

ANÁLISIS DEL USO DEL CORCHO EN DIFERENTES MONTAJES PARA SU USO COMO ABSORBENTE

PACS: 43.55.Ev.

Maderuelo-Sanz, Rubén¹; Barrigón-Morillas, Juan M.²; Rey-Gozalo, Guillermo³; Atanasio-Moraga, Pedro²; Montes-González, David²; Crespo Amorós, José Enrique⁴

¹Departamento Tecnologías y Construcción Sostenible, Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción, INTROMAC. Avda. de la Universidad s/n, Cáceres, 10071. España. Tfno.: (+34) 927 181 042, Fax: (+34) 927 181 041.

E-mail: rmaderuelo@intromac.com.

²Departamento de Física Aplicada, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura. Avda. de la Universidad s/n, Cáceres, 10003, España. Tfno.: (+34) 927 257 195, Fax: (+34) 927 257 203

E-mail: barrigon@unex.es.

³Universidad Autónoma de Chile, 5 Poniente 1670, 3460000 Talca, Región del Maule, Chile;

E-mail: greyg@uautonoma.cl.

⁴ Departamento ingeniería mecánica y materiales, Universidad Politécnica de Valencia. Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, España. Tfno.: (+34) 96 652 85 04, Fax: (+34) 96 652 84 94.

E-mail: jocream@dimmm.upv.es.

Palabras Clave: Panel perforado, absorción sonora, material granular, corcho.

ABSTRACT

It is well known that granular materials like cork, vermiculite or rubber can be used as sound porous absorbers. These materials show values of absorption coefficients and sound absorption spectrums adapted to the type of noise. Subsequently, these materials have the advantage of remaining unchanged against climatic agents. In this work, we present different configurations of absorbent systems made with cork, with different granulometries, incorporating perforated plates made with aluminium or methacrylate, which serve as support to allow their use in acoustic screens, walls or ceilings. The results show that, depending on certain parameters, such as granulometry or the number of perforations, they can function as selective absorbers.

RESUMEN

Es conocido que determinados materiales granulares: corcho, vermiculita, granza de caucho, funcionan como materiales absorbentes, con coeficientes y espectros acústicos adaptados al tipo de ruido. Estos materiales, además, presentan la ventaja de permanecer inalterables frente a los agentes climáticos. En este trabajo, se presentan diferentes configuraciones de sistemas absorbentes realizados con corcho, con diferentes granulometrías, incorporando placas perforadas elaboradas con aluminio o metacrilato, que sirven de sustento para permitir su empleo en pantallas acústicas, paredes o techos. Los resultados muestran que, en función de determinados parámetros, como la granulometría o el número de perforaciones, pueden funcionar como absorbentes selectivos.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día es habitual el empleo de materiales absorbentes en diferentes aplicaciones de control de ruido y vibraciones. Estos materiales suelen ser de tipo fibroso y, debido a sus propiedades intrínsecas, físicas y mecánicas, pueden presentar diversos inconvenientes si se emplean directamente en el exterior debido, principalmente, a su exposición a los agentes atmosféricos y químicos que hacen que, con el tiempo, estos materiales fibrosos disminuyan sus propiedades acústicas de forma notable.

Numerosos trabajos han propuesto recientemente el empleo de materiales granulares como alternativa a los materiales absorbentes fibrosos. El empleo de materiales como la granza de caucho [1], el uso de arcillas expansivas como material absorbente en ambientes agresivos [2] o las ventajas que presentan relativas a su reducida masa en combinación con su elevada resistencia estructural y estabilidad química y física, a la vez de su bajo coste [3], y unas muy buenas propiedades acústicas [4,5], hacen de este tipo de materiales una alternativa a los materiales fibroso utilizados actualmente en la construcción. El comportamiento acústico de este tipo de materiales granulares depende, en gran medida, del tamaño de las partículas [6] y de los parámetros de consolidación de estos composites [5] además de que el uso de aglutinantes, en determinadas proporciones, reduce la porosidad, produciendo un aumento de la resistencia al flujo [7,8], por lo que se ve modificado su comportamiento acústico.

Así pues, con el objeto de evitar una pérdida de las propiedades acústicas de estos materiales granulares, se debe recurrir al empleo montajes que los protejan, como por ejemplo al uso de paneles perforados. Éstos suelen estar fabricados principalmente de metal, cartón o madera, formando un resonador con una cavidad de aire o plenum en la que se introducen estos materiales. Estos paneles perforados hacen las veces de contenedor de los materiales absorbentes, pudiéndose, de esta forma, emplearse en diferentes tipos de configuraciones acústicas, tipo pantallas acústicas, etc.

La propiedades acústicas de estos paneles perforados, en los que se produce el fenómeno de absorción acústica, por las pérdidas viscosas en sus poros u orificios, vienen principalmente determinadas por el tamaño de sus perforaciones, la distancia entre centros de las perforaciones, la porosidad del panel, su espesor, el material con el que se elaboran o el tamaño de la cavidad formada entre éste y una pared rígida.

La caracterización experimental de este tipo de configuraciones acústicas, determinando su coeficiente de absorción a incidencia normal, se realiza mediante medidas en tubo de impedancia según la normativa UNE EN ISO 10534-2 [9]; aunque también se puede estimar de forma aproximada mediante el empleo de modelos teóricos que se ajustan de forma satisfactoria [10], siendo estos modelos válidos únicamente en régimen lineal y para placas con una distribución regular de sus perforaciones.

En el presente trabajo se han caracterizado experimentalmente paneles perforados, elaborados con metacrilato y aluminio, de geometría simple (orificios circulares) realizando medidas en tubo de impedancia y en los que la cavidad de aire se ha rellenado con granza de corcho de diferentes granulometrías.

MATERIALES

Los materiales con los que se ha contado en este trabajo para la realización de los paneles perforados han sido el metacrilato (con una densidad de 1.082 g cm^{-3}) y el aluminio (con una densidad de 2.655 g cm^{-3}). Para cada uno de estos materiales se han elaborado 9 placas, de 100 mm de diámetro, con diferentes espesores (1, 2 y 4 mm) y diferente número de perforaciones (9, 21 y 69). Las perforaciones son circulares con un diámetro de 1 mm. En la Tabla 1 y en la Figura 1 se muestran las características estructurales de las placas.

Tabla 1. Características estructurales de las placas perforadas.

Espesor (mm)	Nº Perforaciones	Espaciado de poros (mm)	Ratio perforación (%)
1	9	31.0	0.09
	21	20.5	0.21
	69	11.0	0.69
2	9	31.0	0.09
	21	20.5	0.21
	69	11.0	0.69
4	9	31.0	0.09
	21	20.5	0.21
	69	11.0	0.69

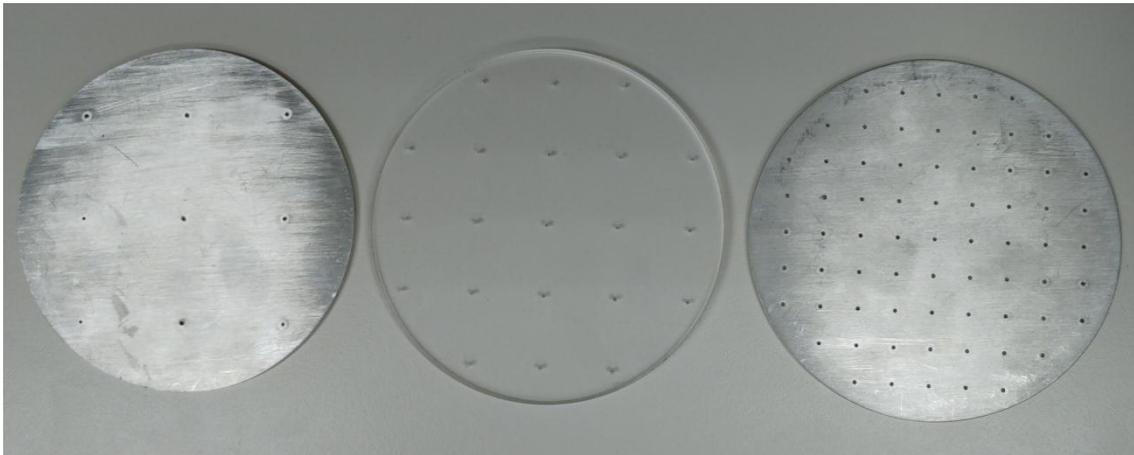


Figura 1. Imagen de algunas de las placas empleadas en este trabajo.

En cuanto al material granular utilizado, se ha empleado granos de corcho, con diferentes granulometrías, procedentes de los residuos de la industria taponera del corcho de San Vicente de Alcántara, en el suroeste de España, que han sido suministrados por CICYTEX-IPROCOR (Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón, dependiente de la Junta de Extremadura). Para la selección de las muestras a analizar se ha procedido a la separación y selección de los diferentes tamaños de granos mediante tamices, comprendidos entre 1.0 y 1.6 mm; 4.0 y 3.15 mm y 6.3 y 8.0 mm.

METODOLOGÍA

Para la caracterización acústica, se ha empleado el método establecido en la Norma UNE EN ISO 10534-2 [9]. El coeficiente de absorción acústico a incidencia normal se ha medido mediante un tubo de impedancia modelo 4206 T de Brüel & Kjaer, en el rango de frecuencias de 100 a 1600 Hz, sistema multi-analizador PULSE de 4 canales de Brüel & Kjaer, modelo 3560 C, amplificador de potencia de Brüel & Kjaer, modelo 2716 C, micrófonos ¼ de pulgada de Brüel & Kjaer, modelo 4187 y software Material Testing para Pulse de Brüel & Kjaer, modelo 7758.

Se ha empleado el tubo con diámetro de 100 mm, donde se han obtenido valores para el rango de frecuencias 100 - 1600 Hz. Se debe tener en cuenta que este método solo es válido para determinar la impedancia y el coeficiente de absorción acústica en situaciones de incidencia normal. Debido a las características de las muestras del material absorbente, granos de corcho sin aglutinar, el tubo se ha montado verticalmente para poder obtener resultados correctos.

RESULTADOS

En la Figura 2 podemos ver el coeficiente de absorción a incidencia normal del material granular empleado en las diferentes configuraciones empleadas. Se puede observar como, a medida que disminuye el tamaño de la partícula, el máximo de absorción tiende a desplazarse hacia frecuencias más bajas, aumentando de igual forma el valor de este máximo.

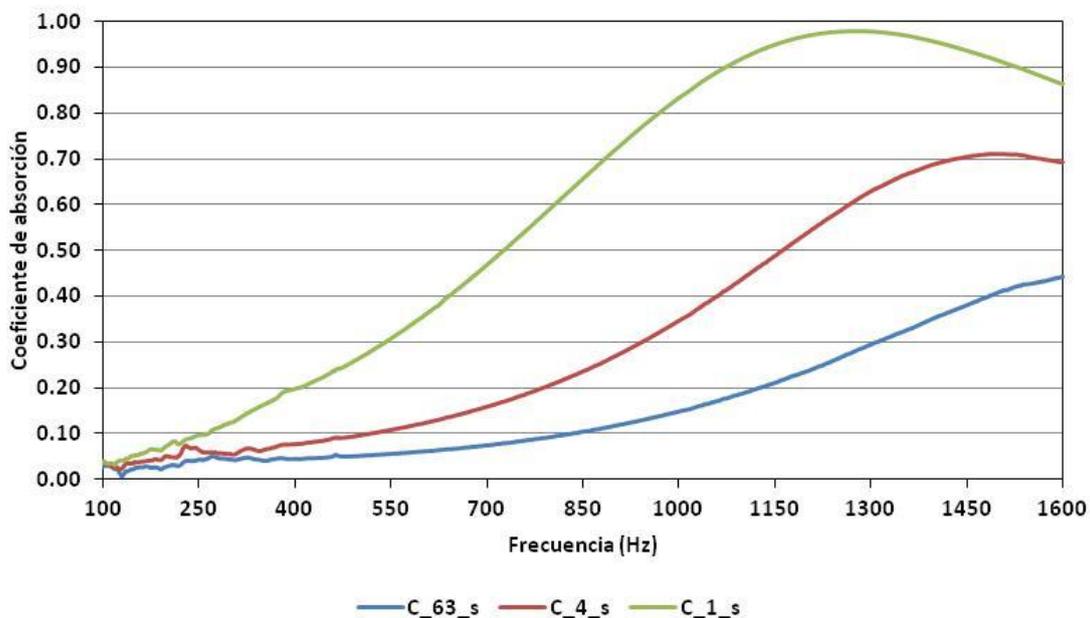


Figura 2. Coeficiente de absorción a incidencia normal de las diferentes muestras de corcho empleadas en este trabajo, entre 8.0 y 6.3 mm (C_63_s), entre 4.0 y 3.15 mm (C_4_s) y entre 1.6 y 1.0 mm (C_1_s).

Cuando sobre un material absorbente poroso granular, en el que no se ha empleado ningún aglutinante, incide una onda acústica, las partículas de este material comienzan a vibrar. Estas vibraciones causan pequeñas cantidades de calor, debido principalmente a la fricción que experimentan al rozar unas partículas con otras y a la fricción con el aire. Por lo tanto, la energía acústica incidente sufre una pequeña transformación en energía térmica, lo que se puede traducir en una disminución de esta energía acústica, que se ve reflejada en la absorción acústica del material. Cuanto menor sea el tamaño de estas partículas, mayor capacidad de fricción tendrán con las partículas colindantes, es decir mayor cantidad de calor debido a esas fricciones interpartícula, lo que supone un mayor coeficiente de absorción.

Efecto del Porcentaje de Perforación

En la Figura 3 podemos observar, para diferentes configuraciones, el efecto en el coeficiente de absorción a incidencia normal del porcentaje de las perforaciones .

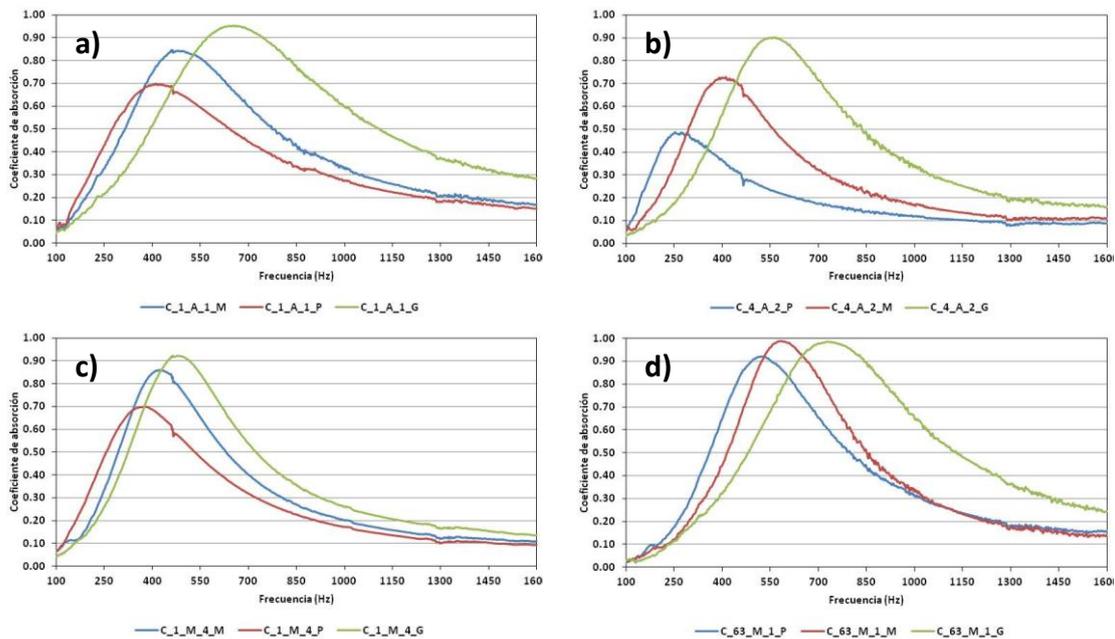


Figura 3. Coeficiente de absorción a incidencia normal de muestras con placa de aluminio; (a) de 1 mm y corcho (1.0 - 1.6 mm) y (b) de 2 mm y corcho (3.15 – 4.0 mm), y con placa de metacrilato; (c) de 4 mm y corcho (1.0 - 1.6 mm) y (d) de 1 mm y corcho (6.3 – 8.0 mm).

Los resultados muestran que, en el caso de emplear el mismo tamaño de placa y granulado de corcho, y únicamente modificando el porcentaje de perforaciones (P, M o G), conforme aumenta el porcentaje de perforaciones de la placa perforada, se produce un desplazamiento de la frecuencia de resonancia hacia frecuencias más altas, seguido por un ensanchamiento del espectro de banda ancha. Esto puede ser debido a que un aumento en el porcentaje de perforaciones da como resultado una disminución de la masa acústica de las perforaciones y por lo tanto, un aumento en la frecuencia de resonancia a la que se produce el máximo del coeficiente de absorción [11]. Este aumento en el porcentaje de perforaciones también supone un rango de

absorción mayor que en el caso de porcentajes de perforación menores. En el caso de que el ratio de perforaciones sea menor se observa un valor del máximo del coeficiente de absorción que tiende a desplazarse hacia frecuencias más bajas, obteniéndose un valor de este máximo menor conforme disminuye el número de perforaciones.

Por lo tanto, es posible ajustar el porcentaje de perforaciones así como combinarlo con un material absorbente apropiado con el objeto de poder obtener un máximo del coeficiente de absorción y una mejor absorción en un rango de frecuencias que necesitemos.

Efecto Del Material Empleado En La Placa

En la Figura 4 podemos observar el efecto del material empleado en la fabricación de las diferentes placas en el coeficiente de absorción a incidencia normal.

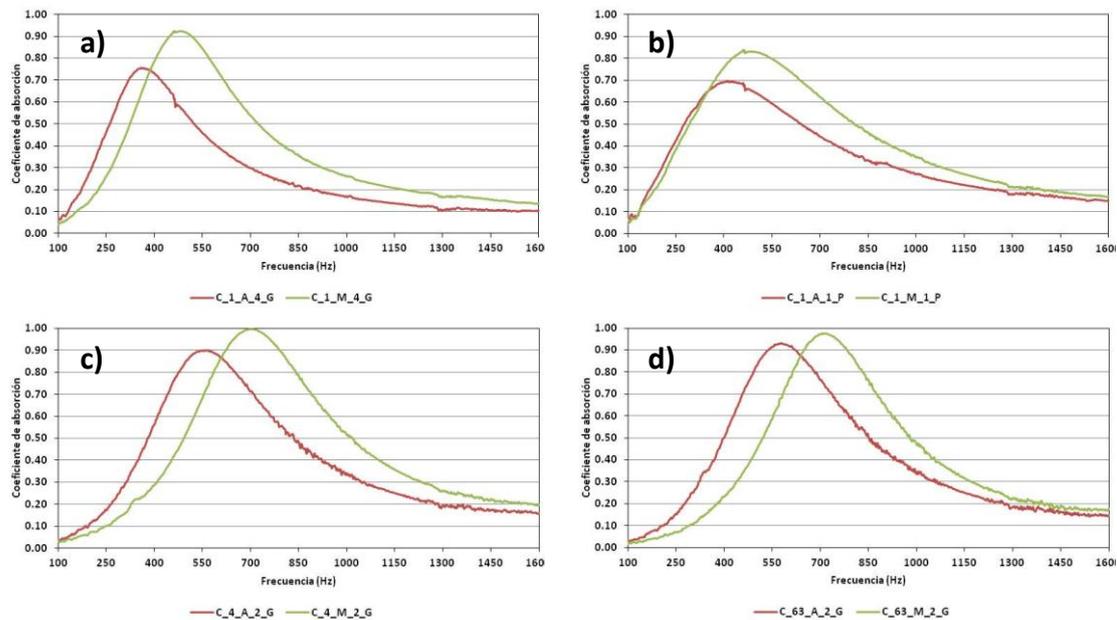


Figura 4. Coeficiente de absorción a incidencia normal de muestras con placa de aluminio y metacrilato; (a) corcho (1.0 - 1.6 mm), placa de 4 mm de espesor y 69 perforaciones, (b) corcho (1.0 - 1.6 mm), placa de 1 mm de espesor y 9 perforaciones, (c) corcho (3.15 - 4.0 mm), placa de 2 mm de espesor y 69 perforaciones y (d) corcho (6.3 - 8.0 mm), placa de 2 mm de espesor y 69 perforaciones.

Los resultados muestran que para iguales configuraciones de las muestras, el valor del máximo del coeficiente de absorción es mayor en el caso de las placas fabricadas con metacrilato, con una frecuencia de resonancia también mayor que en el caso de las placas de aluminio. De igual forma, el rango de frecuencias en el que se produce una mayor absorción es superior en el caso de las muestras de metacrilato.

Efecto Del Espesor De La placa

En la Figura 5 podemos observar el efecto del espesor de la placa perforada en el coeficiente de absorción a incidencia normal.

Los resultados nos muestran que conforme aumenta el espesor de la placa perforada, el valor del máximo del coeficiente de absorción disminuye y la frecuencia de resonancia tiende a desplazarse hacia frecuencias más bajas. Eso parece notarse de forma más evidente en el caso de las placas fabricadas con aluminio.

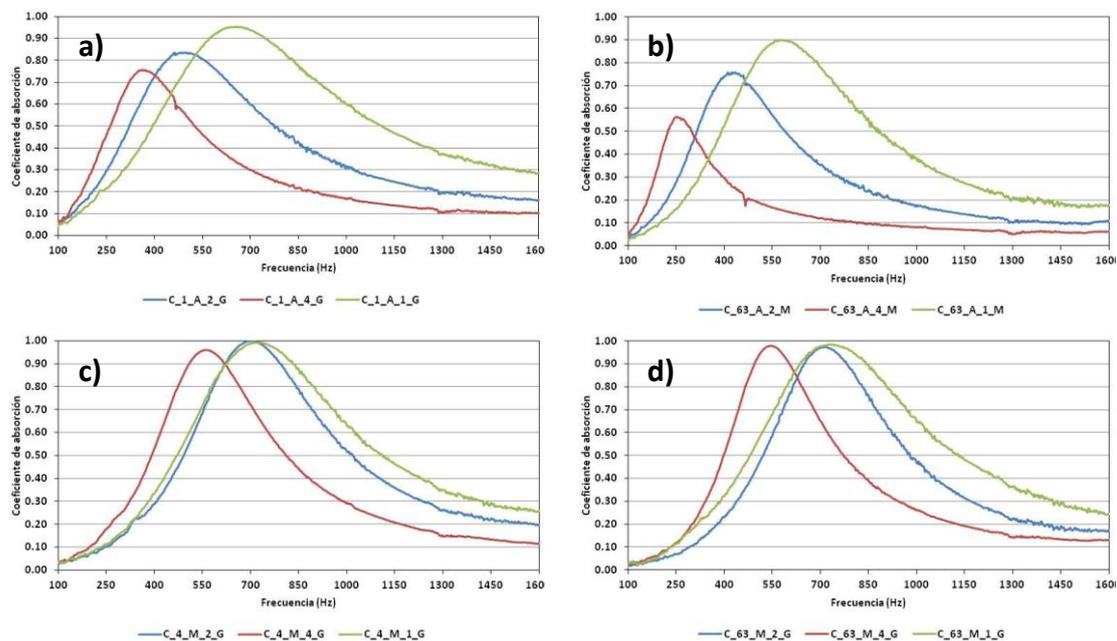


Figura 5. Coeficiente de absorción a incidencia normal de muestras con placa de aluminio; (a) de 69 perforaciones y corcho (1.0 - 1.6 mm) y (b) de 21 perforaciones y corcho (6.3 – 8.0 mm), y con placa de metacrilato; (c) de 69 perforaciones y corcho (3.15 - 4.0 mm) y (d) de 69 perforaciones y corcho (6.3 – 8.0 mm).

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha estudiado experimentalmente el comportamiento del corcho granulado como material absorbente en diferentes configuraciones con placas perforadas. Se han obtenido de forma experimental los coeficientes de absorción a incidencia normal mediante el empleo de un tubo de impedancia. Se han evaluado de igual forma los efectos que introducen en el coeficiente de absorción a partir de la variación del espesor y del material con el que se fabrica la placa perforada y la variación en el porcentaje de perforaciones. Los resultados indican que con el aumento en el porcentaje de perforaciones obtenemos un aumento en la frecuencia de resonancia y en el valor del máximo del coeficiente de absorción así como un rango de frecuencias más amplio que en el caso de ratios de perforación inferiores. También parece visible que el material con el que está fabricada la placa incide de manera notable en el comportamiento acústico de estos sistemas, tendiendo a comportarse mejor, en cuanto al rango de frecuencias que abarca el espectro de absorción, en el caso de metacrilato.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto TRA2015-70487-R (MINECO/FEDER, UE); Junta de Extremadura, Consejería de Economía e Infraestructura (GR15063); Fondo Europeo para el Desarrollo Regional (FEDER) y Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) a través del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) para investigadores de iniciación (Nº 11140043).



JUNTA DE EXTREMADURA



REFERENCIAS

- [1] Pfretzschner, J.; Rodríguez, R.M. Acoustic properties of rubber crumbs. *Pol. Test.* 1999. 18, 81-92.
- [2] Magrini, U.; Ricciardi, P. Surface sound acoustical absorption and application of panels composed of granular porous materials. *Proceedings of Inter-Noise 2000*, Nice, France, August 2000, 27–30.
- [3] Bartolini, R.; Filippozzi, S.; Princi, E.; Schenone, C.; Vicini, S. Acoustic and mechanical properties of expanded clay granulates consolidated by epoxy resin. *Appl. Clay Sci.* 2010. 48, 460–465.
- [4] Asdrubali, F.; Horoshenkov, K. On the acoustic properties of expanded clay granulates. *Build. Acoust.* 2002. 9, 85–98.
- [5] Vasina, M.; Hughes, D.C.; Horoshenkov K.V.; Lapcik, L. The acoustical properties of consolidated expanded clay granulates. *Appl. Acoust.* 2006. 67, 787–796.
- [6] Maderuelo-Sanz, R.; Barrigón-Morillas, J.M.; Gómez-Escobar, V. Acoustical performance of loose cork granulates. *Eur. J. Wood. Prod.* 2014. 72, 321-330.
- [7] Horoshenkov, K.V.; Swift, M.J. The effect of consolidation on the acoustic properties of loose rubber granulates. *Appl Acoust.* 2001. 62, 665–90.
- [8] Maderuelo-Sanz, R.; Nadal-Gisbert, A.V.; Crespo-Amorós, J.E.; Barrigón-Morillas, J.M.; Parrés-García, F.; Juliá-Sanchís, E. Influence of the microstructure in the acoustical performance of consolidated lightweight granular materials. *Acoust. Aus.* 2016. 44, 149-157.
- [9] UNE-EN ISO 10534-2:2002, Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 2: Método de la función de transferencia.
- [10] Atalla, N.; Sgard, F. Modeling of perforated plates and screens using rigid frame porous models. *J Sound Vib.* 2007. 303, 195-208.
- [11] Zhengqing, Liu; Jiaying, Zhan; Mohammad Fard; John Laurence Davy. Acoustic properties of multilayer sound absorbers with a 3D printed micro-perforated panel. *Appl. Acoust.* 2017. 121, 25–32.