

LA INGENIERÍA COMO INTERMEDIACIÓN ENTRE LA NATURALEZA Y LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Gabriel Pereiro López

Instituto de Cerámica de Galicia (Santiago de Compostela, España)

Abstract

Natural resources, either from plant or mineral origin, can be used to obtain new materials and new high benefit technical solutions.

For this purpose, it's necessary the role of the engineer designing and implementing new manufacture procedures that allow us to increase in value our natural resources.

In this paper we present an example in which process engineering allows us to make the most of a renewable resource as biomass, specifically agro-forest resources and agro-industrial waste, not only by converting them into new materials, but also into highly efficient thermal and acoustic technical solutions.

As binder, abundant natural mineral resources as magnesites are employed as a way to provide a non-pollutant choice to binders derived from fossil resource.

Therefore, it's about Environmental Engineering using Sustainability as a source of inspiration and claiming new approaches in the whole life cycle of materials (waste and by-products as inputs, new products design and highly efficient and sustainable processes, etc.) which causes different positive impacts on the environment (waste reduction in the production line, noise pollution reduction, reduction of emissions to the atmosphere,...).

Keywords: *Waste recovery; biomass; magnesites; new composite materials; architectural acoustics*

Resumen

Los recursos naturales, tanto de origen vegetal, como mineral, pueden ser empleados para obtener nuevos materiales y nuevas soluciones técnicas de altas prestaciones. Para ello, es necesario el papel del ingeniero diseñando e implementando nuevos procedimientos de fabricación que permitan valorizar los Recursos Naturales.

En esta comunicación se presenta un ejemplo en el que la ingeniería de procesos permite valorizar un recurso renovable como la biomasa, en concreto, recursos agroforestales y residuos agroindustriales; no sólo transformándolos en nuevos materiales, sino en soluciones técnicas de alta eficiencia térmica y acústica. Como aglomerante se emplean recursos minerales naturales y abundantes en la zona como las magnesitas; por lo que se proporciona una alternativa "no contaminante" a los ligantes derivados de recursos fósiles.

Se trata, por tanto, de una Ingeniería Ambiental que emplea la sostenibilidad como fuente de inspiración y argumenta planteamientos innovadores en todo el ciclo de vida de los materiales (residuos y subproductos como inputs, diseño de nuevos productos y procesos altamente eficientes y sostenibles, etc.); lo que ocasiona diferentes impactos positivos sobre

el medio ambiente (reducción de residuos al reintroducirlos en la cadena productiva, reducción de la contaminación acústica, reducción de emisiones a la atmósfera,...).

Palabras clave: Valorización de residuos; biomasa; magnesitas; nuevos materiales compuestos; acústica arquitectónica

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Obtención de nuevos materiales compuestos

En el siglo XIX, todavía se creía que la humanidad tenía una antigüedad de sólo 6.000 años, de acuerdo a la cronología establecida por el obispo irlandés James Ussher (1581-1656). Hoy día sabemos que los primeros australopitecos se desarrollaron millones de años antes (ver Figura 1).

En la búsqueda de la supervivencia el ser humano viene indagando desde antiguo en el empleo en su propio beneficio de nuevos materiales: piedra tallada, cerámica y tejido, piedra pulida, cobre, bronce, hierro,... Dicha tendencia perdura en la actualidad con nuevos materiales a partir de la nanotecnología (acero nanoestructurado, aluminio transparente, hormigón traslúcido), materiales inteligentes, metales que recuerdan (como el Nitinol empleado en medicina), etc. (Pérez, 2008).

Figura 1: Fotograma de la Exposición Darwin VIVE (Museo de la Ciencia de Valladolid, 2009)



Es probable que la segunda mitad del siglo XX y el siglo XXI sean conocidos como la **época de los productos sintéticos**, es decir, de los plásticos, las fibras artificiales, los cauchos sintéticos, los materiales compuestos y los adhesivos sintéticos. Desde hace aproximadamente 100 años se ha ido creando una industria masiva que simboliza al siglo XX del mismo modo que el hierro y el acero caracterizaron al siglo XIX. (Miravete, 1994, p. 11)

En el caso de la construcción, la transformación de los nuevos materiales compuestos en soluciones técnicas de altas prestaciones supone la aportación a dicho sector de productos y procesos más eficientes; para lo cual será imprescindible una adecuada Ingeniería.

1.2 Nuevas soluciones técnicas de altas prestaciones

En el presente artículo se presenta una experiencia (ver Figura 2) que aborda la obtención de nuevas soluciones constructivas de altas prestaciones en su uso final a partir de biomasa (Pereiro, 2004; Instituto de Cerámica de Galicia, 2004); entendiéndose como tales: la minoración de la contaminación acústica, la eficiencia energética y la protección de las personas y del medio ambiente.

Figura 2: Ejemplo de transformación de nuevos materiales compuestos en soluciones constructivas específicas



El ruido produce efectos nocivos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas. En concreto, provoca el riesgo de una disminución importante en la capacidad auditiva, la posibilidad de trastornos psicológicos (paranoias,...) y/o fisiológicos. La reducción de dicha contaminación no sólo permite evitar estos daños, sino mejorar los mapas de ruido de nuestras ciudades y más concretamente de las estancias donde desarrollamos parte de nuestra vida cotidiana (Juliá, 2008).

Según la European Environment Agency (2008) el consumo eléctrico mundial se encuentra en un incesable crecimiento. Consecuentemente, el ahorro energético derivado del empleo de soluciones de aislamiento idóneas revierte en una protección del medio ambiente (al consumir menos recursos para la generación de energía) y de la sociedad (evitando un consumo innecesario).

Al mismo tiempo, la protección de los seres vivos (protección frente al fuego, humedad relativa óptima en aquellos lugares cerrados donde desarrollamos nuestras actividades diarias, etc.) y la preservación del medio ambiente (empleo de recursos renovables, reducción de emisiones contaminantes,...) se alinea con el tan ansiado Desarrollo Sostenible (Pereiro, 2010-b).

1.3 Faceta del Ingeniero

Mientras la Arquitectura se centra en la vivienda en todo su conjunto o en la zona en dónde el individuo va a desenvolver su actividad; la Ingeniería es la que puede permitir aportar al Arquitecto nuevas alternativas más sostenibles en lo que a la selección de materiales y de soluciones técnicas se refiere en un Proyecto dado (Pereiro, 2006).

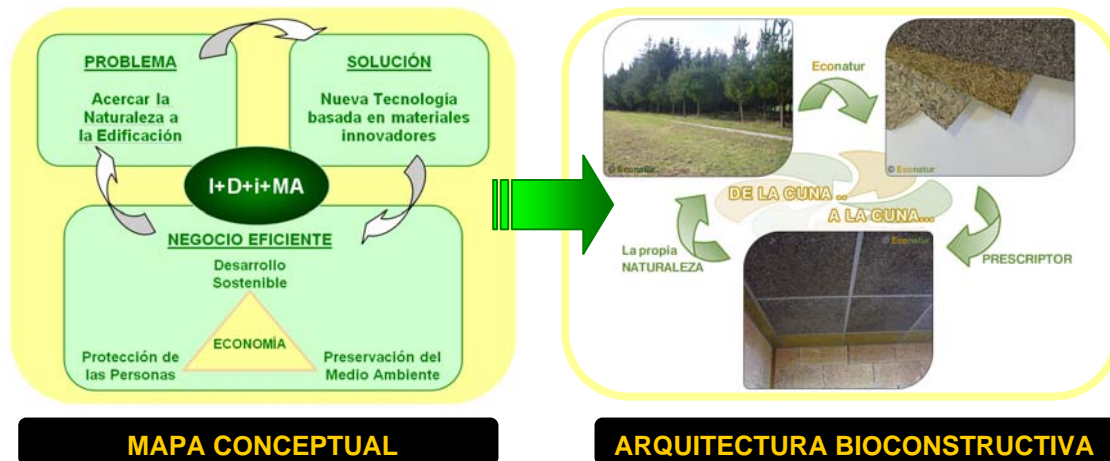
Para ello, el Ingeniero ha de diseñar de la cuna a la cuna (McDonough & Braungart, 2002), esto es, definido el objetivo a alcanzar (en este caso, altas prestaciones térmicas y acústicas) se diseña, planifica y ejecuta una serie de procedimientos y metodologías que permiten alcanzar esos objetivos (ver Figura 3); ofreciendo a la Sociedad nuevas alternativas “más sostenibles” en este ámbito.

Se trata así mismo de mantener presente “el medioambiente”, a modo de eje transversal, en todo el proceso ingenieril; lo que se podría definir como una Ingeniería de base ecológica y

ambiental. Este principio que implica la generación de tecnologías limpias innovadoras (Pereiro, 2009-c) se lleva a los diferentes escenarios implicados:

- Materia (selección de materiales adecuados, etc.),
- Energía (eficiencia energética, tanto en el proceso industrial a diseñar e implementar, como en el proceso edificatorio).

Figura 3: DE LA CUNA A LA CUNA



2. OBJETIVOS

- Obtener, a través de la Ingeniería, nuevos materiales de altas prestaciones que contribuyan a una construcción más sostenible.
- Implementar un nuevo proceso fabril basado en tecnologías de I+D+i+MA.
- Aportar soluciones eficientes a nivel de producto y de proceso.

3. CASO DE ESTUDIO

3.1 Valorización de recursos naturales

En pleno siglo XXI adquiere cada vez más importancia la valorización como tecnología de transformación de residuos, deshechos y/o subproductos en productos de mayor valor añadido (Pereiro, 2010-c). Dicha transformación puede ser de diversos tipos: biotecnológica (obteniendo azúcares, proteínas,...), energética (biocombustibles sólidos densificados), físico-química (nuevos materiales), etc.

Por otro lado, cada vez es más necesario el aprovechamiento de recursos naturales, haciendo hincapié en recursos escasamente explotados y especialmente en aquellos inputs naturales que son de carácter renovable. Ello permitirá a la Sociedad desarrollar un Desarrollo Socio-Económico más equilibrado y sostenible.

En el proyecto científico-técnico aquí presentado (desarrollado en el período 2002-09) se parte de diversas fuentes naturales para la obtención de materiales innovadores y, con un posterior desarrollo tecnológico, soluciones técnicas eficientes para el ámbito de los profesionales de la Ingeniería y la Arquitectura.

Las materias primas empleadas fueron diversos tipos de biomasa y magnesitas; ambos abundantes en la Península Ibérica (Marchán, Regueiro y González, & Rubio, 2007; Pereiro, 2004).

3.2 Biomasa: Un recurso renovable y disponible

La Industria de los países desarrollados tiene como una de sus consolidadas bases de negocio el aprovechamiento y transformación de los recursos forestales, entendiendo como tal, esencialmente los recursos madereros. Sin embargo, los países que más están trabajando para alcanzar una óptima **valorización de la biomasa como elementos constructivos** son los estados menos desarrollados -por necesidad y/o escasez de otros recursos- (Thiengburanathum et al., 2006) y aquellos países que apuestan claramente por un nuevo futuro basado en diversos tipos de biofibras como sustitutos o alternativas a la madera: Canadá, Alemania,... (Ulrich & Richards, 2007; Branchenführer Innovative Biowekstoffe, 2009). Así tenemos diversos ejemplos con fibras procedentes de bambú, cáñamo, lino, Miscanthus, Kenaf, residuos agrícolas,... (Youngquist et al., 1994; IENICA, 1999; Lloyd & Seber, 1996).

Un ejemplo español, nacido en el eje Universidad-Empresa, es el uso de cortezas de *Pinus pinaster*, hierbas del género *Lolium*, cáscaras de pipa de girasol, etc. (ver Figura 4) para la fabricación de nuevos tipos de tableros para construcción y decoración (Pereiro, 2009-a y Pereiro, 2009-b). En definitiva, estos materiales constituyen un nuevo recurso disponible para su empleo como biofibras en la formulación de nuevos materiales compuestos.

Figura 4: Algunos tipos de recursos vegetales empleados



Este tipo de recursos vegetales son naturales, renovables y se pueden considerar como residuos del sector agroforestal o agroindustrial, pudiendo tener diferentes procedencias:

- El monte; donde por bioacumulación pueden constituir potenciales focos de incendio,
- La Industria, ya que se originan como desechos de diferentes procesos industriales (en la industria del aserrado o en la extracción de aceite de girasol, por ejemplo).

La ingeniería nos permite diseñar nuevas tecnologías limpias que permiten el aprovechamiento y valorización de esta biomasa; de tal modo que se reduce la cantidad de estos residuos y se aumenta el valor añadido de dichos materiales.

En la Tabla 1 se reseñan otros aspectos significativos a tener en cuenta.

Tabla 1: Beneficios de la valorización de la biomasa

Ámbito	Beneficios
Medioambiental	<p>Evita el abandono de las actividades agrícolas y forestales, con la consiguiente minoración del riesgo de incendios.</p> <p>Potencia el empleo en el sector medioambiental.</p> <p>Contribuye a evitar la erosión de los suelos.</p> <p>Potencia la producción vegetal, contrarrestando el efecto invernadero.</p> <p>Evita y/o reduce el consumo de recursos no renovables.</p> <p>Puede convertirse en una manera de tratar materiales desechables.</p>
Social	<p>Fomenta el empleo en nuevas actividades.</p> <p>Potencia el sector forestal, agrícola y el medio rural.</p> <p>Favorece la descentralización del negocio en origen.</p> <p>Da una nueva salida a los excedentes de producción agrícola y forestal.</p> <p>Se alinea con la búsqueda de un Desarrollo más Sostenible.</p>
Económico	<p>Incrementa el valor de determinados residuos.</p> <p>Presenta la sostenibilidad como eje de negocio.</p> <p>Reduce el déficit nacional de soluciones termo-acústicas.</p> <p>Supone un impulso a la Tecnología y a la I+D+i desarrollada en España.</p>

3.3 Nuevos procedimientos de fabricación

Actualmente, en el sector de la construcción, la mayor parte de los aglomerantes de amplio uso (empleados en la obtención de materiales) proceden de recursos fósiles, y por tanto, agotables como el gas natural o el petróleo (Miravete, 1994).

La Ingeniería Química permite la transformación de una sustancia "A" en otra "B" a escala industrial; lo que llevado al contexto que nos atañe, permitirá emplear nuevos recursos naturales como fuente para la obtención de **nuevos ligantes o aglomerantes**. Este es el caso de los cementos magnésicos que se obtienen por una reacción heterogénea de fraguado entre cloruros magnésicos (abundantes, por ejemplo, en los océanos) y magnesitas (abundantes, entre otros, en Galicia y Navarra). Dichos cementos presentan óptimas prestaciones mecánicas (López, 1981) y suponen una alternativa a procesos fabriles con altas emisiones de CO₂ como la obtención de Cemento Pórtland (Baeza, 2008).

3.4 La sostenibilidad como fuente de inspiración

Ya desde los albores del siglo XXI se presenta como horizonte la búsqueda de la sostenibilidad a modo de nuevo marco socio-económico más saludable y eficiente; hacia el que orientar la ingeniería y las soluciones futuras que ésta nos ofrece. Este enfoque que para muchos podría resultar una utopía ofrece en la actualidad nuevos nichos de negocio basados en la I+D+i+MA.

En concreto, en el proyecto presentado se puede afirmar que existe una fuerte interrelación entre la innovación y la sostenibilidad; ya que se emplean planteamientos innovadores en sostenibilidad y, al mismo tiempo, se usa la sostenibilidad como fuente de inspiración (Pereiro, 2009-c). En la práctica, este hecho se materializa en diferentes aspectos como los reseñados a continuación: empleo de fibras vegetales naturales, renovables y de la zona; aglomerantes naturales y sin derivados del petróleo; mínimo consumo energético en todo el proceso; reducción de la emisión de gases de efecto invernadero; técnicas de producción limpia; etc.

La Ingeniería Ambiental implicada en este tipo de proyectos afectará no sólo al proceso ingenieril, sino también a los inputs y outputs.

- INPUTS

Se emplean diferentes recursos naturales de diversos tipos y orígenes: cortezas de *Pinus*, hierbas del género *Lolium*, cáscaras de *Helianthus* y magnesitas.

Así mismo, es necesario un mínimo aporte energético para el funcionamiento de los equipos de acción mecánica, para el calefactado a baja temperatura (inferior a 100 °C) del equipo de prensado y curado y para el acondicionamiento de las oficinas.

- PRODUCTOS EFICIENTES (Outputs)

Los productos obtenidos son eficientes, tanto en su origen, como en su destino.

- En su origen son eficientes no sólo por el tipo de materias primas empleadas (naturales, renovables y de la propia zona); sino también por emplear en su fabricación la mínima energía necesaria en cada caso.

- Así mismo, en su uso final, permiten reducir las pérdidas de energía calorífica de una estancia dada (mejorando el aislamiento de particiones y cerramientos), ofrecen la regulación de la humedad ambiental en espacios cerrados (evitando condensaciones y mejorando la calidad del aire interior), reducen la contaminación acústica generada por diferentes focos (personas, motores domésticos, vehículos,...), etc.

- CICLO CERRADO (ver Figura 5)

Figura 5: ¿Cómo se cierra el ciclo?



Las soluciones técnicas no serían eficientes sino se empleasen en su ubicación adecuada; ya que es este aspecto el que les permite ofrecer sus múltiples prestaciones a la Sociedad y al Medio Ambiente que nos rodea. Es fundamental por tanto el papel del técnico que prescribe dichas soluciones; ya que es la persona más formada e indicada para la toma de decisión en este ámbito.

Por otro lado, tras varias décadas de uso y una vez finalizase la vida útil de estos elementos constructivos, estos materiales se pueden descomponer por procesos naturales sin dañar (dada su composición constituyente) al medio ambiente, ni a las personas.

4. RESULTADOS

4.1 Nuevos materiales compuestos

Se obtuvo una gama de nuevos materiales compuestos (composites); los cuales están constituidos por fibras naturales de tipo vegetal procedentes de diferentes clases de biomasa y por una matriz inorgánica a base de cementos magnésicos.

Para la obtención de nuevos materiales “a escala de laboratorio” ha sido fundamental la Ingeniería Química; ya que permite el estudio y optimización de la reacción heterogénea de fraguado que permite dicha valorización. Así mismo, permite adaptar las características físico-químicas (tamaño, agua retenida, superficie específica,...) de los materiales de partida por medio de diferentes operaciones unitarias (corte, cribado, molienda, secado,...).

Una vez conformados los materiales se determinaron sus características técnicas retroalimentando el proceso en lazo cerrado de cara a la mejora de los materiales compuestos obtenidos.

Optimizado el proceso a pequeña escala es necesario el papel del Ingeniero Industrial para escalar el proceso; ya que los aspectos fundamentales a tratar ahora pasan a ser: los dispositivos electro-mecánicos y el tipo de maquinaria necesarios, la eficiencia energética del proceso, la automatización de la fábrica, etc.

4.2 Soluciones técnicas de alta eficiencia

Dos de los aspectos que primarán en la Arquitectura del presente y del futuro son la eficiencia energética y la acústica arquitectónica.

La primera permitirá enormes ahorros en calefacción y climatización, en definitiva, ahorro económico para el usuario final y ahorro energético a gran escala para el Desarrollo de la Humanidad. Esta eficiencia energética, no sólo se logrará mejorando la envolvente de los edificios, sino también empleando las soluciones aislantes adecuadas a cada caso; primando en este último aspecto las elaboradas a partir de materiales naturales de bajo impacto ambiental que presenten bajos coeficientes de conductividad térmica (Pereiro, 2010-a).

La acústica arquitectónica se centra en el control del ruido en los edificios en que trabajamos y vivimos; de tal modo que permitirá acondicionar locales, oficinas, restaurantes, etc. reduciendo la contaminación acústica generada por diferentes actividades (diálogos entre personas, ruido de motores,...). Las soluciones constructivas en estos casos pueden ser de diversa índole: revestimientos de techos y paredes, trasdosados, resonadores,... Algunos ejemplos en base a los resultados acústicos obtenidos sobre los materiales objeto de este estudio se muestran en la literatura (Lorenzana et al., 2004; Lorenzana, Alba & Ramis, 2005; Lorenzana & Machimbarrena, 2006).

No obstante, las soluciones técnicas obtenidas a partir de los materiales compuestos avanzados reseñados en el presente artículo no sólo se caracterizan por las altas prestaciones que presentan a nivel térmico y acústico, sino por un compendio de aspectos técnicos, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Principales beneficios de las soluciones técnicas desarrolladas a partir de nuevos materiales compuestos elaborados con biomasa

Característica Técnica	Prestación
- Ligereza	No se carga la estructura del edificio.
- Permeabilidad	Se evitan condensaciones y se permite una respiración activa.
- Estabilidad dimensional	Se pueden emplear en ambientes húmedos.
- Aislamiento térmico	$K < 0,10 \text{ W/m K}$. Ahorro en energía de calefacción y climatización.
- Absorción acústica	Se pueden emplear con resultados altamente satisfactorios como falsos techos o revestimientos acústicos y a modo de resonadores; acondicionando acústicamente obra nueva o rehabilitaciones.
- Mecanizado sencillo	Colocación modular, rápida y sencilla (con tornillería, perfilera o masillas de fijación).

4.3 Impactos positivos sobre el Medio Ambiente

El proyecto presentado además de fomentar la Arquitectura Sostenible, aporta SIMULTÁNEAMENTE VARIOS EFECTOS POSITIVOS sobre el medioambiente.

- Reducción de la cantidad de residuos.

A título ilustrativo, el acondicionado de 100 m^2 de una estancia con este tipo de soluciones técnicas permite (si se emplean planchas de cortezas) la desaparición de más de media tonelada de residuo de aserradero de madera. Es fundamental reseñar que, a diferencia de una valorización energética, en este caso, no se ha destruido el material de partida; sino que a través de una adecuada ingeniería de procesos se le ha dado un mayor valor añadido evitando asimismo emisiones indeseables a la atmósfera.

- Reducción de la contaminación acústica.

Estas nuevas soluciones técnicas ofrecen unas “curvas características” que nos muestran la absorción acústica generada por cada una de ellas a distintas frecuencias; de tal modo que el área bajo la curva sería el equivalente al ruido eliminado por absorción. Ello nos permitirá seleccionar la distancia a la que se deberá colocar el material de la partición o techo (ver Figura 6—izquierda—). Así mismo, ahondando en este tipo de estudios, se pueden facilitar ábacos de frecuencia, de tal modo que para una frecuencia de resonancia dada el prescriptor pueda seleccionar el espesor de material óptimo para el acondicionamiento acústico deseado (ver Figura 6—derecha—). Las diferentes caracterizaciones se realizaron conforme a la norma UNE EN ISO 10534-2:2002 (AENOR, 2002).

- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

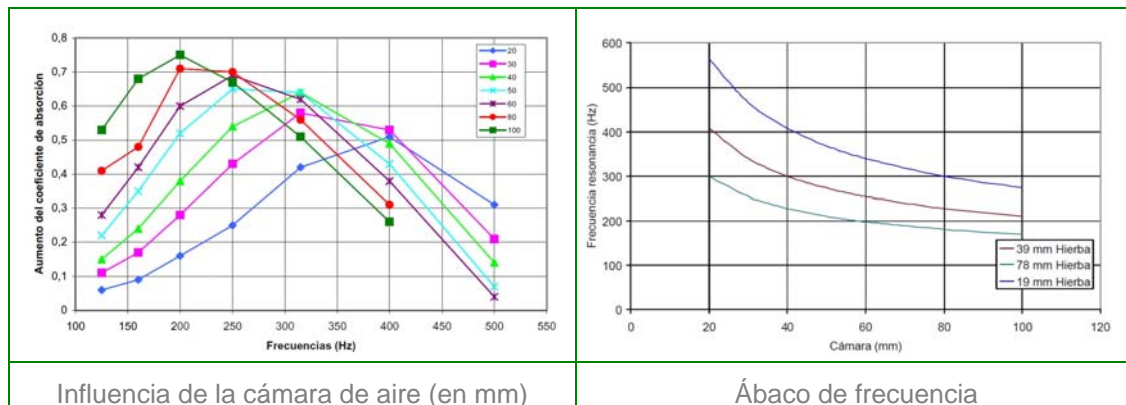
El uso de nuevos minerales para la obtención de aglomerantes de tipo cementante puede permitir una alternativa que evite emisiones de efecto invernadero tan considerables como las correspondientes a la Industria del Cemento Pórtland.

- Reducción de la emisión de COVs.

El empleo de ligantes naturales como los cementos de periclasa a base de magnesitas y cloruros de magnesio suponen una alternativa a los aglomerantes habituales en el sector de la madera y sus derivados; lo que evitaría por un lado la emisión de grandes cantidades de compuestos orgánicos volátiles (COV's) como los formaldehídos a la atmósfera, y por otro,

podría facilitar la desaceleración industrial en el uso del gas natural y el petróleo para estos fines.

Figura 6: Ejemplo de acústica arquitectónica obtenida para un material compuesto a base de hierbas aglomeradas con cementos magnésicos



(Lorenzana et al., 2004, fig. 3)

(Lorenzana, Alba & Ramis, 2005, fig. 5)

- Reducción de la deforestación.

Finalmente, y teniendo en cuenta que el consumo mundial de madera es aproximadamente de unos 3.23 billones de metros cúbicos al año (FAO, 1999), no hay que olvidar que el empleo de nuevas biofibras de tipo vegetal puede suponer en diversos ámbitos (decoración, construcción, acústica, embalajes,...) una alternativa a los recursos madereros; lo que se traduciría en un freno a la deforestación tan voraz que el ser humano ha llevado a cabo en los últimos años.

5. CONCLUSIONES

Se ha mostrado una alternativa para la obtención de nuevos materiales y a su vez nuevas soluciones constructivas de altas prestaciones, basada en una Ingeniería Ambiental y en la valorización de recursos naturales y deshechos industriales.

En los tiempos que corren, no sólo la construcción debe ser sostenible; sino también todas las acciones del ser humano. En dicho marco de actuación, la presente comunicación narra un ejemplo de buenas prácticas en la obtención de productos innovadores para el sector de la edificación, sin descuidar los impactos que el nuevo proceso industrial puede provocar en el hábitat.

Con el uso de la tecnología descrita se consiguen diferentes sinergias positivas sobre el medioambiente (reducción de emisiones contaminantes y de residuos, ahorro energético,...) a lo que habría que sumar el impulso que puede proporcionar a la Economía y a la Sociedad este tipo de iniciativas de base tecnológica que emplean como sólidos pilares la innovación y la sostenibilidad.

6 REFERENCIAS

AENOR (2002). Norma UNE EN ISO 10534-2:2002. Acústica. Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia, Parte 2: Método de la función de transferencia. Madrid, España: Asociación Española de Certificación y Normalización.

- Baeza, R. (2008). *Impacto de la propuesta de Directiva ETS 2013-2020 en el sector cementero europeo. Conclusiones-Enfoque en España*. Mesa Técnica: Calentamiento Global. I Congreso Nacional de la Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente, Madrid, España: The Boston Consulting Group.
- Branchenführer Innovative Biowekstoffe (2009). *Business directory for Innovative Biomaterials*. Hochschule Bremen University of Applied Sciences, the Agentur for Communication Scheben Scheurer & Partner (SSP), Nova Institut for Ecology and Innovation. Hürth, Germany: nova-Institut GmbH.
- European Environment Agency (2008). *Energy and environment report 2008*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. doi:10.2800/10548.
- FAO (1999). *State of the World's Forest*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy: Communication Division FAO.
- IENICA: *Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications* (1999). FAIR Programme, DG XII of the European Commission (February 1999). United Kingdom: Alternative Crops Technology Interaction Network (ACTIN).
- Instituto de Cerámica de Galicia (2004). *Reducción de la contaminación acústica empleando residuos autóctonos*. Premio Galicia - Medio Ambiente 2004, Consellería de Medio Ambiente, Xunta de Galicia. Santiago de Compostela, España: Instituto de Cerámica de Galicia (ICG).
- Juliá, E. (2008). *Modelización, simulación y caracterización acústica de materiales para su uso en acústica arquitectónica*. Ph. D. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Alcoy, España. Obtenido de Repositorio Institucional UPV.
- Lloyd, E. H., & Seber, D. (1996). *Bast fiber applications for composites*. HEMPOLOGY.ORG-The study of hemp. Bellingham, WA: United States.
- López, P. (1981). La influencia del contenido de magnesia activa en la magnesita calcinada cáusticamente sobre la resistencia mecánica del cemento magnesiano. *Revista CEMENTO-HORMIGÓN*, 52(570), 444-476.
- Lorenzana, T., García, D., Álvarez, J. A., Alonso, G., & González, J. (2004). Propiedades acústicas de materiales obtenidos de productos ecológicos, 35º Congreso Nacional de Acústica, TECNIACÚSTICA 2004, Guimarães, Portugal.
- Lorenzana, T., Alba, J., & Ramis, J. (2005). Modelos acústicos para caracterizar materiales obtenidos a partir de productos ecológicos, 36º Congreso Nacional de Acústica, TECNIACÚSTICA 2005, Terrassa, España.
- Lorenzana, T., & Machimbarrena, M. (2006). Acoustical research about ecological materials, *Proc. of EURONOISE 2006*, Structured Session Sustainable Materials for Noise Control, Tampere, Finland.
- Marchán, C., Regueiro y González, M., & Rubio, J. (2007). *Informe Magnesitas 2007. Panorama Minero*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME)— Dirección General de Política Energética y Minas. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid, España: IGME.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle. Remaking the way we make things*. New York, NY, United States: North Point Press.
- Miravete, A. (1994). *Los nuevos materiales en la construcción*. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España: Antonio Miravete.

- Museo de la Ciencia de Valladolid (2009). *Un hombre tranquilo y su r-evolución*. [Exposición Darwin VIVE, Noviembre de 2009]. Valladolid, España: Museo de la Ciencia de Valladolid, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología y Obra Social de Caja España.
- Pereiro, G. (2004). *Obtención de nuevos materiales para construcción*. Ph. D. Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, España: Servizo de publicacións e intercambio científico de la USC.
- Pereiro, G. (2006). *Nuevas Soluciones Técnicas en Arquitectura Bioconstructiva*. Accésit de Investigación Fundación Escuela de la Edificación 2006. Fundación Escuela de la Edificación, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid y Gas Natural SDG. Madrid, España: Gabriel Pereiro.
- Pereiro, G. (2009-a). *Composites a partir de fibras vegetales: Una alternativa sostenible en el modo de construir*. Ciclo de Conferencias: "XII Avances en Ciencia y Tecnología". Real Academia Gallega de Ciencias, Santiago de Compostela, España.
- Pereiro, G. (2009-b). La ingeniería de procesos al servicio del desarrollo sostenible, *Revista MÁS QUE ENERGÍA, La revista de las energías alternativas de Galicia*, 12, 22-23.
- Pereiro, G. (2009-c). Tecnología Biomasa-Cemento. *Bloque Temático 3, Sistemas, Tecnologías y Productos (Sesión 2)*. I Congreso Internacional de Arquitectura Sostenible, Valladolid, España.
- Pereiro, G. (2010-a). Fomento de la eficiencia a través del empleo de materiales de nueva generación. *Programa de Promoción Científica*, KNX Internacional Forum 2010, Madrid, España.
- Pereiro, G. (2010-b). Protección y cuidado del entorno a través de la ingeniería y los recursos naturales. *Sesión III: "Evaluación y Gestión Ambiental en el S. XXI"*. I Congreso Estatal de Sostenibilidad. Ambientalia - 2010, Madrid, España.
- Pereiro, G. (2010-c). Valorización de residuos industriales. *Sesión IV: "Tecnologías Ambientales. I+D+i+MA"*. I Congreso Estatal de Sostenibilidad. Ambientalia - 2010, Madrid, España.
- Pérez, A. F. (2008). Los nuevos materiales en la arquitectura. *Revista electrónica E-MAIL EDUCATIVO*, 1(1). Obtenido de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/email/article/view/1186>
- Thiengburanatham, P., Lieorungruang, V., Bhromsiri, A., & Wattanuchariya, W. (2006). Sustainable Supply Chain of Construction Products and Materials: A Case Study of Natural - Fiber Cement Wall Products. *Chiang Mai University Journal*, 5(2), 153-162.
- Ulrich, A., & Richards, M. (2007). *Final Report-Research and Innovation: The Status of Canadian Biofibers*. Saskatoon, SK, Canadá: Biolin Research Inc.
- Youngquist, J. A., English, B. E., Scharmer, R. C., Chow, P., & Shook, S. R. (1994). *Literature review on use of nonwood plant fibers for building materials and panels* (General Technical Report FPL-GTR-80). Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Secretaría XIV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.
Phone: (+ 34) 981 563 100 ext. 16857
E-mail: Pereiro.gabriel@gmail.com
URL: www.icg.edu.es