



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

ABSORCIÓN ACÚSTICA DE NUEVOS TEJIDOS TEXTILES

PACS: 43.58.Bh

Atiénzar, Roberto⁽¹⁾; Picó, Rubén⁽¹⁾; del Rey, Romina⁽¹⁾; Gisbert-Payá, Jaime⁽²⁾

(1) Departamento de Física Aplicada, Escuela Politécnica Superior de Gandía, Universidad Politécnica de Valencia
C/ Paraninfo nº1, 46730, Grao de Gandía, España
{roatna@doctor.upv.es, rpico@fis.upv.es, roderey@fis.upv.es}

(2) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, 03801, Alcoy, España
{jaigispa@txp.upv.es}

Palabras Clave: ingeniería textil, tubo de Kundt, absorción sonora, resistencia al flujo, microcápsulas.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate new sound absorbing materials from the textile engineering. For the characterization of the acoustic behavior of the textile fabrics, the Kundt tube is used: on the one hand, a campaign of sound absorption coefficient measurements are made at normal incidence; on the other hand, flow resistance measurements are made based on Ingard & Dear work. A comparative analysis is presented between the acoustic absorption of non-doped fabrics with the same doped with antimicrobial microcapsules. In addition, a plenum is used in order to improve the acoustic absorption of these fabrics.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo poder evaluar nuevos materiales absorbentes de sonido provenientes de la ingeniería textil. Para la caracterización del comportamiento acústico de los tejidos textiles se hace uso del tubo de Kundt: por una parte, se hace una campaña de mediciones de coeficiente de absorción sonora a incidencia normal; por otra, se realizan mediciones de resistencia al flujo basado en el trabajo de Ingard&Dear. Se presenta un análisis comparativo entre la absorción acústica de las telas no dopadas, con las mismas, dopadas con microcápsulas antimicrobianas. Además, se hace uso de un plenum con objeto de mejorar la absorción acústica de estos tejidos.

INTRODUCCIÓN

El uso de textiles acústicos está aumentando rápidamente debido a la aparición de mayores áreas de aplicación y nuevos avances tecnológicos. Históricamente han sido ampliamente utilizados en lugares públicos, como el teatro, en forma de cortina, moqueta etc. con el fin de mejorar la calidad del sonido [1].



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Recientemente se ha propuesto la modificación de las fibras o tejidos con el fin de obtener nuevos textiles con propiedades acústicas mejoradas [2-3]. Una técnica que consiste en la utilización de microcápsulas con el propósito de conferir nuevas propiedades a las telas. Estas microcápsulas se pueden adherir al tejido textil por diversos métodos: impregnación, agotamiento convencional (baño), espumado, pulverización y recubrimiento.

Debido al tamaño de las microcápsulas, imperceptibles al ojo humano, se emplean una serie de técnicas de caracterización a fin de estudiar los tejidos textiles dopados con microcápsulas [4-6]. Se usa un microscopio electrónico de barrido (SEM) con la finalidad de producir imágenes de alta resolución de la superficie de un ejemplo de microcapsulado.

Zhou et al. [7] estudió las propiedades de absorción acústica de un material con micropartículas de polímero. Los resultados revelaron que las microesferas poliméricas porosas tenían un coeficiente de absorción acústica mayor que los materiales clásicos. Además se demostró la posibilidad de aplicar microesferas en polímeros huecos porosos como material absorbente [8]. Zhi et al. [9] investigó el efecto de las micropartículas en la absorción sonora de muestras de espuma sintética. Los resultados determinaron que la absorción de la muestra aumentaba cuando el tamaño de las micropartículas era menor.

El objetivo de este trabajo es comparar la influencia de las microcápsulas en los tejidos textiles y estimar sus propiedades como absorbente de sonido. Para este estudio se han utilizado dos telas diferentes, *Nicole* y *Felice*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el laboratorio de Química Textil de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy se ha desarrollado el proceso de dopado mediante el uso de microcápsulas adheridas en los diferentes tejidos textiles. Las microcápsulas empleadas contenían como principio activo aceite esencial de Lavanda y fueron suministradas por InnoVaTec S&C S. L.

Se utiliza la técnica de fulardado para aplicar las microcápsulas sobre los tejidos. Esta técnica consiste en impregnar las telas en un baño que contiene una determinada solución: una dispersión de microcápsulas de tamaño entre 1 micra y 8 micras en agua destilada con una concentración de 100 g/L. El proceso de fulardado se realiza en un fulard horizontal TEPA en condiciones que aseguren un pick up (% de baño que absorbe la muestra) del 80%. Posteriormente, las muestras son secadas durante unos 3 min en un secadero horizontal de infrarrojos a una temperatura de 105°C.

Para la caracterización morfológica (Figura 1), se ha utilizado la microscopía electrónica de barrido de emisión de campo FESEM (ULTRA 55, ZEISS), empleando un voltaje de aceleración de 2kV en las superficies a analizar de cada una de las muestras.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

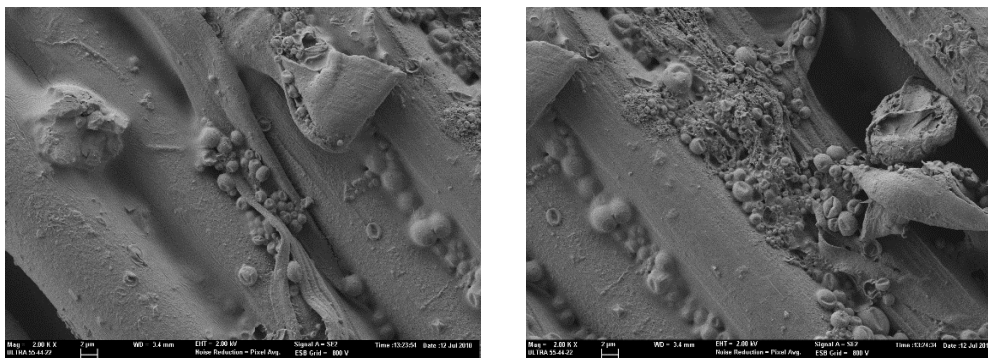


Figura 1. Detalle del microscopio electrónico (SEM) con microcápsulas (2000X de aumento).

El proceso aplicado a las muestras suele garantizar una distribución aproximadamente uniforme en todo su conjunto. No obstante, debe tenerse en cuenta que la precisión de la técnica no asegura que la distribución de microcápsulas sea rigurosamente regular (Figura 1). Las muestras, así como las medidas acústicas, pueden por tanto, presentar cierta heterogeneidad.

En el laboratorio de caracterización de materiales acústicos de la Escuela Politécnica Superior de Gandía se ha llevado a cabo toda la campaña de mediciones con el fin de obtener los parámetros acústicos (coeficiente de absorción sonora a incidencia normal y resistencia específica al flujo) que caractericen las telas.

Los tejidos textiles sujetos a ensayo son 100% poliéster (PES) y son ignífugos de clase tipo 1 o superior según la Norma UNE-EN ISO 13773:2003 [10]. Se muestran en la Figura 2 las telas analizadas en este trabajo.

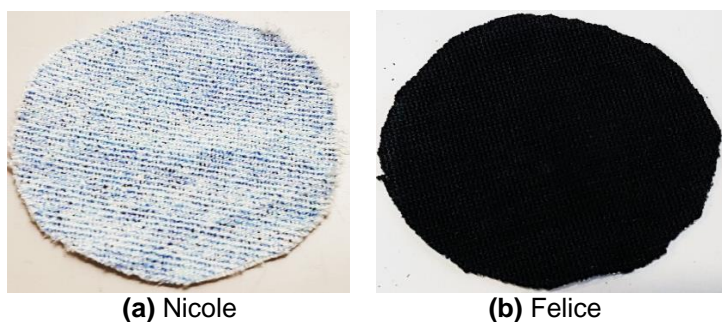


Figura 2. Tejidos textiles utilizados en el estudio.

Los métodos utilizados en este estudio son, por un lado, la Norma UNE-EN ISO 10534-2:2002 [11], para determinar el coeficiente de absorción sonora a incidencia normal; por otro lado, las recomendaciones del trabajo de Ingard&Dear [12] para obtener la resistencia específica al flujo.

El método descrito en la Norma UNE-EN ISO 10534-2:2002 es aplicado con el fin de obtener el coeficiente de absorción acústica a incidencia normal; para ello se emplea un tubo de impedancia acústica de metacrilato, dos posiciones fijas de micrófono y un sistema digital de análisis de señal. Se utiliza la plataforma de medida *Pulse* como base para las mediciones.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Este método presenta una gran ventaja de cara a la investigación científica debido a que requiere poco espacio de trabajo en el laboratorio y porque solamente se necesitan muestras del mismo tamaño que el diámetro del tubo de impedancia.

La técnica de medición se fundamenta en la emisión de ondas planas a través del tubo gracias a la fuente sonora que se conecta a uno de sus extremos; en el lado opuesto, se monta la muestra sometida a estudio. Los micrófonos, montados en la pared del tubo, se colocan en una posición cercana a la muestra a fin de registrar la presión acústica. Se determina la función de transferencia acústica compleja (H_{12}) de las señales en ambos micrófonos dada en [11], con el objetivo de calcular el coeficiente de reflexión complejo (r) y el coeficiente de absorción sonora (α), a incidencia normal.

Durante la realización del ensayo se procede a corregir la fase entre ambos micrófonos, para ello, se intercambian los dos canales para cada una de las medidas. Por ende, para cada una de las muestras se llevan a cabo dos medidas: una con los micrófonos en una posición; y en otra, con los micrófonos intercambiados. Con lo que se obtiene la función de transferencia H_{12} y H_{21} , respectivamente.

$$r = \frac{H_{12} - H_1}{H_R - H_{12}} e^{2jk_0x_1} \quad (1)$$

Donde H_1 es la función de transferencia para la onda incidente, H_R es la función de transferencia para la onda reflejada, k_0 es el número de onda y x_1 es la distancia entre la muestra y la posición última de micrófono.

A partir del resultado de la ecuación (1) se define en (2) el coeficiente de absorción sonora a incidencia normal (α) que representa el cociente entre la energía acústica absorbida por la superficie de la tela y la energía acústica incidente, para una onda acústica plana, a incidencia normal.

$$\alpha = 1 - |r|^2 \quad (2)$$

En este método, el rango frecuencial útil está limitado por el diámetro del tubo y por la distancia entre ambos micrófonos. En la Figura 3 se muestra un esquema del tubo experimental utilizado durante el ensayo.

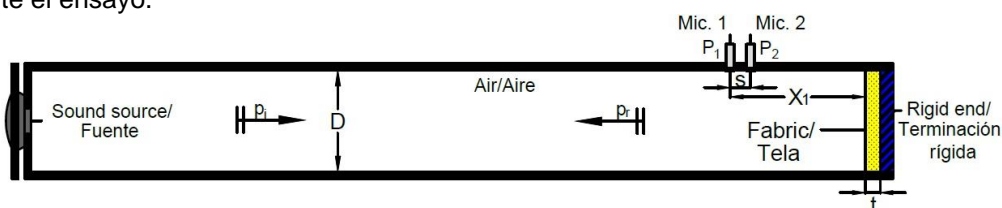


Figura 3. Esquema del dispositivo experimental para la medida del coeficiente de absorción a incidencia normal [UNE – EN ISO10534 – 2:2002].

Donde t es el espesor del tejido textil, s representa la separación entre ambos micrófonos, en este caso de 32 mm, X_1 es la distancia entre la muestra y la posición última de micrófono, D es el diámetro interior del tubo de 40 mm, p_i es la presión acústica de la onda incidente y p_r es la presión acústica de la onda reflejada.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

En la Figura 4 se puede ver en detalle la parte final del tubo de impedancia, donde se muestra la colocación de ambos micrófonos de acuerdo a la normativa citada con anterioridad, y el portamuestras utilizado.

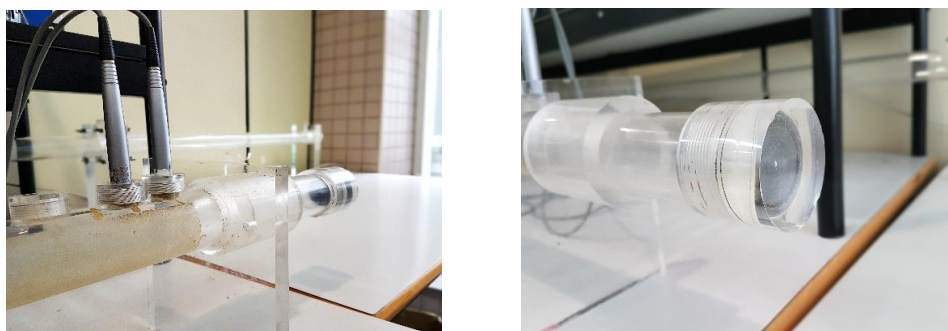


Figura 4. Detalle del montaje experimental para la medida del coeficiente de absorción a incidencia normal.

Una vez finalizados los ensayos del coeficiente de absorción de los tejidos textiles colocados al final del tubo de impedancia, se midió el coeficiente de absorción en incidencia normal con un plenum de 10 cm con el objetivo de poder abordar la influencia de la cavidad (e) de aire en la absorción acústica del tejido. En la Figura 5 se muestra un esquema del montaje experimental, y en la Figura 6.a se puede observar, con detalle, el montaje empleado en este ensayo.

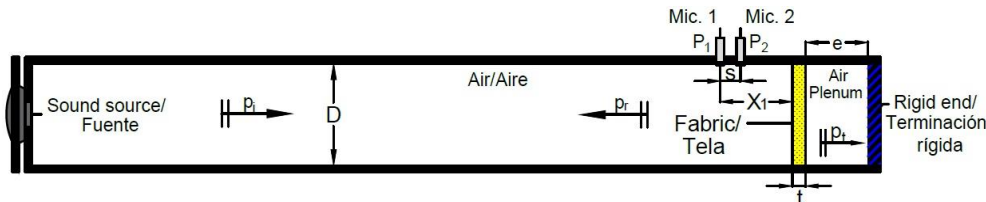
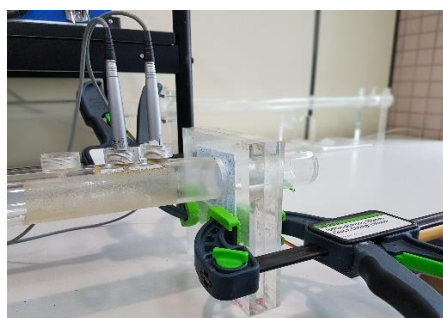
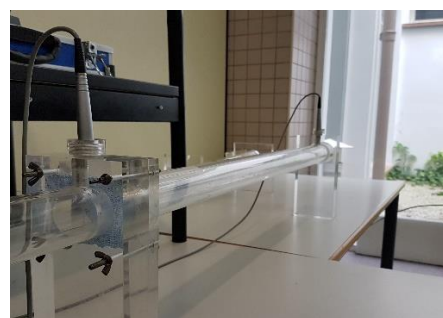


Figura 5. Esquema del dispositivo experimental para la medida del coeficiente de absorción a incidencia normal [UNE – EN ISO10534 – 2:2002] con un plenum de (e) = 10 cm.



(a) Tubo impedancia: plenum



(b) Método Ingard&Dear

Figura 6. (a) Detalle del montaje experimental para la medida del coeficiente de absorción a incidencia normal con un plenum (e) de 10 cm; (b) Detalle del montaje experimental para la medida de resistencia específica al flujo.

Por otra parte, siguiendo las indicaciones de los autores Ingard&Dear [12] se ha obtenido de forma experimental la resistencia específica al flujo de las diferentes muestras para ciertas frecuencias determinadas (Figura 6.b).

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

La resistencia al flujo se define como la relación existente entre la caída de presión y la velocidad del flujo a través de una muestra. En la Figura 7 se muestra un esquema experimental del tubo utilizado en el método Ingard&Dear.

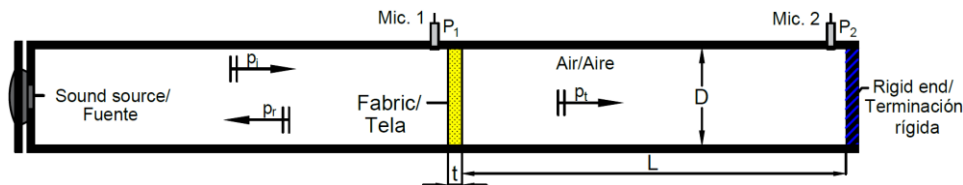


Figura 7. Esquema del dispositivo experimental para la medida de la resistencia específica al flujo según el método Ingard&Dear [12].

La tela, de espesor t , se coloca en el medio del tubo. L es la distancia entre la cara posterior del tejido textil y la terminación rígida. Uno de los micrófonos (Mic. 1) se coloca delante de la muestra a fin de medir directamente la presión acústica (p_1). El otro micrófono (Mic. 2) se ubica junto a la terminación rígida.

La fuente sonora emite como señal un tono puro de baja frecuencia con objeto de producir resonancias asociadas a múltiplos impares de $\lambda/4$ a lo largo de la distancia que abarca desde la muestra (t) hasta la terminación rígida del tubo (L).

De esta forma, y bajo las condiciones que se especifican en [12], el cálculo de la resistividad al flujo se puede obtener a partir de la ecuación (3):

$$\sigma = \left(\frac{\rho c}{t} \right) \left| \text{Im} \left(\frac{p_1}{p_2} \right) \right| \quad (3)$$

Donde t es el espesor de la muestra, ρ la densidad media del aire, c la velocidad del sonido en el interior del tubo, p_1 la presión captada por el Mic. 1 y p_2 la presión registrada en Mic. 2.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran las diferencias físicas en densidad y espesor de los distintos tejidos textiles. Además, se presentan los valores de resistividad al flujo de las telas dopadas y sin dopar para determinadas frecuencias de validez, de acuerdo con el procedimiento descrito en [12]. Y, al realizar tres mediciones por cada una de las muestras, se presenta el porcentaje de variación de la resistividad al flujo.

Telas	Espesor (cm)	Densidad (g/m^2)	Resistividad al flujo ($\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$) No dopada	Resistividad al flujo ($\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$) Dopada	% variación resistividad al flujo
Felice	0.07	245	580	588	1.4
Nicole	0.06	239	685	688	0.4

Tabla 1. Datos técnicos de los tejidos textiles dopados y no dopados.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

En la Figura 8 se representan los resultados obtenidos del coeficiente de absorción acústica con la muestra al final del tubo y mediante uso de plenum, siguiendo las indicaciones de montaje que detalla la Norma UNE-EN ISO 10534-2:2002.

En las Fig. 8(a) y 8(b) se representa el coeficiente de absorción sonora de las dos telas a estudio en la configuración al final del tubo. Se puede ver que la capacidad de absorción de los tejidos textiles dopados es ligeramente superior en medias y altas frecuencias. A bajas frecuencias se percibe un cambio de comportamiento de la tela *Felice*, ya que la tela no dopada presenta una absorción ligeramente mayor que la dopada (ver Fig. 8(a)).

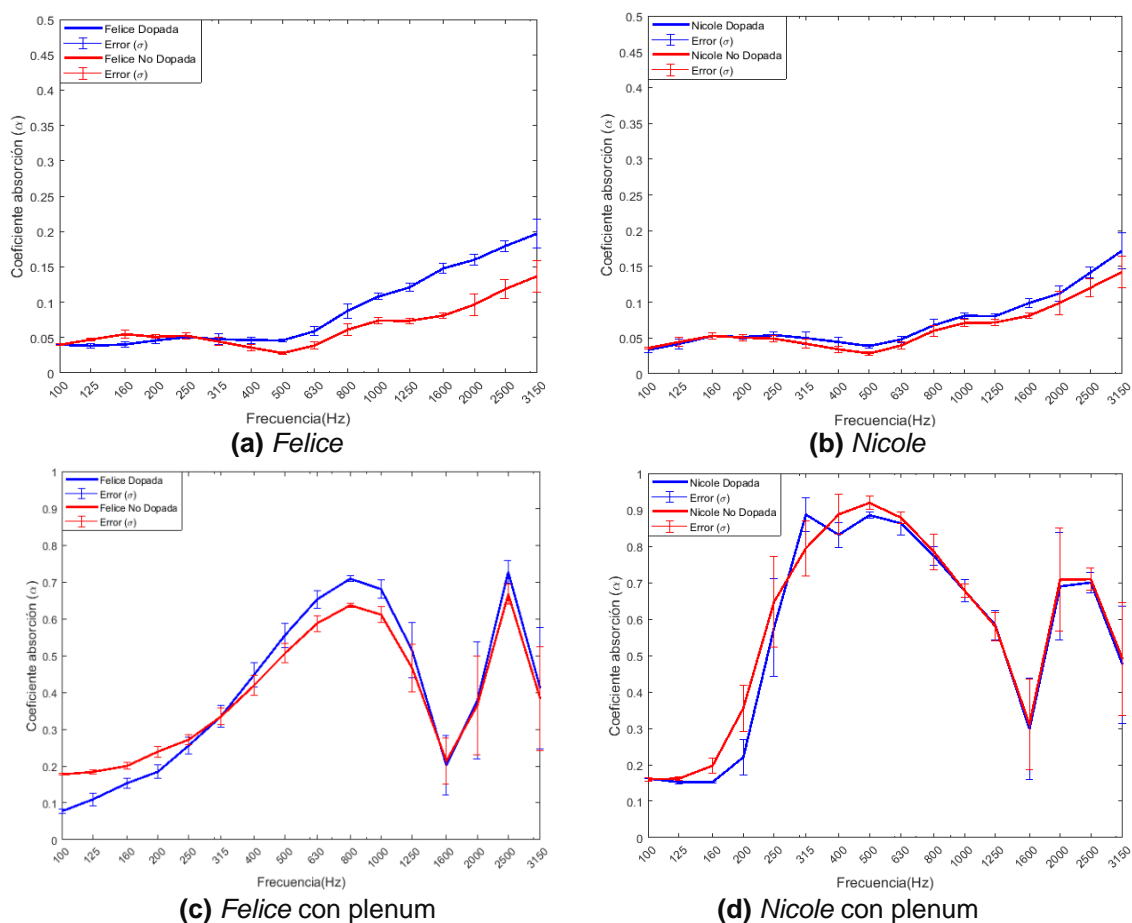


Figura 8. Medida del coeficiente de absorción de las telas *Felice* y *Nicole* con y sin plenum. En ambos casos se compara la tela dopada (en azul) con la misma, sin dopar (en rojo) y se muestra mediante barras de errores el porcentaje de dispersión de las medidas.

En cuanto a la configuración de medida con plenum, en la Fig. 8(c) se observa un comportamiento en frecuencia de la tela similar al medido al final del tubo, sin plenum (en Fig. 8(a)). A bajas frecuencias la absorción de la tela no dopada es superior, mientras que a medias frecuencias, el tejido dopado presenta una absorción mayor; en la Fig. 8(d) se percibe el efecto contrario que en la Fig. 8(c), donde a bajas y medias frecuencias, la tela no dopada muestra una absorción mayor salvo el pico de absorción que presenta la tela dopada sobre 300Hz, y si se compara con la Fig. 8(b), se deduce que el dopado no es tan influyente, para este caso, a nivel de absorción sonora; en altas frecuencias ambas telas (*Felice* y *Nicole*) no presentan grandes cambios.



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

CONCLUSIONES

En este trabajo se han presentado algunos ejemplos como alternativa a las soluciones acústicas basadas en textiles clásicos. Se abre así un nuevo campo de trabajo entre la ingeniería textil y la acústica, explorando la influencia del dopaje en tejidos.

Se puede observar en las pruebas realizadas, en el tubo de impedancia, con telas dopadas sin plenum, que hay un pequeño cambio pero prácticamente todos los tejidos textiles dopados analizados no muestran grandes diferencias con los mismos sin dopar debido a su espesor. En cambio mediante el uso de un plenum sí que se observan cambios significativos, como es el caso del tejido textil *Felice*, donde se consigue un aumento en la absorción a medias frecuencias.

Cabe destacar que la heterogeneidad de las muestras dopadas no ha sido un parámetro a considerar en este trabajo previo. Como futura línea de investigación queda pendiente evaluar no solamente la homogeneidad de los tejidos de base dopada, sino también la densidad de dopaje, distribución, tamaño de las microcápsulas, método de dopado, etc.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está subvencionado por el Ministerio de Economía e Innovación (MINECO) y por el Fondo Europeo (FEDER) a través del proyecto FIS2015-65998-C2-2 y por los proyectos GVA AICO/2016/060 y ACIF/2017/073 por la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana.

REFERENCIAS

- [1] Padhye, R; Nayak R. (2016), *Acoustic Textiles*. Melbourne (Australia). Springer.
- [2] M. Bonet; L. Capablanca; P. Monllor; J. Gisbert; P. Díaz; I. Montava; *A comparison between padding and bath exhaustion to apply microcapsules onto cotton*. Cellulose. 2015. 22.3. 2117-2127. DOI 10.1007/s10570-015-0600-8.
- [3] P. Monllor; L. Capablanca; M. Bonet; J. Gisbert; P. Díaz; I. Montava; *Improvement of microcapsules adhesion to fabrics*. Textile Research Journal. 2010. 80.7.631-635.
- [4] Ré, M. I., and Biscans, B., Preparation of Microspheres of Ketoprofen with Acrylic Polymers by a Quasi Emulsion Solvent Diffusion Method, Powder Technol., 101, 120–133 (1999).
- [5] Abrant, A.-A., Taverdet, J.-L., and Jay, J., Microencapsulation par evaporation de solvent, Eur. Polym. J., 37, 955–963 (2001).
- [6] Kim, J. W.; Ko, J.-Y., Jun, J.-B., Chang, I.-S., Kang, H. H., and Suh, K.-D., Multihollow Polymer Microcapsules by Water-in-Oil-in-Water Emulsion Polymerization: Morphological study and Entrapment Characteristics, Colloid Polym. Sci., 281, 157– 163 (2003).
- [7] Hong, Z; Bo L.; Huang G. *Sound absorption behaviour of multiporous hollow polymer microspheres*. Materials Letters 60 (2006) 3451-3456.
- [8] Hong, Z; Bo L.; Huang G. *Sound absorption Characteristics of Polymer Microparticles*. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 101, 2675-2679(2006).
- [9] Zhi, C; Long, H. *Sound Absorption Properties of Syntactic Foam Reinforced by Warp-knitted Spacer Fabric*. Cellular Polymers, Vol. 35, No. 5, 2016.
- [10] UNE-EN 13773:2003, Textiles y productos textiles. Comportamiento al fuego. Cortinas y cortinajes. Esquema de clasificación.
- [11] UNE-EN ISO 10534-2 (2002), "Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia".
- [12] Ingard K. U., Dear T. A. (1985), "Measurement Of Acoustic Flow Resistance", J. Sound Vib. 103(4), pág. 567-572