

# RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO EN LA CONSTRUCCIÓN

Además de la industria de construcción y transporte, muchos productos absorbentes de ruido están siendo utilizados en aplicaciones como vías de ferrocarril para la amortiguación del sonido. Habitualmente estos productos contienen fibra de vidrio o materiales de naturaleza mineral como la lana de vidrio e incluso polímeros como la fibra de poliéster.

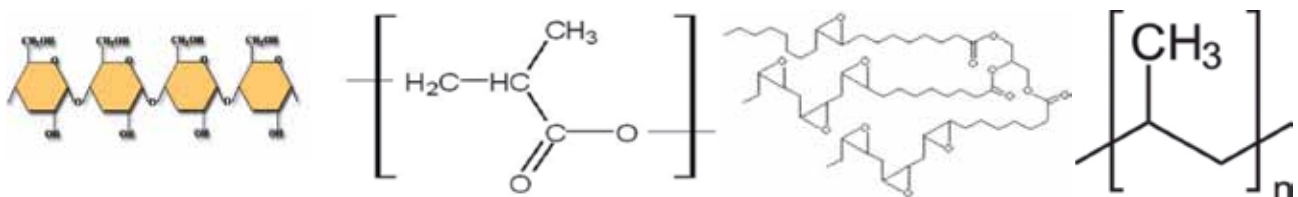


Figura 1. Estructura de distintos polímeros utilizados en la producción de biocomposites, de izquierda a derecha: almidón; polihidroxibutirato; aceite de soja epoxidado; polipropileno.



Figura 2. Materiales útiles para el refuerzo de biocomposites: fibra de madera (arriba izquierda); fibra de lino corta (arriba centro); mat de lino punzonado (arriba derecha); tejido tafetán de yute (abajo izquierda); tejido de lino unidireccional (abajo centro); tejido de lino tridimensional (abajo derecha).

SERGIO FITA,  
AIMPLAS, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PLÁSTICO

La lana de fibra de vidrio y poliéster no son materiales biodegradables, causando contaminación sobre el medioambiente. Además, contribuyen de manera significativa al

aumento de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), favoreciendo el calentamiento global. En cambio, existen productos de origen biológico como las fibras naturales, la cáscara de arroz y el corcho que se pueden considerar como los materiales más adecuados por sus característi-

cas de aislamiento acústico y térmico. Es por ello que hoy en día debido a una mayor concienciación ambiental, presiones legislativas, reducción de polímeros sintéticos y aumento de precios, las empresas están explorando el uso.

**BIOCOMPOSITES**

**Materias primas**

Los biocomposites se definen habitualmente como materiales en los que al menos uno de los componentes (polímero y refuerzo) se puede considerar de origen biológico<sup>1</sup>. En la figura 1 se muestran las estructuras químicas de distintos polímeros de origen fósil o biológico que pueden ser utilizados para el procesado de este tipo de productos.

En lo que respecta a los refuerzos, en la figura 2 se pueden apreciar algunas presentaciones típicas de las fibras naturales que pueden ser empleadas para el refuerzo de biocomposites.

**Aislamiento térmico y acústico**

Los productos de origen biológico se pueden considerar como los materiales más adecuados desde el punto de vista del aislamiento acústico y térmico debido a su bajo coste, ligereza, reducción de la polución y a su eficiencia como materiales absorbentes del sonido. A diferencia de la fibra de vidrio, la estructura tubular hueca de las fibras naturales proporciona unas mejores propiedades de aislamiento acústico y térmico. El coeficiente de absorción del sonido aumenta a medida que se reduce el diámetro de la fibra natural<sup>2</sup>.

**Propiedades de aislamiento acústico**

Los ensayos de absorción del sonido de las fibras naturales muestran que el lumen de las fibras permite adoptar frecuencias o modos de absorción más diversificados para atenuar la energía de la onda acústica incidente. En la figura 3 se muestra una representación esquemática de la estructura de las fibras de las plantas.

Estos lúmenes de las fibras incluyen nanofibras en su estructura que dan como resultado vibraciones adicionales que facilitan una mayor disipación de la energía acústica.

Por lo tanto, en comparación con la construcción regular y sólida de la fibra de vidrio, las fibras naturales son materiales más porosos que contienen muchas cavidades de aire conectadas. En la figura 4 se muestra la estructura única de las fibras naturales.

Estas cavidades de aire son las principales responsables de la absorción de la

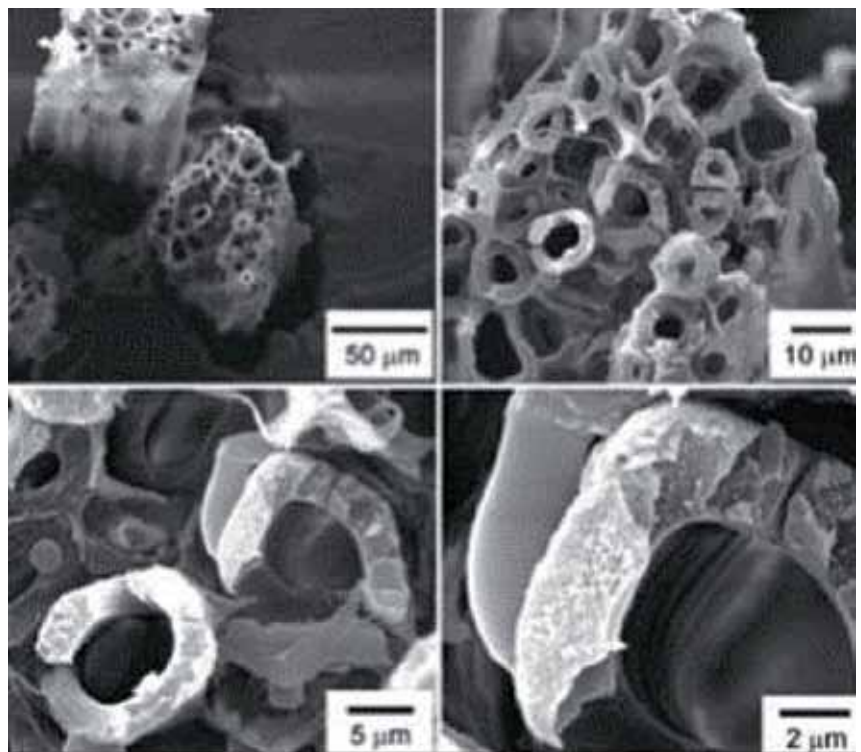


Figura 4. Estructura de la subfibra dentro del haz de fibras.

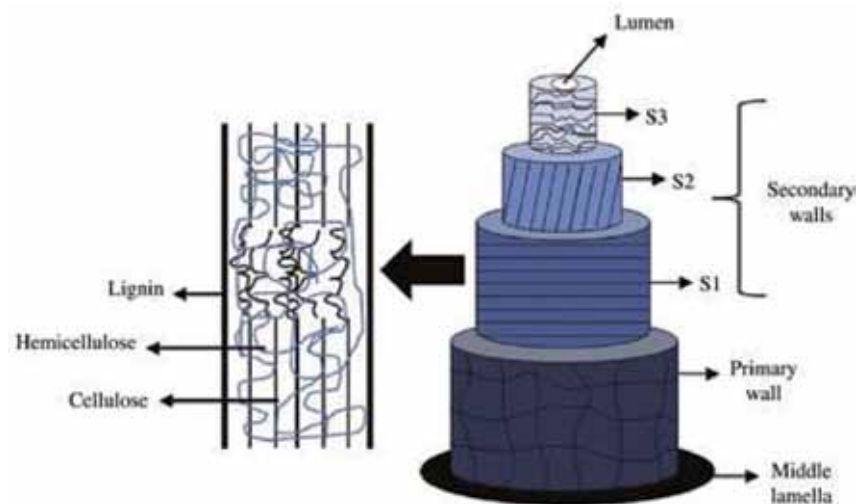


Figura 3. Representación esquemática de la estructura de las fibras de las plantas.

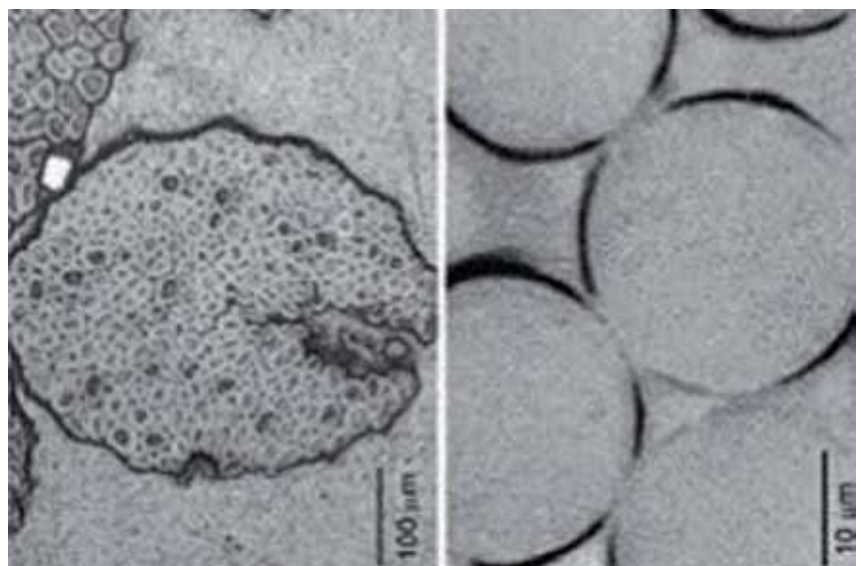


Figura 5. Estructura de las fibras: fibras naturales (izquierda); fibra de vidrio (derecha).

**Tabla 1. Propiedades acústicas de materiales tradicionales y basados en fibras naturales**

Material	Espesor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Coeficiente de absorción <sup>1</sup>				NRC <sup>2</sup>
			250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
Lana de vidrio	50	50	0.45	0.65	0.75	0.80	0.663
Lana de roca	50	80	0.29	0.52	0.83	0.91	0.638
Poliestireno	50	28	0.22	0.42	0.78	0.65	0.518
Poliuretano	50	30	0.30	0.68	0.89	0.79	0.665
Fibras de madera mineralizadas	50	470	0.25	0.65	0.60	0.55	0.513
LECA3	50	460	0.66	0.94	1.00	0.81	0.853
Granos de caucho	5	1400	0.20	0.82	0.50	0.56	0.520
Poliéster	45	20	0.56	0.85	0.98	0.95	0.835
Lana de oveja	60	25	0.24	0.38	0.62	0.84	0.520
Fibras de cáñamo	40	40	0.59	0.60	0.56	0.52	0.568
Fibras de kenaf	50	50	0.48	0.74	0.91	0.86	0.748
Lino	35	43	0.66	0.84	0.79	0.53	0.705
Fibras de coco	35	70	0.28	0.40	0.64	0.74	0.515
Celulosa	50	28	0.60	0.90	0.75	0.53	0.695

1 El Coeficiente de Reducción del Ruido (comúnmente abreviado en inglés como NRC) es una representación escalar de la cantidad de energía del sonido absorbida cuando interacciona con una superficie particular. Un NRC de 0 indica reflexión perfecta; un NRC de 1 indica absorción perfecta.

2 El coeficiente de absorción del sonido de un material describe su capacidad para absorber el sonido y se mide sobre un número de frecuencias específicas. El resultado se expresa como un número comprendido entre 0 y 1, donde 0 hace referencia a una reflexión total y 1 a una absorción total. Si el coeficiente se multiplica por 100, el valor proporciona un porcentaje del sonido incidente que es absorbido.

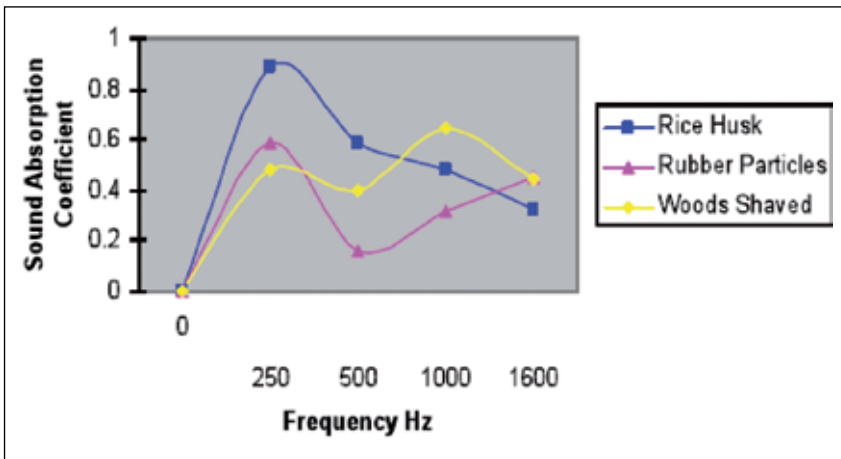


Figura 6. Coeficiente de absorción acústica de la cáscara de arroz comparado con materiales convencionales como el caucho y la madera.



Figura 7. Estructura celular del corcho.

energía acústica, como consecuencia de una mayor fricción que se crea entre las ondas acústicas y las paredes internas de las celdas que lleva a una disipación de la energía. En la figura 5 se muestra una comparativa de la sección transversal de las fibras naturales con respecto a otras fibras sintéticas como la de vidrio.

En la tabla 3 se muestran las propiedades acústicas<sup>3</sup> para un amplio rango de materiales naturales comparados con algunos productos convencionales uti-

lizados para el aislamiento acústico y/o térmico.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, las fibras de kenaf y cáñamo presentan una baja densidad y sus propiedades de aislamiento acústico son similares a las de materiales convencionales como la lana de vidrio o la fibra de poliéster. Además, los modos de vibración anteriormente mencionados en las fibras naturales que atenúan la energía acústica, las convierte

en mejores materiales para la absorción a bajas frecuencias.

Existe otro tipo de residuos agrícolas que presentan unas excelentes propiedades para el aislamiento acústico. Un ejemplo es la cáscara del arroz, que muestra una capacidad de absorción del sonido muy elevada a bajas frecuencias<sup>4</sup> comparada con otras fibras naturales y materiales convencionales como el vidrio o la lana de poliéster como se puede apreciar en la figura 6. Esto hace de la cáscara de

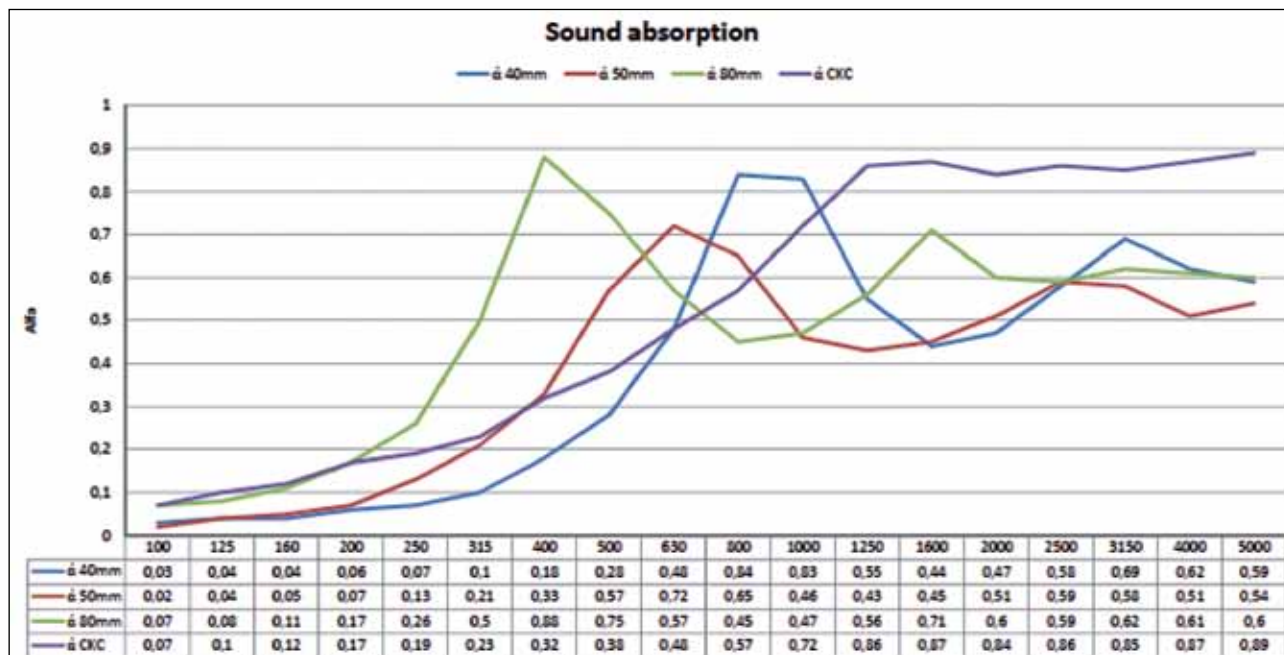


Figura 8. Coeficientes de absorción para distintos espesores a un panel de corcho con aplicaciones de aislamiento.

Tabla 2. Propiedades térmicas de materiales naturales frente a materiales aislantes tradicionales

Material	Conductividad térmica (W/mK)
Cáscara arroz	0.036
Cáñamo	0.040
Kenaf	0.044
Fibra coco	0.043
Lana oveja	0.044
Lana madera	0.065
Corcho	0.039
Celulosa	0.037
Lino	0.040
Lana vidrio	0.040
Lana roca	0.045
Poliestireno expandido	0.031

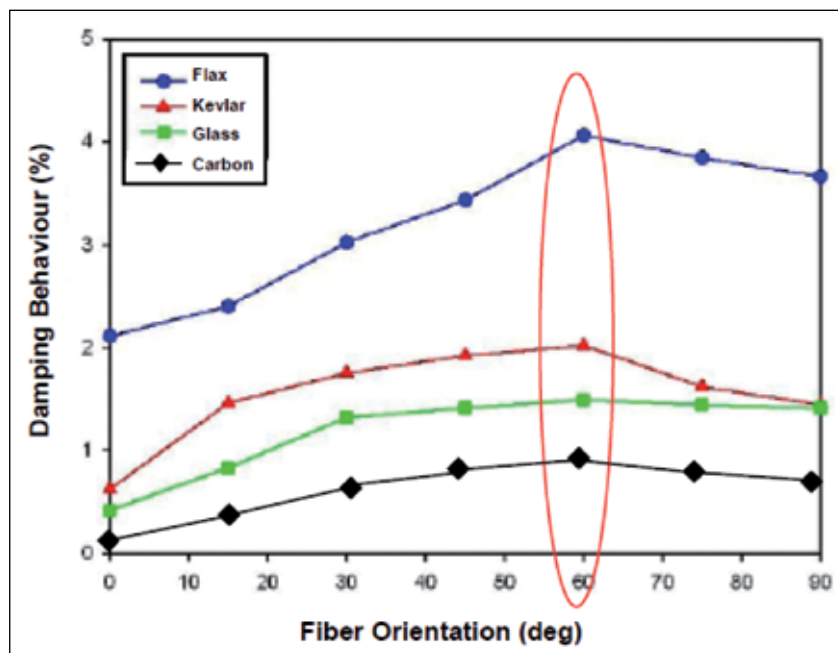


Figura 9. Capacidad de amortiguación de las vibraciones de algunas fibras naturales y su comparativa con respecto a otros refuerzos convencionales (Fuente: Líneo n.v)<sup>9</sup>.

arroz una buena solución para el desarrollo de paneles en combinación de otras fibras naturales y, de esta forma, reducir el ruido en un amplio rango de frecuencias del sonido.

Ya se ha comentado al comienzo de este artículo que el corcho es otro material de origen renovable que presenta excelentes propiedades acústicas<sup>5</sup>. El corcho es uno

de los materiales naturales más versátiles que se conoce. El corcho es muy ligero, presenta densidades comprendidas entre los 40 y los 100 kg/m<sup>3</sup>, es elástico e impermeable a gases o líquidos, imperecedero y buen aislante eléctrico, así como aislante térmico, al sonido y vibracional.

También es un material dieléctrico. Como material celular sus propiedades únicas sur-

gen de su estructura de celdas cerradas, tal como se puede apreciar en la figura 7.

Las propiedades acústicas del corcho derivan de los componentes gaseosos encerrados en pequeños compartimentos impermeables contenidos en su estructura y aislados unos de otros gracias a una sustancia resistente a la humedad. Hoy en día los productos de corcho se utilizan en



Figura 10. Algunos ejemplos de aplicaciones de biocomposites en el sector de construcción: modelos de fachada con paneles de resina de poliéster insaturado y fibras naturales (a); modelo de falso techo y escritorio con paneles de fibra de pasto y resina fenólica (b); panel monolítico elaborado a partir de bioresinas y fibras naturales (c); refugio temporal elaborado a partir de paneles de mat de bambú y cáscara de arroz (d); prototipo de fachada ventilada desarrollado en el marco del proyecto OSIRYS (e); paneles con cáñamo para el aislamiento térmico de casas (f).

el aislamiento acústico en submarinos y estudios de grabación, así como en paneles interiores en la industria del ferrocarril. En la figura 8 se muestran los coeficientes de absorción acústica<sup>6</sup> para distintos espesores de un panel de corcho destinado al aislamiento.

Como se puede apreciar en la figura anterior, las propiedades de absorción acústica del corcho son mejores para frecuencias medias y altas. Además, cuanto mayor es el espesor del panel de corcho, mejores son los valores de aislamiento acústico.

### Propiedades de aislamiento térmico

En lo que respecta a las propiedades de aislamiento térmico, las fibras naturales muestran valores de conductividad térmica que están en el rango de materiales tradicionales empleados en la industria del transporte y de construcción como el vidrio o la lana de roca. La cáscara de arroz también presenta una conductividad térmica muy baja, comparable con la de materiales convencionales que le confiere un gran potencial para su utilización como material de construcción. Igual ocurre en el caso del corcho.

En la tabla 2 se muestran de forma comparativa las propiedades térmicas de las fibras naturales frente a materiales convencionales<sup>7</sup>.

Este comportamiento equiparable de las fibras naturales al de los materiales tradicionales en cuanto a su conductividad térmica, también se pone de manifiesto en los composites que contienen este tipo de fibras y residuos.

### Amortiguación de las vibraciones

Generalmente, el amortiguamiento vibracional asociado a las estructuras de composite reforzadas con fibras es mayor que

el de las estructuras metálicas convencionales debido a su comportamiento viscoelástico, a la interacción fibra-matriz y al amortiguamiento debido al daño<sup>8</sup>.

Los mecanismos de amortiguamiento en los composites de fibras naturales difieren por completo del de los materiales convencionales, y la disipación de la energía depende de factores como la naturaleza viscoelástica de la matriz y/o fibra, de la interfase y de las características viscoplásticas.

En la figura 9 se muestra la capacidad de amortiguación de las vibraciones de distintos tipos de fibras naturales y su comparativa con respecto a otras fibras sintéticas en función de la orientación de la fibra.

Como puede apreciarse en la figura anterior, las fibras naturales como el lino muestran una mayor capacidad de amortiguación de las vibraciones comparadas con otros refuerzos tradicionales como la fibra de vidrio o carbono.

### Aplicaciones

Los biocomposites reforzados con fibras naturales, han presentado un interés creciente en los últimos años. Algunos ejemplos de biocomposites que se utilizan actualmente incluyen, piezas interiores para la industria de automoción, dispositivos eléctricos y electrónicos, artículos deportivos y productos para la construcción. En la actualidad existen muchas empresas e institutos de investigación que están haciendo un gran esfuerzo para potenciar el uso de los polímeros reforzados con fibras naturales en distintos sectores de aplicación. Piezas para sectores como el naval, industria del automóvil, transporte público, mobiliario urbano y energía, son algunos ejemplos.

Dentro del sector de construcción se pueden encontrar algunos ejemplos de aplicaciones de biocomposites, tal y como se muestra en la figura 10.

Muchos de estos biocomposites, entre los que se encuentran paneles, no contienen sustancias peligrosas como las utilizadas actualmente en los paneles convencionales. Además son más ligeros, lo que ayuda a ahorrar combustible durante su transporte. Esta reducción de peso, junto con la posibilidad de reciclarlos al final de su ciclo de vida útil, son factores



Figura 11. Demo buildings que se están desarrollando en el marco del proyecto OSIRYS: Bloque de viviendas de protección oficial en San Sebastián (arriba); espacio multiusos para un centro deportivo en Estonia (abajo).

muy importantes a la hora de definir si los productos son compatibles desde el punto de vista ecológico. Otro aspecto importante es que estos biocomposites se pueden formular para que cumplan con las propiedades de resistencia al fuego requeridas. Los biocomposites tienen además unas adecuadas propiedades de aislamiento acústico.

En el caso de proyectos de I+D relacionados con el sector de la construcción, AIMPLAS ha participado en el proyecto europeo OSIRYS<sup>10</sup>. En este proyecto se ha desarrollado un prototipo compuesto por un panel exterior, elaborado a partir de resina epoxi de tipo bio

y yute como refuerzo. El módulo multicapa es el núcleo del sistema y contiene bio-espumas, láminas termoplásticas ignífugas y perfiles pultruidos, que proporcionan las propiedades térmicas, acústicas, ignífugas y mecánicas requeridas. El acabado interior está constituido también por materiales de tipo bio y presenta un revestimiento activo que confiere mejoras significativas en el ambiente interior. En la figura 11 se muestran los dos demo buildings que se están realizando en la actualidad en el proyecto OSIRYS para demostrar la viabilidad de los composites desarrollados. ◀

### NOTAS

1. Fowler P, Hughes M., Elias M. Review Biocomposites: Technology, Environmental Credentials and Market Force". J. Sci. Food Agric. 86: 1781-1789, 2006.
2. Zhu X., Kim B-J., Wang Q., Wu Q. "Recent advances in the sound insulation properties of bio-based materials". Bioresources 9(1): 1764 – 1786 (2014).
3. F. Asdrubali: "I materiali acustici sostenibili"; Lettura magistrale, Scuola di Acustica dell'Università di Ferrara, Ferrara, 15 novembre 2012.
4. Mahzan @ Mohd Zin, Shahrudin and Ahmad Zaidi, Ahmad Mujahid and Ghazali, Mohd Imran and Yahya, Musli Nizam and Ismail, Maziah (2009) Investigation on sound absorption of rice-husk reinforced composite. In: Proceedings of MUCEET2009 Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology, 20-22 June 2009, MS Garden, Kuantan, Pahang, Malaysia.
5. Rider, Traci Rose, Glass, Stacy (Stacy N.), 1970- and McNaughton, Jessica Understanding green building materials (1st ed). W.W. Norton & Co, New York, 2011.
6. [online]. < <http://www.amorimisolamentos.com/en/advantages/three-advantages/>>. [Consulted: December 3, 2014].
7. Asdrubali F, Schiavoni S., Horoshenkov K.V. "A review of sustainable materials for acoustic applications". Journal of Building Acoustics 19(4): 283-312 (2012).
8. Senthil Kumar K., Siva I., Jeyaraj P, Winowlin Jappes J.T., Amico S.C., Rajini N. "Synergy of fiber length and content on free vibration and damping behavior of natural fiber polyester composite beams". Materials and Design, 56: 379 – 386 (2014).
9. LINEO – FLAX PREPREG PrePreg made of Flax Fibers / Epoxy Resin". TDS-FLAXPLY© – 27 February 2010 - V01.
10. <http://osirysproject.eu/>