

## Reutilización de papel reciclado en la producción de material de construcción aislante térmico y acústico

SALDAÑA-ACOSTA, Jorge\*†, ROSALES, Javier y MUÑOZ, Armando.

*Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo, Carrera de Química área Tecnología Ambiental, Escobedo, N. L. Libramiento Noreste km. 33.5*

Recibido Octubre 24, 2016; Aceptado Noviembre 23, 2016

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue la fabricación de ladrillos de forma económica y sustentable, a través del uso de papel y aserrín de desecho. La mezcla para la obtención de los ladrillos contenía cemento, papel reciclado, aserrín y cal. Los ladrillos obtenidos mostraron altas cualidades mecánicas y propiedades muy adecuadas como materiales de construcción. Fueron resistentes al fuego, de baja densidad ( $0.79 \text{ g/cm}^3$ ), soportaron una carga puntual de  $6.8 \text{ kg. /cm}^2$ , la absorción de agua fue mínima  $0.08 \text{ g. (} 8.5 \times 10^{-3} \%$  del peso original) además fueron resistentes al ataque de insectos y microorganismos.

**Reciclado, Papel, Ladrillos, Sustentable**

### Abstract

The objective of this research was the manufacture of bricks economically sustainable through the use of waste paper and sawdust. The mixture for the production of bricks containing cement, recycled paper, sawdust and lime. The bricks obtained showed high mechanical qualities and properties very suitable as building materials. Were resistant to fire, low density ( $0.79 \text{ g/cm}^3$ ), punctual bore a  $6.8 \text{ kg / cm}^2$ , the minimum water absorption was  $0.08 \text{ g. (} 8.5 \times 10^{-3} \%$  to original weight) were also resistant to insects and microorganisms.

**Recycled paper, bricks, Sustainable**

**Citación:** SALDAÑA-ACOSTA, Jorge\*†, ROSALES, Javier y MUÑOZ, Armando. Reutilización de papel reciclado en la producción de material de construcción aislante térmico y acústico. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-6: 68-74

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: 3010jmsa@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El uso de materiales alternativos de construcción suele estar relacionado con la Ecología y con la Economía; generalmente son materiales reutilizados o reciclados, que a menudo son baratos y fácilmente adquiridos. Estas alternativas de construcción están ganando importancia en sectores o zonas de la población económicamente desprotegidas. Los aislamientos juegan un papel crucial en la construcción de edificaciones sustentables, un aislamiento no solo nos resguarda de los agentes externos (calor, frío, ruidos...), sino que además contribuye de manera muy importante a la reducción en el consumo de energía en nuestros hogares y puestos de trabajo, así como también una disminución de los gases con efecto invernadero producto de la combustión.

Al momento de seleccionar los materiales que se emplearán en una edificación, se debe valorar el funcionamiento ambiental de estos, lo cual debe ser tan importante como los de tipo técnico y económico (Caballero-Montes y Alcántara-Lomelí, 2012).

La celulosa es el material de aislamiento idóneo para todas las épocas del año. Nos protege del calor y el frío. Asimismo sus propiedades lo convierten en un aislante acústico excepcional. El aislamiento de celulosa es el único que combina la protección térmica, acústica y control de condensación en un solo material.

En beneficio de sus excelentes propiedades y sin incrementar el valor de la obra, se consiguió una disminución muy significativa del consumo de energía. Con ello se contribuyó de forma importante a la protección de los recursos naturales al disminuir significativamente la demanda de recursos al medio ambiente, y a la reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El aislante de celulosa cuya conductividad térmica  $k$  es de 0.042 W/mK, deriva de fibras naturales de la madera por lo que posee características similares a la madera ( $k = 0.13$  W/mK). Al casi no permitir el paso del calor, este se queda dentro de la vivienda en invierno, mientras que en verano la alta capacidad de absorción de calor específico nos proporciona una temperatura fresca en el interior.

La reducción de entradas de calor, de frío o ruido, aumenta la sensación de confort y crea un clima ambiental sano.

Las principales características del aislamiento de celulosa son:

- Protección térmica y acústica para toda la vida.
- Confort térmico. 6° C a 10° C menos en los días más cálidas del verano.
- Contribución a la ecología. Material de origen reciclado.

Las prácticas de reciclaje y reutilización, a partir de la recuperación de materiales y componentes de desecho de los diversos procesos productivos son eficientes desde el punto de vista ecológico, pero también desde el punto de vista económico, ya que la recuperación de materiales puede ser el punto de partida para generar un mercado alternativo de productos, que por haber sido utilizados anteriormente resulten más económicos. La ventaja económica también se obtiene a causa de reintroducir los desechos en el ciclo industrial-comercial.

La generación de materiales de construcción sustentables, aislantes y económicos, con material reciclado. Impactará positivamente: en la economía de la sociedad y al disminuir importantemente la generación de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera.

2.- Antecedentes: Hoy en día la tecnología debe tener además otro objetivo fundamental que es el de la búsqueda del bienestar humano, la naturaleza y el equilibrio ecológico; lo que se conoce como diseño sustentable, evaluando aspectos como son:

- El consumo de agua potable y energía.
- La contaminación del aire, agua, y suelo, la generación de residuos sólidos (Rodríguez M. F. 1998).

La rápida evolución de la civilización contemporánea, nos lleva a la necesidad de una revisión de los juicios que se han hecho acerca de ciertos problemas estrechamente ligados con el hombre, uno de ellos es todo el aspecto ecológico, el cual, si lo ligamos con el constructivo, encontramos que se ha abusado de materiales cuyo proceso de fabricación llega a derroches energéticos, o bien a otros; el sector constructivo es responsable de un notable impacto ambiental (agotamiento de recursos naturales, calentamiento global, lluvia ácida, emisión de humos, acumulación de residuos, etc.) durante el proceso de fabricación de los materiales para construcción y durante la edificación de los inmuebles (Sartori, I. and Hestness, A.G. 2007; Deepak, et al, 2011). Es el principal consumidor del suelo y materia prima, y una gran generación de desechos, a nivel mundial anualmente consume el 40 % de piedra, arena y grava, 25 % de madera y 16 % de agua (Arena and de Rosa, 2003; Sartori, I. and Hestness, A.G. 2007; Deepak, et al, 2011); de esta preocupación, surge la intención de búsqueda de sistemas constructivos, que sean o no tradicionales, que contribuyan al bienestar ambiental del país al no tener excesivos costos energéticos ni en su manufactura ni en su abasto. (García L. E. 1998; González y Navarro, 2006; Chau, et al, 2012; Young-sun, et al, 2012).

La construcción a base de pacas de paja cumple con estas características, no es tradicional de México, es ciertamente una técnica importada la cual se adapta de manera eficiente en la idiosincrasia del mexicano y en la realidad económica del país. (García L. E. 1998).

Los primeros pioneros del norte del nuevo mundo, los Estados Unidos, importaron en el siglo XIX, este sistema constructivo de Inglaterra y lo repitieron en sus nuevas moradas, seguramente por la rapidez de ejecución de una vivienda (García L. E. 1998).

En México entra la influencia alrededor de los años 80, muy recientemente, sobre todo en el norte, Chihuahua, y por promoción campesina y de desarrollo alternativo en comunidades se copia en el Bajío y Centro de la República teniendo, evidentemente, asimilaciones y adaptaciones que corresponden a los nuevos materiales, los nuevos paisajes y la nueva gente que las construye. (García L. E. 1998)

Para que una vivienda se considere ecológica debe cumplir ciertos requisitos como son: evitar los impactos ambientales, interrelación con los ciclos de la naturaleza, diversidad funcional de la vivienda. En la realización de las obras se recomienda la utilización de materiales de construcción inocuos para el medio ambiente. Así, como aislantes, se deben utilizar materiales naturales como corcho, papel, lana mineral o fibra de vidrio y, en general, materiales que sean poco conductivos y que almacenen calor. (Ramos Z. M. 2001)

La sensibilización y concientización en relación al cuidado del ambiente en los procesos productivos ha llevado a proponer materiales alternativos de construcción a partir de materiales reciclados a menor costo y mayor diversidad para los procesos constructivos (Cabalero-Montes y Alcántara-Lomelí, 2012).

El uso de materiales sobrantes o inútiles, naturales o bien de procesos de transformación, en la generación de materiales alternativos de construcción nos permite insertarlos en un ciclo autosustentable.

En el mundo de hoy y con su estilo de vida se genera una gran abundancia de materiales de desecho que por algunas características generales pueden ser considerados como potenciales aislantes térmicos de bajo costo.

Materiales a base de celulosa de diferentes fuentes, en diversas proporciones de mezcla con otros materiales como el cemento, el bórax ó fibras poliolefínicas ya han sido utilizados para este fin. (Molleda, C et al 2005; Gutierrez, J. y González, A. 2012; Rivera, L. 2013) Muñoz y cols, en 2005 analizaron el potencial de aplicación como aislante térmico económico, dos desechos industriales: las cenizas de carbón y la celulosa de papel reciclados mezclada con cemento a una relación de 0.6 de acuerdo a las recomendaciones de Velasco, 1998.

En el mercado existen ya diversos tipos de productos aislantes a base de papel reciclado como el Isofloc el cual es un granulado de celulosa (ICARO 1995); ECOMARC que es papel periódico reciclado mezclado con sales bóricas y HOMATHERM paneles de celulosa reciclada (93% – 90 %) y Fibras Poliolefínicas (7 % - 10 %), Fibra vítrea sintética que son materiales inorgánicos fibrosos que contienen silicatos de aluminio o de calcio. (ATSDR 2004).

Otros materiales alternativos de construcción son la mezcla de cascara de cacahuete con poliéster y cemento en la fabricación de paneles con propiedades de aislamiento térmico y baja densidad; el papercrete compuesto de cemento portland, arena y papel con cualidades de aislamiento acústico y resistencia a la compresión; Biprocel, ladrillos de adobe adicionados con paja, tabiques de jal (Soares andre 2007; Calafell, M. 2011; Alcivar Velez, D.E. 2012; Rivera L.E., 2013).

A través del diseño adecuado de los espacios es posible, evitar o disminuir el uso de la climatización artificial; así como aprovechar ampliamente la iluminación natural durante el día. Aplicando el diseño bioclimático, se ayuda también a preservar el medio ambiente, integrando al hombre a un ecosistema más equilibrado. La arquitectura debe diseñar espacios ecológicamente concebidos que respondan integral y armónicamente a la acción de los factores ambientales del lugar. (Fuentes F. V. 1998).

3.- Material y Métodos: La mezcla para la obtención de los ladrillos contenía cemento (40 %), papel reciclado (29 %), aserrín (17 %) y cal (14 %). Estos componentes se mezclaron perfectamente, posteriormente se añadió agua hasta obtener una pasta homogénea de consistencia semilíquida; esta fue depositada en moldes de madera de 24 cm x 11.5cm x 5.25 cm y se dejó secar a temperatura ambiente durante 5 horas, posteriormente fueron desmoldados y se continuo el sacado por 72 horas más.



**Figura 1** Molde para fabricación de ladrillos.

Los ladrillos obtenidos fueron sometidos a una serie de pruebas para determinar sus propiedades mecánicas y características propias para su utilización en procesos de construcción, tales como:

- a) *Resistencia a la compresión simple.* Es una de las pruebas de mayor relevancia ya que la función principal es soportar esfuerzos de compresión en una construcción, esta se realizó de acuerdo a la norma oficial NOM-C-036-ONNCCE-2003.
- b) *Absorción de agua.* El grado de absorción de agua es una medida de la maduración del ladrillo. Los ladrillos fueron sumergidos en un depósito con agua, por 15 días y al término de este período de tiempo se analizó su integridad, resistencia a la fricción y su peso húmedo. NOM-C-037-ONNCCE-2005.
- c) *Densidad.* El material debe tener una densidad baja para facilitar su manejo, transporte y aplicabilidad en sitios elevados. Ésta se determinó a través de la fórmula de densidad, se obtuvo el peso promedio de 12 ladrillos y el volumen promedio de estos, estos valores fueron aplicados en la fórmula de densidad.  $d = m/V$ .
- d) *Resistencia al fuego.* Todo material para construcción debe cumplir con una resistencia al fuego de una hora como mínimo, sin producir flama, humo, ó gases tóxicos. Una pila de 12 ladrillos fue expuesta al fuego directo de un soplete de gas butano. NOM-C-307/1-ONNCCE-2009.
- e) *Resistencia al ataque de insectos.* Por el tipo de componentes en estos ladrillos existe la posibilidad de que sean atacados por diversos insectos. Los ladrillos fueron dejados a la intemperie en una zona donde abundan los insectos (termitas, arañas, tijeretas, etc.) por un período de dos meses y medio.
- f) *Resistencia al ataque por microorganismos.* La presencia de papel y madera (aserrín) en los ladrillos establece la posibilidad de que sean atacados por microorganismos, sobre todo sí se dan las condiciones de humedad y temperatura adecuadas, para prevenir esto fue incluida en la mezcla cal. Los ladrillos fueron dejados a la intemperie y enfrentados a cultivos de hongos del suelo (*Aspergillus*, *Rhizopus* y *Penicillium*) así como a cultivos de bacterias del suelo (*Bacillus subtilis*, *Aeromonas*) durante dos meses y medio.

**Resultados:** Los ladrillos obtenidos fueron resistentes al fuego, ya que no produjeron flama ni desprendieron humo ó gases tóxicos al ser expuestos al fuego de un soplete de gas butano. La densidad de los ladrillos producidos fue bastante baja,  $0.79 \text{ g/cm}^3$ , en comparación con la de otros materiales de uso cotidiano (Tabla 1).

MATERIALES	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
Ladrillo aprensado	2.2 – 2.3
Ladrillo común	1.8 – 2.0
Ladrillo blando	1.5 -1.7
Ladrillo Sílico Calcáreo fino	1.66
Ladrillo Mahon hueco	1.20
Adobe	2.02
Bloque hormigón ligero	1.40
Bloque hormigón macizo	1.00
Paca de Paja	0.85
Ladrillo de papel y aserrín (UTE)	0.79

**Tabla 1** Valores de absorción de agua por algunos materiales de construcción.

Estos mostraron una buena resistencia al ataque de insectos y microorganismos ya que después del período de enfrentamiento no mostraron deterioro observable a simple vista. La absorción de agua por parte de estos ladrillos fue mínima (8.5 x 10<sup>-3</sup> % del peso original), comparada con otros materiales de construcción como: el ladrillo blanco 20%, ladrillo de gres 2%, ladrillo de arcilla 12% y ladrillos cara vista comunes por arriba de 8%. (Ver Tabla 1).

Además no sufrieron ningún deterioro o desgaste apreciable a simple vista, no sufrieron deterioros por fricción en estado húmedo, y su incremento de peso solo fue de 0.08 g.

En cuanto a la resistencia a la compresión, mostraron una alta resistencia con un valor de 6.8 kg. /cm<sup>2</sup>.



**Figura 2** Imagen de Ladrillos Obtenidos a partir de material de desecho (papel y aserrín).

### Conclusión y Discusión

Esta tecnología es muy ambiciosa por su eficacia energética y económica.

Se desarrolló un nuevo material aislante ideal para las regiones más débiles económicamente; Al ser producido con material de desecho y sin gasto de energía su precio al final es realmente bajo.

Los ladrillos obtenidos mostraron altas cualidades mecánicas y propiedades muy adecuadas como materiales de construcción. La resistencia a la compresión del material de construcción alternativo obtenido fue alta, a pesar de sólo haber sido fraguado al sol. Esta propiedad mecánica fue mayor (1.36 veces) que la reportada para los ladrillos comerciales prensados y cocidos.

La densidad de estos ladrillos permite que puedan ser utilizados en sitios elevados, sin incrementar la cimentación; y los hace perfectamente manejables.

Su buena resistencia a al ataque de insectos y microorganismos así como al fuego los hace un material alternativo de construcción ideal, que además de ser económicos y resistentes, representan un beneficio ecológico al ser un material sin ningún gasto de transformación y promover la reutilización del papel de desperdicio y el aserrín, materiales de desecho que tienen un tiempo de degradación promedio de 2 a 5 meses y 4 años respectivamente. Esta aplicación impactará positivamente al medio ambiente al disminuir la generación de residuos urbanos.

Con respecto a la acción del viento y la temperatura estos materiales mostraron una alta resistencia ya que después de 18 meses no han sufrido deterioro alguno.

## Referencias

- Arena, A.P. & C. de Rosa. 2003. Life cycle assessment of energy and environmental implications the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza - Argentina. *Build. Environ.* 38, 359-368.
- Caballero Montes José Luis y A. Alcantára Lomelí 2012. Beneficios Ambientales Inherentes al uso de Sistemas de construcción con materiales alternativos en viviendas. *Naturaleza y Desarrollo*. Vol.10, N° 2. 48 – 53
- Chau,C.K. W.K. Hui and G. Powell 2012.Assessment of CO2 emission reduction in high-rise concrete office buildings using different material use options. *Resour. Conserv. Recycl.* 61, 22 – 34
- Deepak R. S. Behzad, F. Rosi and H. Xiao 2011. Assessment of CO2 emissions reduction in a distribution warehouse. *Energy* 36, 2271 - 2277
- Dyna rev.fac.nac. 2006. Minas. Vol. 73. N°148 Medellín Jan/Apr
- Fuentes Freixanet, Víctor Armando, 1998 *Nuevas Tecnologías en la arquitectura bioclimática, Tecnología y diseño en las edificaciones*, Ed. U. A. M. –A., México, D. F., ISBN. 970654711 – 8, Pp. 135 - 162.
- García López, Esperanza, 1998, *Técnicas ecológicas de construcción no tradicionales, Tecnología y diseño en las edificaciones*, Ed. U. A. M. –A., México, D. F., ISBN. 970654711 – 8, Pp. 107 – 134.
- Gutiérrez J.A. y A. D. González 2012. Determinación experimental de conductividad térmica de materiales aislantes naturales y de reciclado. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 16. Impreso en Argentina ISSN 0329 - 5184  
[http:// www.construible.as/noticias](http://www.construible.as/noticias)  
[http:// www.iso-floc.de/](http://www.iso-floc.de/)  
<http://w.w.w.secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/viewfile/7559/7482>  
[http://w.w.w. upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticia/Biprocel](http://w.w.w.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticia/Biprocel)
- Rivera L. E. 2013. *Materiales Alternativos para la elaboración de Tabiques ecológicos*. Tesis de Maestría en Ingeniería y Administración de la Construcción.
- Rodríguez Manzo, Fausto, 1998, *Control de ruido en las edificaciones, Tecnología y diseño en las edificaciones*, Ed. U. A. M. –A., México, D. F., ISBN. 970654711 – 8, Pp. 61 – 90
- Sartori I. and A. G. Hestnes 2007. Energy use in the life cycle of conventional and low – energy buildings: a review article. *Energy Build.* 39, 249 - 257
- VASCO G. J. 1998. *Tableros prefabricados en hormigón aligerado con pulpa de celulosa*. [TDG] Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín,