso por parte de los estados miembros de la reducción de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Se pretende reducir las emisiones entre 2008 y 2012 respecto a los valores del año 1990. Reducir la demanda energética es el primer paso para reducir las emisiones de CO₂.

El sector de la construcción consume aproximadamente un 40% de los recursos energéticos en España. Los edificios consumen más del 50% de las materias primas. (Barker, 2005).

Además en el sector de la edificación la Directiva de Eficiencia Energética de los edificios 2002/91/CE ha sido el comienzo de un nuevo planteamiento de enfocar el

problema y de nuevas medidas para el ahorro energético en este sector. Supone un endurecimiento de la reglamentación térmica, fomentando la eficiencia energética de los edificios considerando las condiciones climáticas.

Es necesario el consumo responsable de los recursos que nos ofrece la naturaleza, debido a la situación actual en la que nos encontramos y al irremediable hecho del cambio climático. Una de las posibles soluciones es el empleo de materiales naturales, respetuosos con el medio ambiente y que tanto abundan en nuestra arquitectura popular.

El problema se plantea cuando aumentan las exigencias normativas, las necesidades de confort y la calidad de vida, y estudiar si estos materiales tradicionales, como sistemas constructivos con madera o piedra cumplen con los requisitos actuales de ahorro de energía, protección contra el ruido o salubridad.

2. ANTECEDENTES

Los últimos cambios en España relacionados con la normativa han hecho aumentar las exigencias de los materiales y sistemas constructivos. Con la aparición en 1999 de la Ley de ordenación de la Edificación (LOE) y la aprobación del Código Técnico de la Edificación (CTE) por Real Decreto 314/2006, el cambio normativo ha sido de gran envergadura. Dentro del CTE se encuentran los documentos de aplicación, entre otros de "Ahorro de Energía" CTE-DB-HE, de "Protección contra el Ruido" CTE-DB-HR y de "Salubridad" CTE-DB-HS. Los productos de la construcción que se vayan a incorporar a los edificios de una forma permanente y según su uso, llevarán un marcado CE, según establece la Directiva de productos de construcción 89/106/CEE.

Frente a los novedosos materiales y sistemas constructivos que están apareciendo en la actualidad para atender a estos niveles de exigencia normativa, no podemos olvidar los materiales tradicionales. Aunque durante mucho tiempo se han rechazado por su bajo rendimiento, sin duda las grandes ventajas que implica su utilización, están haciendo que se vuelva a replantear su uso, con nuevos procesos y nuevas técnicas.

El empleo de estos materiales resulta idóneo por sus características y prestaciones, disminuyendo la explotación de los recursos naturales. Se estudia cuales son sus niveles de prestaciones respecto a temas energéticos y constructivos. Principalmente para aportar soluciones que permitan incorporar estos materiales a soluciones actuales e innovadoras.

3. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS MATERIALES TRADICIONALES

En el estudio energético de los materiales hay que tener en cuenta diversas variables energéticas:

- el análisis de ciclo de vida ACV
- la energía contenida en los materiales
- el comportamiento ante el clima local
- las características térmicas
- las características lumínicas, etc.,

Es importante considerar en los materiales de construcción el consumo energético por cada kilogramo de producto. Los materiales tradicionales tienen un consumo inferior respecto a otros materiales de construcción debido a su proceso de fabricación. Existen bases de datos como las del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC), en el Banco BEDEC en las que aparece en Megajules (Mj) o en Kilowatio hora (kWh) el consumo energético y las emisiones de CO₂ equivalentes debidas a la fabricación y transporte de los materiales de construcción por cada

kilogramo (las emisiones proporcionan datos sobre el potencial de calentamiento global). Por ejemplo el acero para barras corrugadas tiene un coste energético de 35 Mj/Kg y el hormigón prefabricado 2,3 Mj/Kg. (1)

Otro de los parámetros para el estudio de la eficiencia energética es el “Análisis del Ciclo de Vida” ACV. Resulta especialmente útil si se comparan elementos y sistemas constructivos entre sí, ya que comparando materiales los datos obtenidos son demasiado generalizados.

Para evaluar el ciclo de vida de los materiales (ver Fig. 1) hay que considerar en todas las etapas de su vida útil, el uso de energía, las emisiones, los recursos empleados, etc., desde su extracción, procesado, comercialización y transporte a su puesta en obra, así como el mantenimiento y demolición y/o reutilización (Edwards, 2005, p. 112). El objetivo último del ACV es la propuesta de mejoras medio ambientales.

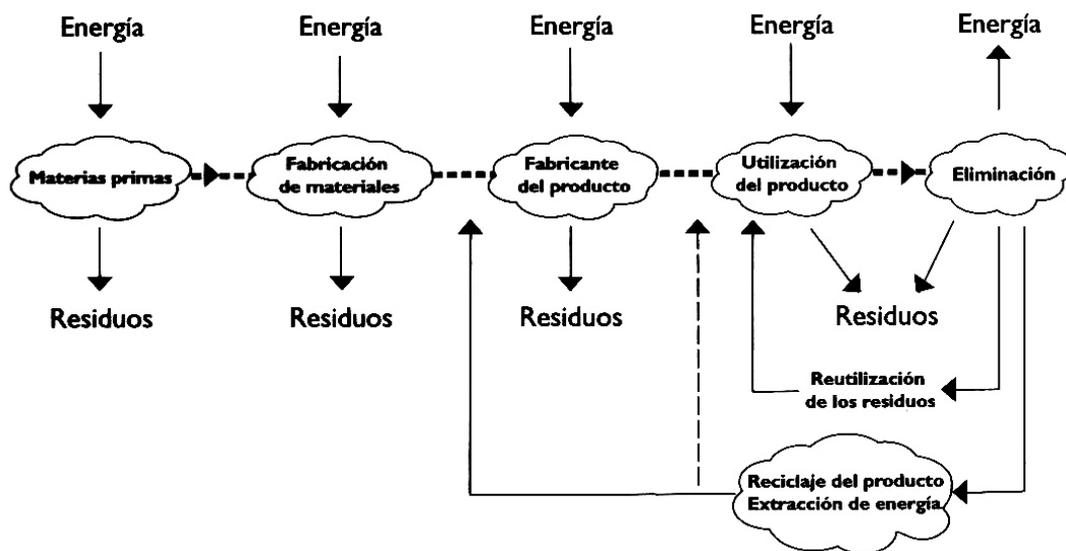


Fig.1 - Impacto del ciclo de vida de un ladrillo. (créditos: Guía básica de la sostenibilidad, Edwards 2005, p. 112)

Existen métodos sofisticados para el Análisis del Ciclo de Vida, para aplicarlos al estudio de edificios completos, sobre su construcción, uso y demolición. Señalar el método Green Buiding Challenge, la herramienta Eco-Quantum y diversas bases de datos.

- El método Green Building Challenge, es un método de análisis, evaluación y cuantificación del impacto medio ambiental de los edificios basado en el análisis de ciclo de vida en el que participan más de 20 países. Está formado por distintos criterios que analizan el edificio como el consumo de recursos, las cargas medioambientales directas.

A partir del análisis de ciclo de vida se ha desarrollado el análisis del coste del ciclo de vida CCV, que estudia los costes del proyecto, construcción, funcionamiento (calefacción, refrigeración, iluminación,...) y mantenimiento del edificio (valor neto). Es una herramienta muy compleja que tiene en cuenta no sólo el coste del proyecto, sino la vida útil completa del edificio.

- La herramienta Eco-Quantum, analiza el ciclo de vida de unidades completas como muros de carga, cubiertas o tabiques.

El empleo de estos métodos es de gran utilidad para valorar el comportamiento energético y el impacto medioambiental de los materiales empleados en el proyecto, existiendo la posibilidad no sólo de estudiarlos a nivel de material sino a nivel de solución constructiva.

A continuación se estudian materiales y soluciones constructivas que se emplean en arquitectura popular, su eficiencia energética y su impacto medioambiental.

3.1. Materiales Pétreos

Los sistemas constructivos de piedra presentan una gran durabilidad. Destacan por su resistencia y gran capacidad térmica, además de su alto potencial reciclable. El impacto medioambiental de los productos pétreos es menor que el resto de materiales de construcción. Propiedades como elevada inercia térmica, resistencia y durabilidad hacen de ella que se siga empleando tanto como en obra nueva como en rehabilitación.

Es el transporte el que produce mayor impacto ambiental por su elevado peso, por lo que se recomienda el empleo de canteras locales.

Es un material que en la actualidad se presenta como una óptima opción constructiva por su elevada resistencia y capacidad térmica. Relativo a costes energéticos, por ejemplo un pavimento de piedra calcárea de 20 mm de espesor tiene un consumo energético de 1,21 Mj/Kg, un 25% menor que un pavimento de terrazo liso según la base de datos antes comentada del Itec. (1)

3.2. Madera

La madera es un producto sostenible y reduce el calentamiento global por su colaboración a la reconversión del CO₂ en oxígeno. Ha sido un material de construcción muy empleado, sobre todo en cubiertas y entramados. Es no contaminante, aunque hay que considerar el producto que se emplea para el acabado superficial. Se deben de usar acabados tipo ceras o aceites ya que los sintéticos pueden resultar de gran toxicidad.

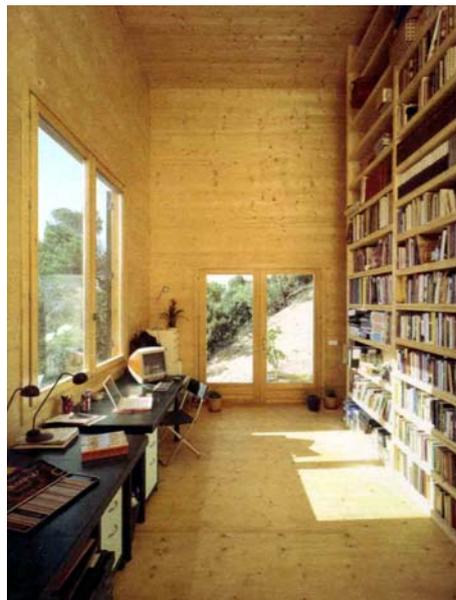


Fig.2 - Casa 205, Vacarisses, de H Architectes. Vista interior (créditos: CSCAE, 2009, p.51)

Existen nuevos productos en el mercado como paneles de fibras gruesas de madera aglomeradas con yeso o con cemento blanco. Estos paneles tienen una conductividad térmica de 0,05 W/mK y una energía incorporada de 957 Wh/kg. También existen paneles ligeros con pequeñas fibras, con un coeficiente de conductividad de 0,05 W/mK y una energía incorporada de 492 Wh/kg.

Entre las nuevas técnicas señalar los paneles estructurales de madera recortadas con control numérico. Como ejemplo el empleado en la casa 205 en Vacarisses, de H Architectes en Barcelona (ver Fig.2 y 3), compuesta de una caja autoportante con paneles de madera de espesor 80 mm procedentes de bosques con el certificado de reforestación. (CSCAE, 2009)



Fig.3 - Casa 205, Vacarisses, de H Architectes. (créditos: CSCAE, 2009, p.51)

3.3. Morteros

Los morteros de cal han sido el principal aglomerado en muros de fábrica hasta la aparición del cemento. Permite la reutilización de ladrillo o bloques por la forma de unión que origina. Es un material sostenible con gran variedad de aplicaciones.

3.4. Aislantes orgánicos

Es incuestionable la energía incorporada de los aislantes orgánicos frente a los industriales. Comparando las propiedades térmicas, se pueden conseguir óptimos resultados de aislamiento térmico con aislantes orgánicos (corcho natural, lana de oveja, fibra vegetal, ...), eligiendo los espesores según las necesidades técnicas que requiera el proyecto.

El corcho tiene una densidad de 110/120 Kg/m³, un coeficiente de conductividad térmica de 0,037 / 0,040 W/mK, estabilidad dimensional, buena resistencia a la compresión (flexible), durabilidad ilimitada, no absorbe agua por capilaridad y una energía incorporada de 837 Wh/kg por lo que resulta una opción muy competitiva para incorporarlo como aislamiento.

En el mercado existen gran variedad de aislantes orgánicos, destacar por su utilidad un aislamiento natural que se fabrica a partir de las fibras de cáñamo, 100 % reciclable y biodegradable. Tiene una conductividad térmica de 0,041 W/mk, y al ser transpirable, evita que se formen en su interior condensaciones. En cuanto al aislamiento acústico para espesores de 4 cm, absorbe hasta el 70% de las ondas incidentes de altas

frecuencias. Respecto al análisis de ciclo de vida el consumo de energía para su fabricación es mínimo.

Son materiales que se emplean en la actualidad tanto en rehabilitación como en obra nueva y son altamente competitivos.

4. LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Los productos derivados de la tierra (adobe, ladrillo y mortero de arcilla) destacan porque su energía incorporada es escasa, y presentan gran durabilidad. Su impacto medio ambiental es prácticamente nulo.

Son materiales de origen natural y provenientes de fuentes renovables, tienen un reducido impacto ambiental durante todo el ciclo de vida, durante su puesta en obra no se utilizan sustancias tóxicas, nocivas y contaminantes.

Garantizan un aislamiento tanto térmico como acústico, debido a su inercia térmica, que actúa como acumulador y va liberando la temperatura poco a poco, por lo que suaviza los cambios de temperaturas y reduce el gasto energético.

En cuanto a aislamiento térmico, la conductancia de la tierra depende del grado de humedad y de su densidad. Por ejemplo para un bloque compacto, es de aproximadamente 33 W/mk y para la tierra suelta la conductancia es de 2 W/mk. (CSCAE, 2007).

Debido a que los muros de tierra son permeables, en general no aparecen problemas de humedades, a no ser que empleemos un aislamiento térmico que actúe de barrera.

Permite un ahorro energético importante, sobre todo en los casos en los que ha habido un diseño bioclimático previo, con un bajo coste. Existen ejemplos como las viviendas de Civano (Arizona) de tierra y paja, en las que se consume 227Mj/año frente a 681 Mj/año de una construcción convencional, lo que supone un ahorro de hasta un 65% de energía (Suárez, 2006, p.16). Este proyecto también está enfocado a realizar un taller educativo de construcción sostenible.

Señalar también las viviendas bioclimáticas del Instituto Tecnológico y de Energías Renovables ITER de Tenerife (España). En estas viviendas, objeto de concurso (2), se emplea tierra obtenida del mismo lugar de la obra y se construyen según criterios bioclimáticos y optimizando las condiciones medioambientales (ITER 2009).

Dentro de las nuevas técnicas actuales destacar el bloque de tierra comprimido y la tierra armada con bambú.

El Bloque de tierra comprimido BTC es una de las soluciones más interesantes en las que se consigue una indudable mejora de las propiedades de la tierra como la disminución de fisuras, mayor flexibilidad del muro, menor retracción y mejor resistencia a la compresión. Reduce el consumo de energía en la fabricación, un bloque tomado con mortero de cal consume 452 Kwh frente a los 1134 Kwh de un ladrillo cocido tomando con cemento (Suárez, 2006, p.92). El coste energético de la tierra armada para un muro de contención es de 0,51 Mj/Kg (base de datos Itec).

En la tierra armada el bambú aporta gran flexibilidad al conjunto, siendo un material fácil de obtener y con alta resistencia a tracción. Se aplica principalmente en elementos a flexión tipo vigas de tierra armada. Es una solución óptima que aporta aislamiento térmico y acústico.

Existen soluciones empleando otro tipo de materiales que actúan de contenedores como los neumáticos rellenos de tierra. Es un sistema constructivo en tierra prensada y neumáticos, con los cuales se pueden realizar hasta viviendas completamente autosuficientes. También se emplean materiales reciclados o botellas de PET no retornables con altas resistencias químicas, buenas propiedades térmicas, e indeformabilidad al calor (Stagno, 2007).

Todas estas soluciones hacen de la tierra un material con múltiples posibilidades constructivas.

5. CONCLUSIONES

Se hace necesario el conocimiento del comportamiento energético de los materiales tradicionales para estimar su rehabilitación y recuperación y sobre todo la adaptación a las nuevas exigencias normativas.

En la mayoría de los casos es posible la convivencia entre materiales tradicionales y nuevos sistemas constructivos que hacen posible el empleo de estos materiales tanto en obra nueva como en rehabilitación.

Los nuevos procesos y técnicas pueden hacer de la construcción con tierra una opción constructiva en el panorama actual, sobre todo en temas de rehabilitación y conservación del patrimonio construido.

Destacar el papel fundamental de los centros de investigación, fabricantes y personal técnico que profundizan con ensayos y técnicas experimentales el comportamiento de estos materiales. Hay que señalar sin embargo, la dificultad de una caracterización general de estos materiales y que habrá que considerar la zona, el entorno y las propiedades de cada uno de los proyectos que acometamos.

6. AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del Proyecto de Investigación “Aspectos constructivos y estructurales a considerar en la rehabilitación de viviendas en Andalucía para el ahorro energético” que desarrolla en la actualidad el autor, financiado por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio, de la Junta de Andalucía (España) según convocatoria del boletín oficial de la junta de Andalucía, BOJA 29/07/2007 de subvenciones para actividades de investigación en materia de arquitectura y vivienda, publicada la resolución con fecha 13/05/2008.

Bibliografía

Argüello T., Cuchí A. (2008). “Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10 x10 con Techo-Chiapas del CYTED”. En *Informes de la Construcción*, Vol. 60, Madrid: CSIC.

Edwards, B. (2005). *Guía básica de sostenibilidad*. Barcelona: Gustavo Gili.

CSCAE. (2007). *Un vitrubio ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili.

CSCAE. (2009). *Revista Arquitectos*. Nº 1. Sin recursos. Madrid: Consejo superior de Colegios de Arquitectos de España.

Centro de investigación Navapalos. (1998). *Arquitectura de tierra. Encuentros Internacionales*. Madrid: Ministerio de Fomento.

ITEC. Instituto Tecnológico de la Construcción. Base de datos. www.ITec.es

ITER (2009). Inst. Tecnológico y de Energías Renovables. Página web: www.iter.es.

Naciones Unidas. (1997). *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas*. Kyoto.

Neila, F.J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla – Leria.

Parlamento Europeo. (2002). Directiva Europea 2002/91/CE sobre la Eficiencia Energética de los Edificios.

Stagno, B. (2007). *Ciudades Tropicales Sostenibles*. Costa Rica: Instituto de Arquitectura Tropical

Suárez, M. (2006). *Construcción con tierra*. Santiago de Compostela: Consejo Gallego de Colegios de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.

VVAA. (2005). *Hacia una arquitectura sostenible. En busca de un sentido común*. Valencia: Icaro, Colegio territorial de arquitectos de Valencia.

Notas

(1) El enlace a la base de datos del Instituto Tecnológico de la Construcción de Cataluña con los valores de costes energéticos: <http://www.itec.es/noubedec.e/bedec.aspx>

(2) Concurso homologado por la U.I.A., Unión Internacional de Arquitectos

Curriculum

Doctor arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha impartido clases en la Universidad Alfonso X el Sabio (Madrid) y en Cesuga University College Dublin - School of Architecture (La Coruña), en áreas de estructuras y construcción. Experiencia profesional e investigadora en aspectos relacionados con las estructuras y la rehabilitación.