

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES ACÚSTICOS ABSORBENTES CON TÉCNICAS BASADAS EN TUBO DE KUNDT

PACS: 43.55. Ev

Alba, Jesús¹; Marant, Vincent², Aguilera, Juan Luis²; Ramis, Jaime¹

¹Grupo de Dispositivos y Sistemas Acústicos y Ópticos, DISAO

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Universidad Politécnica de Valencia

Carretera Nazaret-Oliva s/n, 46730 Grao de Gandia, Valencia. España

E-mail: jesalba@fis.upv.es, jramis@fis.upv.es. web: <http://www.fisgan.upv.es/disao/>

²ACUSTTEL® Acustica y Telecomunicaciones

P.I. Benieto C/ Del Transporte, nº 12, Bloque 2, Nave 14. 46700 Gandia (Valencia)

E-mail: info@acusttel.com, vmarant@acusttel.com. web:<http://www.acusttel.com>

ABSTRACT

The progressive incorporation of new acoustical materials to the construction sector, makes necessary the use of measurement techniques to evaluate their behaviour. There are a great variety of materials: different types of shells, wools and felts, monolayer or sandwiches, etc. Some materials have well-known properties, but others of new generation (for example, different types of recycled materials, with rubber or textile mixtures of organic components, etc) are being studied. This work propose a first classification by using the standing wave tube or Kundt tube. A program for measuring the surface impedance and absorption coefficient in normal incidence, and another program for measuring the flow resistance based on the Ingard&Dear's work, have been realized for evaluating the validity of the techniques and for proposing selection approaches.

RESUMEN

La incorporación progresiva de nuevos materiales acústicos a la edificación, cada vez más diversos, hace necesario el empleo de técnicas de medidas para valorar su comportamiento. La variedad actual es grande: diferentes tipos de láminas, lanas y fieltros, monocapas o sándwiches, etc. Algunos materiales tienen propiedades conocidas desde hace tiempo, no así otros de nueva generación (por ejemplo, diferentes tipos de materiales reciclados, con mezclas de caucho o de textil, de componentes orgánicos, etc). En este trabajo se propone una primera clasificación utilizando el tubo de Kundt: se realiza un programa de mediciones de impedancia y coeficiente de absorción en incidencia normal, y un programa paralelo de mediciones de la resistencia al flujo basado en el trabajo de Ingard&Dear, valorando las técnicas y proponiendo criterios de selección.

INTRODUCCION

En los últimos años ha habido un crecimiento del uso de diferente tipo de materiales para mejorar el aislamiento acústico en la edificación, con grosores de particiones no excesivos. La variedad actual es importante, existen diferentes tipos de láminas, lanas y fieltros, monocapas o sándwiches que se colocan en configuraciones multicapa para producir esta mejora. Para poder predecir el comportamiento de estos materiales en el conjunto de una partición es necesario saber cuales son sus características predominantes: si se comporta como material

acústico absorbente o más bien como un material con carga de masa y frecuencia crítica. Algunos materiales tienen propiedades conocidas desde hace tiempo, pero en cambio otros de nueva generación (por ejemplo, diferentes tipos de materiales reciclados, con mezclas de caucho o de textil, de componentes orgánicos, etc) necesitan de una reflexión al respecto.

En este trabajo se propone una primera clasificación utilizando el tubo de Kundt: en primer lugar se ha realizado un programa de mediciones de impedancia y coeficiente de absorción en incidencia normal por el método de la función de transferencia, eligiendo una serie de criterios observables propios de los materiales acústicos absorbentes. En segundo lugar, se realiza un programa de mediciones de la resistencia al flujo de diferentes materiales, basado en el trabajo de Ingard&Dear con también un criterio discriminativo, valorando la técnica propuesta.

TECNICAS DE MEDIDA

Mediciones del coeficiente de absorción e impedancia específica en tubo de Kundt

Para la realización de estas medidas que se muestran en este informe el grupo de Dispositivos y Sistemas Acústicos y Ópticos tiene diseñado varios tubos de Kundt conforme a la norma UNE

– EN ISO 10534 [1] para la medida del coeficiente de absorción y la impedancia acústica específica del material. Se utiliza la plataforma de medida Symphonie ® como base para las mediciones. En la figura 1 se muestra una fotografía del montaje.

En la figura 2 se puede ver un detalle de la parte final del tubo, donde se muestran los micrófonos colocados según la parte 2 de la normativa citada. Los micrófonos de cuarto de pulgada utilizados, junto con el equipo de medida Symphonie, permiten un margen de medida entre 100 Hz y 2000 Hz para la medida del coeficiente de absorción y 200 Hz a 2000 Hz para la medida de la impedancia [1].



Figura 1. Montaje para la medida del coeficiente de absorción

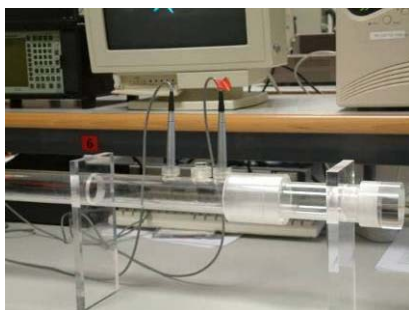


Figura 2. Montaje para la medida del coeficiente de absorción (detalles)

El proceso de medida consiste en la medición de la función de transferencia H_{12} (cociente de las presiones complejas en los canales 1 y 2 (canal 1, micrófono colocado más lejos de la muestra), comprobando la coherencia de la medición. A partir de la normativa [1] se obtienen el resto de parámetros: factor de reflexión, coeficiente de absorción en incidencia normal e

impedancia.

Medida de la resistencia al flujo

Para medir la resistencia al flujo de materiales basados en fibras textiles se utiliza el método de Ingard & Dear [2], que consiste en la medida de niveles de presión dentro del tubo de Kundt en situaciones determinadas. Se ha construido para ese fin un tubo específico de medida. En la figura 3 se muestra una foto del montaje diseñado. En la figura 4, detalles.



Figura 3. Montaje para la medida de resistencia al flujo



Figura 4. Montaje para la medida de resistencia al flujo (detalles)

El método experimental de Ingard & Dear permite la obtención de la resistencia específica al flujo en un montaje experimental para ciertas frecuencias determinadas. Para la obtención de estos valores se elige una muestra de material fibroso de espesor l y se coloca en el interior del tubo tal y como se muestra en la figura 4.

En este montaje (figura 5) la distancia entre la muestra de material y la terminación rígida se elige como $L=(2n-1)\lambda/4$, para $n=1, 2, \dots$. En el método de Ingard & Dear se elige $L=\lambda/4$ para la frecuencia de 100 Hz (aproximadamente). La hipótesis de base es que el material de prueba es absorbente acústico y la terminación es rígida, se producen resonancias a las frecuencias asociadas a los múltiplos impares de $\lambda/4$, con lo cual la medida sólo tiene parte resistiva (resistencia al flujo). Los detalles de cálculo de la resistencia al flujo se encuentran en [2].

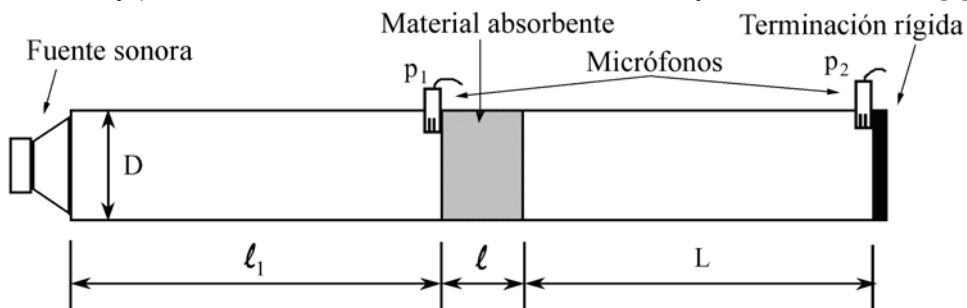


Figura 5. Esquema de medida.

Para el cálculo de la resistencia al flujo, σ , se utiliza la siguiente expresión:

$$\sigma = \rho_o c_o 10^{\frac{Lp1-Lp2}{20}} \quad [1]$$

donde ρ_0 es la densidad del aire, c_0 la velocidad de propagación en el aire, l el espesor de la muestra y $Lp1$ y $Lp2$ son los niveles de presión medidos en los puntos 1 y 2 respectivamente (figura 5). Este parámetro sirve como entrada de caracterización de varios materiales [3-6].

MEDICIONES REALIZADAS

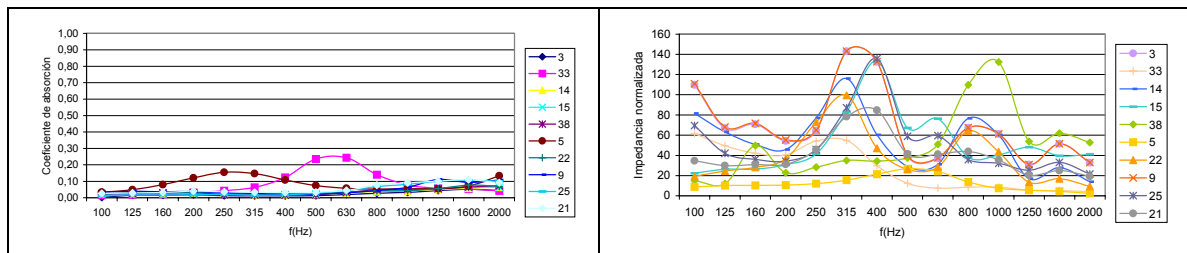
En la tabla 1 se muestran los materiales ensayados. Se ha elegido una variedad representativa dentro de lo que se utiliza en construcción.

Material	grosor (cm)	Densidad (kg/m ³)	Material	grosor (cm)	Densidad (kg/m ³)		
Lana de vidrio	1	1,535	62,2	lam+reticulada	20	0,56	710,5
Taca textil reciclada	2	1,4	56,8	elast+reticulada	21	1,22	574
Lámina impacto	3	1,1	28,9	lamina+espuma	22	0,185	903,3
Foam gris	4	2,465	16,1	Lana poliéster+ret	23	1,5	419,1
Foam gris	5	5,72	16,7	esp rec+lam+esp rec	24	3,46	236,9
Lana roca	6	3,56	69,3	Lamina	25	0,27	501
Lana roca	7	3,88	18,5	espuma+lam+taca	26	2,5	267,4
Lana roca	8	3,97	72,2	Sándwich+lam+ sandwich	27	3,58	180
Lamina fina Lámina impacto	9	0,22	36,2	Elástica	15	0,3	265,3
Lana roca densa	10	1,4	170,5	Lamina	29	0,18	1591,5
prensado verde	11	0,72	243,2	Lamina	30	0,195	2122,1
Sanch. Lam.	12	0,37	752,8	lamina+taca	31	0,295	1753,4
rec. Espumas	13	1,89	172,6	elast+lana vidrio	32	0,22	2025,6
Reticulado	14	0,41	19,4	lamina bituminosa	33	0,46	1522,4
Mat. Multicapa	15	0,33	868,1	lamina fibras	34	0,711	570,8
lamina asf+ Lana vidrio	16	1,52	371,7	rec. espumas	35	1,95	179,6
lamina+taca	17	0,76	335,1	lami elastica	36	0,27	1856,8
Lana vidrio+lamina+ Lana vidrio	18	1,6	392,9	espuma	37	3,85	12,4
taca+lamina+taca	19	3,3	243,6	Foam gris	38	0,9	17,7

Tabla 1. Batería de materiales.

Coefficiente de absorción e impedancia específica en tubo de Kundt

En la figura 6 se representa el coeficiente de absorción y la impedancia normalizada [1] de los materiales medidos. Para mejorar la visualización de lo que se pretende, se han reorganizado las medidas, de forma que aparecen ordenados desde coeficiente de absorción más bajo (de forma global) a más altos. Con esta ordenación, se muestra también la impedancia de las medidas realizadas. Se puede ver, como coeficientes de absorción bajos, van asociados a impedancias más altas.



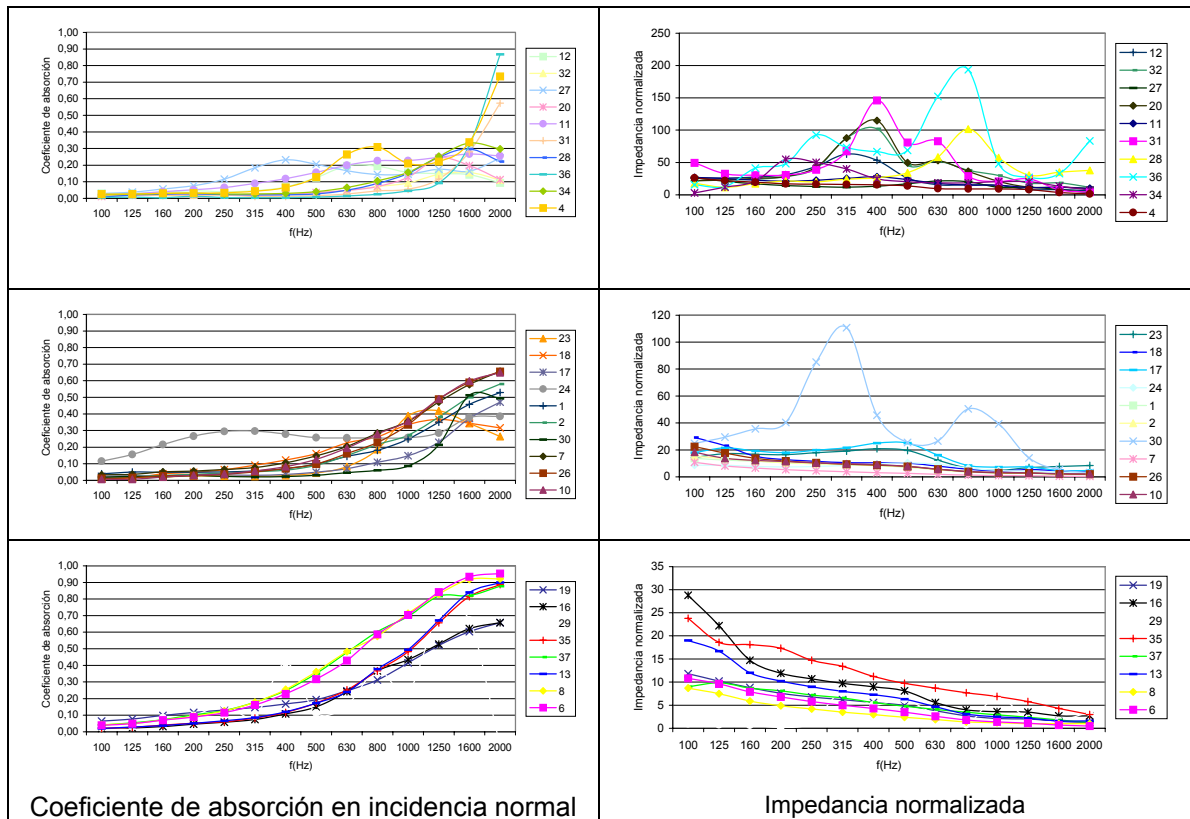


Figura 6. Evolución del coeficiente de absorción y la impedancia normalizada

Resistencia al flujo

Para valorar el efecto de la resonancia de los materiales según la técnica de Ingard & Dear [2] se ha representado la diferencia de niveles LP1-LP2 según se explica anteriormente (figuras 7 a 10). Se ha seguido el mismo orden que en el caso del coeficiente de absorción. La observación de las medidas indica realmente el comportamiento absorbente o no del material. Como ejemplo, en la figura 7 se puede observar que los mínimos (asociados a la resonancia) no se producen a la frecuencia de 100 Hz (aproximadamente) sino que este mínimo se ha desplazado a la frecuencia de 200 Hz (aprox.). que se puede asociar a un comportamiento poco absorbente del material, produciendo resonancias a $\lambda/2$ y múltiplos. Otro efecto observable, es el desplazamiento progresivo hacia múltiplos impares de $\lambda/4$ de materiales con poca absorción a baja frecuencia y mayor absorción a alta frecuencia. Aplicando [1] a los mínimos, se puede obtener la resistencia al flujo.

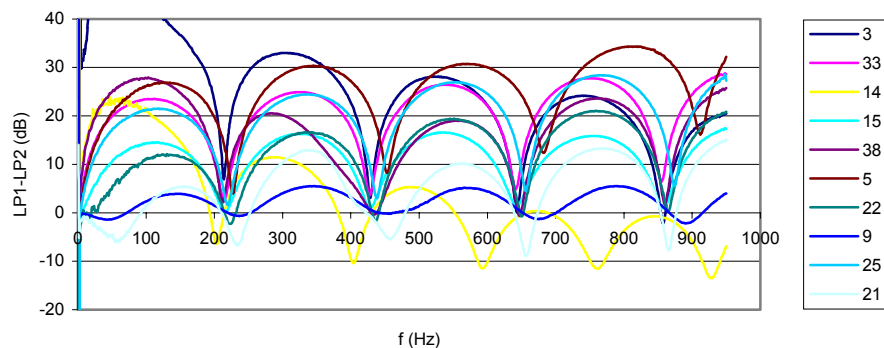


Figura 7. Resistencia al flujo (1).

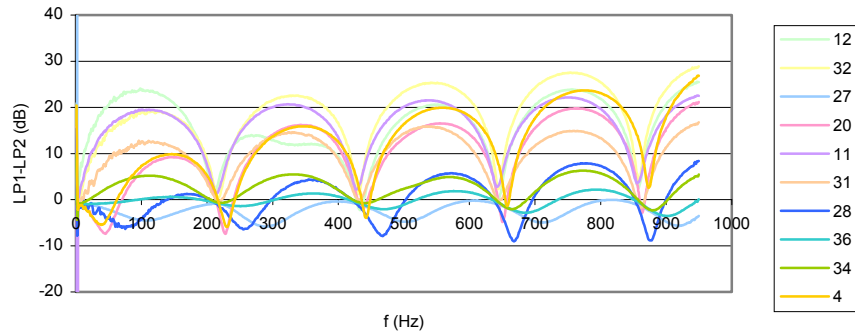


Figura 8. Resistencia al flujo (2)

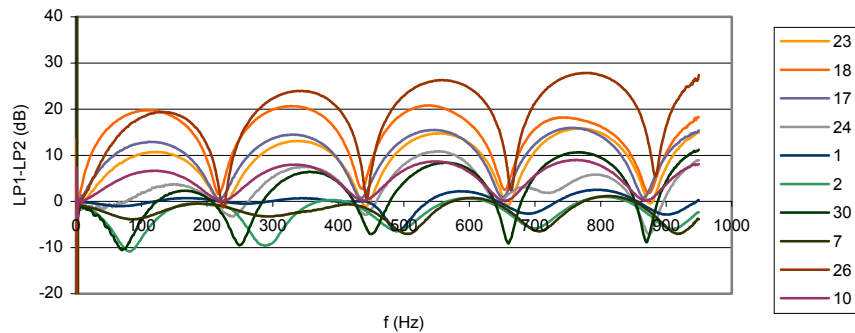


Figura 9. Resistencia al flujo (3)

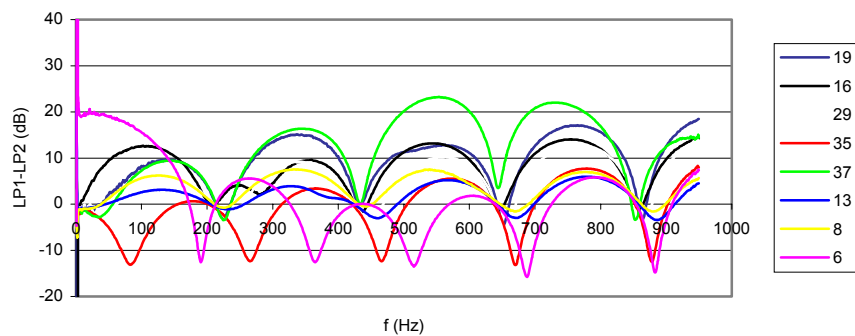


Figura 10. Resistencia al flujo (4)

CONCLUSIONES

Se ha realizado un programa de mediciones de impedancia y coeficiente de absorción de diferentes materiales, tanto monocapas como multicapas. Para la identificación de características absorbentes se utilizan los siguientes con los siguientes criterios observables:

- Coeficiente de absorción por encima de 0,2. (ver figura 6).
- Impedancia normalizada decreciente con la frecuencia y por debajo de 20 (ver figura 6).
- Resonancias en la medida de la resistencia al flujo asociadas a múltiplos impares de $\lambda/4$ (figuras 7 a 10). Hay resonancias marcadas a $\lambda/2$ cuando el material no presenta características absorbentes.

Finalmente, se podría proponer una revisión de la técnica de Ingard & Dear [2], generalizando

si es posible la medición de la resistencia al flujo en casos donde los materiales no tienen características acentuadas de absorción (globalmente o en un rango de frecuencias).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido fruto del convenio de investigación "HERRAMIENTAS DE PREDICCIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO PARA LA EMPRESA ACUSTTEL" realizado con la empresa Acusttel en el año 2005.

REFERENCIAS

- [1] UNE-EN ISO 10534-2 (2002), "Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia".
- [2] Ingard K. U., Dear T. A. (1985) Measurement Of Acoustic Flow Resistance, J. Sound Vib. 103(4), pág. 567-572
- [3] Delany M. E., Bazley E. N., "Acoustical Properties Of Fibrous Absorbent Materials", Applied Acoustics 3, (1970), 105 -116
- [4] Miki Y., "Acoustical Properties Of Porous Materials – Modifications Of Delany-Bazley Models-", J. Acoust. Soc. Jpn (E) 11, 1 (1990) 19-24
- [5] Allard J. F., Champoux Y., "New Empirical Equations For Sound Propagation In Rigid Frame Fibrous Materials", J. Acoust. Soc. Am. 91 (6), (1992) 3346 –3353
- [6] J. Alba, M^a. T. Lorenzana y J. Ramis "Modelado de materiales absorbentes acústicos a partir de mediciones en tubo de Kundt", Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería 2005 (Granada).