

## COMPORTAMIENTO ACÚSTICO DE MATERIALES ABSORBENTES DERIVADOS DEL CORCHO

PACS: 43.55 Ev

Salguero Monago, M.A.<sup>1</sup>; Maderuelo Sanz, R.<sup>2</sup>; Barrigón Morillas, J.M.<sup>1</sup>; Martín Castizo, M.<sup>2</sup>; Gómez Escobar, V.<sup>1</sup>

1. UNEX

Departamento Física Aplicada. Escuela Politécnica de Cáceres. Universidad de Extremadura. Campus Universidad e Extremadura, Ctra. Trujillo, s/n. 10071, Cáceres. España.

Tel.: (34) 927 25 71 95, Fax: (34) 927 25 72 03

E-mail: [salguero.miguelangel@gmail.com](mailto:salguero.miguelangel@gmail.com), [barrigon@unex.es](mailto:barrigon@unex.es)

2. INTROMAC

Campus Universidad e Extremadura, Ctra. Trujillo, s/n. 10071, Cáceres. España

Tel.: (34) 927 18 10 42, Fax: (34) 927 18 10 41

E-mail: [rmaderuelo@intromac.com](mailto:rmaderuelo@intromac.com)

### ABSTRACT

One of the most typical industries in Extremadura is the cork sector. This sector carries with it the current problem of inadequate waste management, among which the cork dust. It is estimated that the average annual production of this waste is over 6000 tons in areas of transformation of Extremadura. This paper shows the results obtained of the acoustically characterization of waste materials made with different grain sizes of cork. This material has very interesting acoustic properties to be used in insulation and soundproofing.

### RESUMEN

Una de las industrias más típicamente extremeñas es la del sector del corcho. Este sector lleva aparejada la problemática actual de la inadecuada gestión de sus residuos, entre los que destaca el polvo de corcho. Se estima que la producción media anual es de más de 6000 Tm de este residuo en las zonas de transformación de Extremadura. Este trabajo muestra los resultados obtenidos al caracterizar acústicamente materiales constituidos por residuos de corcho con diferentes granulometrías. Este material presenta unas propiedades acústicas bastante interesantes para su empleo en aislamiento y acondicionamiento acústico.

### INTRODUCCIÓN

La imperiosa necesidad de la sociedad actual de proteger el medioambiente de la contaminación, exige el reciclado y la reutilización de los materiales residuales que se generan en los diferentes tipos de industria, ya que ello constituye una manera eficaz de evitar su degradación y de recuperar recursos infrutilizados.

La producción mundial de corcho es de unas 340.000 toneladas, de las cuales Portugal produce un 52%, España un 32% e Italia un 6%. En el proceso industrial de transformación del corcho, se genera una cantidad bastante importante de residuos que pueden llegar a suponer un 5-20 % del total del corcho manipulado [1]. Esto puede llegar a suponer la generación de un volumen de residuos superior a los 90.000 m<sup>3</sup> anuales en el conjunto de la Península Ibérica.

Los residuos de la industria del corcho son idóneos para su uso como materia prima en el proceso de gasificación de la biomasa. Una de las ventajas que ofrece el corcho como fuente de energía renovable es su bajo nivel de humedad, además de contar con bajos niveles de cenizas producidas y la poca degradación de la instalación de gasificación.

Hasta el momento, el sector de corcho está prácticamente enfocado a un solo producto, el tapón de corcho, y en los últimos años la amenaza proveniente de las industrias elaboradoras de productos alternativos, suponen un riesgo evidente para la continuidad del mercado actual. Esto, unido a los cambios y nuevas tendencias que presenta el sector en los últimos años, hace que sea necesario comenzar a visualizar aquellas oportunidades de productos y mercados que den a las empresas corcheras una visión de por donde podrían orientar sus procesos, productos o mercados en un futuro a medio plazo. Una de estas opciones sería su utilización como material absorbente poroso.

En la actualidad, existen numerosos modelos empíricos que han sido desarrollados para predecir el comportamiento acústico de los materiales porosos granulares [2-7]. En muchos de ellos existe una amplia dependencia de su comportamiento con la resistencia al flujo de los materiales. El modelo desarrollado por Voronina y Horoshenkov [7,8], es un modelo simple que esta basado en la medida de 4 parámetros no acústicos, porosidad, tortuosidad, densidad real y dimensión característica de la partícula y con el que se puede estimar, de forma bastante precisa, el comportamiento acústico de este tipo de materiales.

En este trabajo pretendemos analizar la influencia de la granulometría en las características acústicas de las muestras de corcho estudiadas.

## MATERIALES

El material utilizado en este trabajo, granos de corcho de diferentes granulometrías, proceden de los residuos de la industria taponera del corcho de San Vicente de Alcántara, en el suroeste de España y han sido suministrados por 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 4.0 y 5.0 mm, 5.0 y 5.6 mm, 5.6 y 6.3 mm y mayores de 6.3 mm. Posteriormente, se ha llevado a cabo el estudio granulométrico de los distintos regranulados de corcho.

El espesor de las muestras estudiadas es de 50 (TP), 75 (TM) y 100 (TG) mm.



**Figura 1.** Detalle de los diferentes granos de corcho empleados para tamaños: (A) mayores de 6.3 mm, (B) de 5.6 a 6.3 mm, (C) de 5.0 a 5.6 mm y (D) de 4.0 y 5.0 mm.

## METODOLOGÍA

Para la caracterización acústica, se emplea el método que establece la Norma UNE EN ISO 10534-2:2002 [9]. El coeficiente de absorción acústico a incidencia normal fue 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 (figura 2).



Figura 2. Detalle del equipo utilizado en la caracterización acústica de los diferentes materiales.

Se ha empleado un tubo con diámetro de 100 mm, donde se han obtenido valores para el rango de frecuencias 100 – 1600 Hz. También 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, granos de corcho sin aglutinar, el tubo se ha montado verticalmente para poder obtener resultados correctos.

La muestra de ensayo se monta en uno de los extremos de un tubo de impedancia, recto, rígido, liso y estanco. Se generan ondas planas en el tubo mediante una fuente sonora, y se miden las presiones acústicas en dos posiciones cercanas a la muestra. Se determina la función de transferencia acústica compleja de las señales en los dos micrófonos, que se usa para calcular el coeficiente de absorción a incidencia normal, y la impedancia normalizada del material.

Para la determinación de los parámetros que precisa el modelo de Voronina, porosidad ( $H$ ), tortuosidad ( $q$ ), densidad real ( $\rho_g$ ) y dimensión característica de la partícula ( $D$ ), se ha determinado, en primer lugar, el número de partículas por volumen de cada una de las muestras ( $V_g$ ), para, posteriormente, obtener  $D$  mediante la siguiente expresión:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_g}{0.523}} \quad (1)$$

A partir de este parámetro se obtienen los dos parámetros adimensionales,  $M$  y  $\xi$ , y la porosidad y tortuosidad mediante las siguientes expresiones:

$$M = \frac{\rho_g}{10^3 \rho_0} \quad (2)$$

$$\xi = \frac{D \rho_0 c}{\mu} \cdot 10^{-4} \quad (3)$$

$$H = 1 - \rho_m / \rho_g \quad (4)$$

$$q^2 = 1 + (1 - H)(2H)^{-1} \quad (5)$$

Siendo  $\rho_m$ , la densidad de la muestra,  $\rho_o$ , la densidad del aire,  $\mu$ , la viscosidad dinámica del aire, y  $c$  la velocidad del sonido en el aire. La densidad del corcho empleado ( $\rho_g$ ) se ha determinado mediante un estereopícnómetro de helio, resultando un valor promedio de 0.4189 gr/cm<sup>3</sup>.

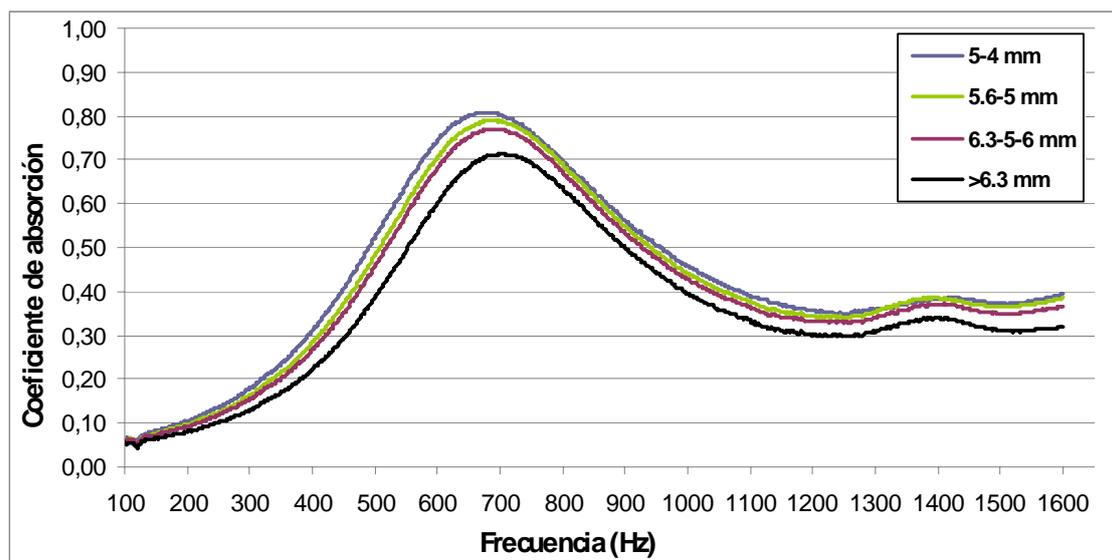
## RESULTADOS

Los valores obtenidos de los parámetros no acústicos porosidad ( $H$ ), tortuosidad ( $q$ ), densidad real ( $\rho_g$ ) y dimensión característica de la partícula ( $D$ ) para las 4 diferentes granulometrías estudiadas se muestran en la tabla 1:

Tamaño de grano (mm)	Dimensión característica, $D$ (mm)	Porosidad, $H$	Tortuosidad, $q$	Parámetro $\xi$	Parámetro $M$
>6.3	0.18	0.835	1.048	0.42	0.3462
5.6 – 6.3	0.23	0.830	1.050	0.51	0.3462
5.0 – 5.6	0.26	0.830	1.050	0.59	0.3462
4.0 – 5.0	0.30	0.832	1.049	0.68	0.3462

**Tabla1.** Parámetros no acústicos obtenidos para las muestras de corcho.

A partir de estos valores y mediante las ecuaciones [9] que relacionan la frecuencia de resonancia con los parámetros microestructurales de los materiales estudiados, obtenemos el valor teórico de la primera frecuencia de resonancia del espectro del coeficiente de absorción acústica (Tabla 2).



**Figura 3.** Coeficiente de absorción a incidencia normal de las muestras con espesor  $d=100$ mm.

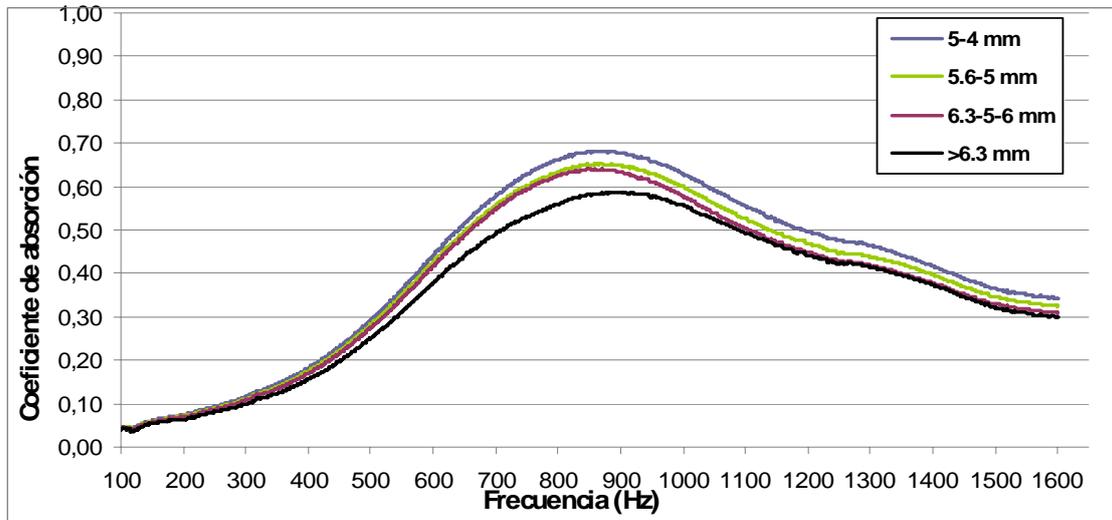


Figura 4. Coeficiente de absorción a incidencia normal de las muestras con espesor  $d=75\text{mm}$ .

Tamaño de grano (mm)	Frecuencia de resonancia (Hz)					
	TG		TM		TP	
	Experim.	Teórico	Experim.	Teórico	Experim.	Teórico
>6.3	700	624	886	840	1376	1271
5.6 – 6.3	692	633	870	851	1388	1285
5.0 – 5.6	680	639	870	858	1388	1293
4.0 – 5.0	676	644	870	864	1388	1300

Tabla2. Frecuencias de resonancia experimental y teórica de las muestras ensayadas.

Para comprobar cómo se ajusta este modelo a los valores experimentales, medimos en el tubo de impedancia las muestras de corcho para los diferentes espesores y granulometrías. (Figuras 3, 4 y 5).

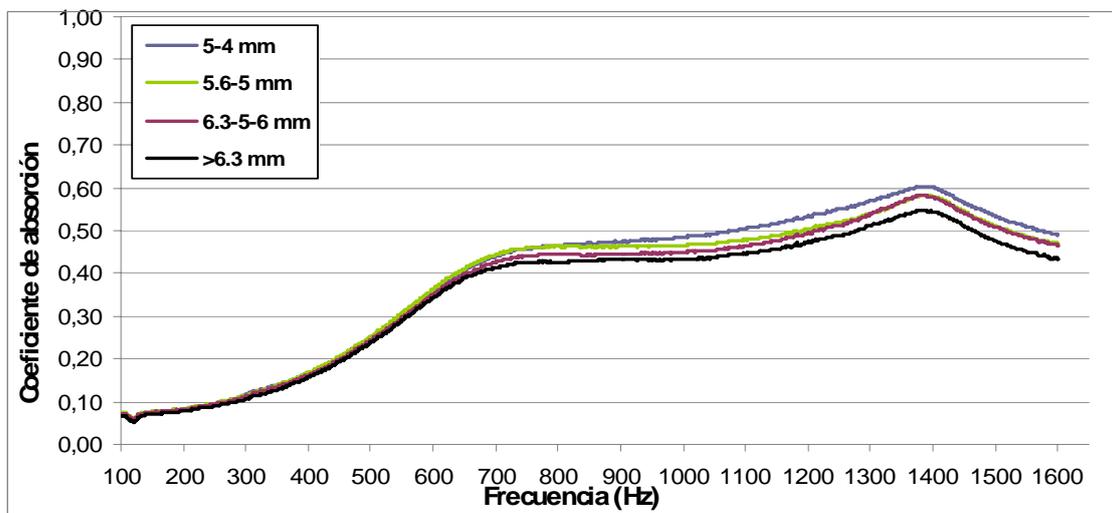


Figura 5. Coeficiente de absorción a incidencia normal de las muestras con espesor  $d=50\text{mm}$ .

## CONCLUSIONES

Este tipo de material presenta valores interesantes para su empleo como absorbente acústico. De los resultados obtenidos del coeficiente de absorción acústica a incidencia normal, podemos observar que el corcho granular puede presentar valores por encima de 0.80 (espesores de 100 mm), que se reducen hasta el 0.60 al reducir el espesor a la mitad. En función del tamaño de gránulo elegido, la absorción puede incrementarse hasta un 10%.

Para el espesor mayor (100 mm), obtenemos una curva con mucha pendiente, con su máximo en torno a 700 Hz. Al pasar a un espesor menor (75 mm), se suaviza la curva, reduciéndose el máximo en un 10% aproximadamente y desplazándose el máximo hacia los 850 Hz. Para el menor espesor obtenemos una curva de absorción más plana entre 600 y 1400 Hz. Según aumenta el espesor de la muestra el máximo del espectro del coeficiente de absorción se desplaza hacia frecuencias más bajas.

Este modelo que emplea 4 parámetros no acústicos que se pueden obtener de forma sencilla, porosidad, tortuosidad, densidad real y dimensión característica de la partícula, puede estimar de forma bastante precisa el comportamiento acústico de este tipo de materiales granulares.

Las aproximaciones teóricas obtenidas en base al trabajo de Voronina y Horoshenkov [7,8] se encuentran muy cercanas a los resultados experimentales, en un rango de 50-100 Hz. Presentan una variabilidad comprendida entre 11-5%. Estas diferencias son principalmente debidas a la variabilidad del tamaño y forma de grano dentro de una misma muestra.

## AGRADECIMIENTOS

A IPROCOR, Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón, dependiente de la Consejería de Empleo, Empresa e Innovación de la Junta de Extremadura por la cesión del granulado de corcho. A la RSEF, Real Sociedad Española de Física, por la concesión de la beca a Miguel Angel Salguero Monago para la asistencia a esta edición del Congreso Español de Acústica, Tecniacústica Cáceres 2011.

## REFERENCIAS

- [1] Montoya, J.M., 1998. Los alcornocales. Serie Manuales Técnicos, M.A.P.A., 267 pp. Madrid.
- [2] Attenborough K. 1983. Acoustical characteristics of rigid fibrous absorbents and granular materials. *J Acoust Soc Am*;73:785–99.
- [3] Attenborough K. 1985. Acoustical impedance models for outdoor ground surfaces. *J Sound Vib*; 99:521–44.
- [4] Stinson MR, Chamoux Y. 1992. Propagation of sound and assignment of shape factors in model porous materials having simple pore geometries. *J Acoust Soc Am*; 91(2):685–95.
- [5] Allard J-F. Propagation of sound in porous media: Modelling sound absorbing materials. Amsterdam: Elsevier; 1993.
- [6] Miki Y. 1990. Acoustic properties of porous materials – generalization of empirical models. *J Acoust. Soc. Jpn E*;11:25–8.
- [7] Voronina, N.N., Horoshenkov K.V. 2003. A new empirical model for the acoustic properties of loose granular media. *Appl Acoust.* 64 (2003) 415–432.
- [8] Voronina, N.N., Horoshenkov K.V. 2004. Acoustic properties of unconsolidated granular mixes. *Appl Acoust.* 65 (2004) 673–691.
- [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.