



SOLUCIONES AL RUIDO REVERBERANTE EXCESIVO BASADAS EN FIBRAS TEXTILES

J. Alba^a, J. Redondo^a, J. Ramis^a y V. Sanchís^b

^a Grupo de Dispositivos y Sistemas Acústicos y Ópticos, DISAO. Escuela Politécnica Superior de Gandía.
Carretera Nazaret-Oliva S/N, Grao de Gandia 46730 (Valencia) España.
jesalba@fis.upv.es, fredondo@fis.upv.es, jramis@fis.upv.es

^b Director técnico de la empresa PIEL S.A. Polígono industrial "CASA FELISIO", S/N, 46890, AGULLENT
(VALENCIA). calidad@pielsa.es

RESUMEN: En el nuevo borrador del Código Técnico de la Edificación, en concreto en el documento básico HR de *Protección frente al ruido* se recogen los valores límite de tiempo de reverberación en diferentes recintos: salas de conferencias en forma de paralelepípedo, recintos protegidos de uso docente, y restaurantes y comedores. Por tanto el cálculo de un tiempo de reverberación adecuado es uno de los puntos a incluir en el diseño de un recinto de los citados anteriormente.

En este trabajo se presenta un estudio del coeficiente de absorción en cámara reverberante de diferentes configuraciones con materiales basados en fibras textiles, realizado para la empresa PIEL S.A., y se proponen diferentes soluciones para abordar el problema.

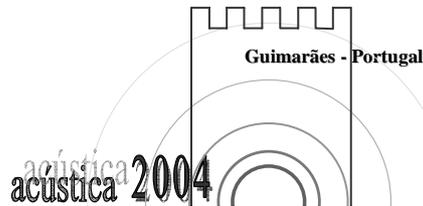
ABSTRACT: The first draft of the Spanish Building technical Norm, and in particular the basic paper of Protection against noise include limit values for reverberation time in different kinds of enclosures: Rectangular lecture halls, Protected Classrooms, restaurants and dining rooms. Therefore the calculation of the right reverberation time is one of the points to include in the design of that kind of enclosures.

In the present work we show a study of the absorption coefficient obtained in reverberant room of different configurations including materials based on textile fibres, carried out for the company PIEL S.A. We propose different solutions to deal with the problem.

1. INTRODUCCION

La preocupación por la comodidad acústica en un recinto es cada vez mayor. Por ello, es lógico que en el nuevo borrador del Código Técnico de la Edificación [1], en concreto en el documento básico HR de *Protección frente al ruido* se recojan recomendaciones y restricciones para conseguir adecuar el uso de diferentes recintos: salas de conferencias en forma de paralelepípedo, recintos protegidos de uso docente, y restaurantes y comedores. En el último borrador aparecen tiempos de reverberación límite y fórmulas que recogen el cálculo del coeficiente de absorción de techos para conseguir un tiempo de reverberación adecuado.

En este trabajo se presenta un estudio del coeficiente de absorción en cámara reverberante de diferentes configuraciones con materiales basados en fibras textiles, realizado para la empresa PIEL S.A. Además se presentan los datos siguiendo diferentes recomendaciones y se proponen diferentes soluciones para abordar el problema del ruido reverberante excesivo.



2. NORMATIVAS

2.1 Normas para la determinación del coeficiente de absorción en cámara reverberante

Actualmente la medida del coeficiente de absorción en cámara reverberante puede realizarse mediante la norma europea UNE-EN 20354 [2] o la americana ASTM C-423 [3]. En nuestro caso se ha escogido la primera. Se han medido con esta norma en la cámara reverberante de la E. P. S. de Gandia más de 200 configuraciones, aunque se mostrarán sólo algunas de ellas.

Las características de la cámara reverberante y las condiciones de medida han sido las siguientes: Volumen 238 m³, Superficie total 236 m², Tipo de señal Ruido Rosa, Tipo de análisis Bandas de un 1/3 de octava y de octava, Temperatura 21-23° , Humedad relativa 35-40%

Para profundizar en la técnica de medida se recomienda la lectura de la citada normativa. En [4] también se puede encontrar información sobre esta normativa. Pueden ser de interés también algunos trabajos previos sobre este tipo de materiales [5-7].

2.2 Coeficiente de absorción sonora ponderado [8]

La norma ISO 11654 [8] indica un procedimiento de obtención de un único parámetro, (α_w , Coeficiente de absorción sonora ponderado) que sirve para evaluar el grado de absorción proporcionado por un material. Obviamente este parámetro sólo será de utilidad en aquellos casos en los que no sea necesaria una evaluación acústica detallada del local en el que se haya de instalar el material en cuestión. Esta normativa añade, además, indicadores para la banda de octava que supere en más de 0,20 la curva de referencia. Por último, señalar que el indicador α_w permite obtener la *clase* de absorción acústica proporcionada por el material tal y como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1 – Clase de absorción acústica

Clase de Absorción Acústica	α_w
A	0'90 o mayor
B	entre 0'8 y 0'85
C	entre 0'6 y 0'75
D	entre 0'3 y 0'55
E	entre 0'15 y 0'25
sin clasificar	0'10 o menor

2.3. Coeficiente de reducción de ruido, NRC [4]

Otro de los indicadores también extendido es el NRC (coeficiente de reducción del ruido), que se define como el valor medio de los coeficientes de absorción del material a las frecuencias de 250, 500, 1000 y 2000 Hz. Además, esta media se expresa como el múltiplo más cercano de 0,05.

2.4. Coeficiente de absorción medio en el CTE [1]

Cabe destacar que en borrador del Documento Básico de Protección contra el ruido aparece el coeficiente de absorción medio del techo, α_t , para las frecuencias 500, 1000 y 2000. En este borrador se indican los márgenes máximos del tiempo de reverberación en función del uso (tabla 2) y se ofrecen condiciones de diseño para ciertos recintos (tabla 3).

Tabla 2 – *Tiempos de reverberación límite*

Recinto	TR límite
Recintos protegidos de uso docente (aulas)	0,7
Salas de conferencias en forma de paralelepípedo, Volumen mayor de 350m ³	0,7
Salas de conferencias en forma de paralelepípedo, 250 m ³ < V ≤ 350 m ³	0,5
Restaurantes y comedores	0,9

Tabla 3 – *Recomendaciones para techos*

Recomendaciones de diseño	Expresión	
Tratamiento uniforme de techos	$\alpha_t = h \cdot \left(\frac{0,16}{T} - \frac{0,12}{\sqrt{S}} \right)$	α_t : coeficiente de absorción medio del techo h(m): altura del recinto T(s): valor límite del tiempo de reverberación S(m ²): área del suelo
Aulas	$\alpha_t = h \cdot \left(0,23 - \frac{0,12}{\sqrt{\rho N}} \right)$	α_t : coeficiente de absorción medio del techo h(m): altura del aula ρ (m ²): ocupación o número de metros cuadrados por alumno en el aula N: número de alumnos
Restaurantes y comedores	$\alpha_t = h \cdot \left(0,18 - \frac{0,12}{\sqrt{\rho N}} \right)$	α_t : coeficiente de absorción medio del techo h(m): altura del comedor ρ (m ²): ocupación o número de metros cuadrados por comensal en el restaurante N: número de comensales
Tratamientos adicionales	$S_a = S_t \cdot \frac{(\alpha_t - \alpha'_t)}{\alpha'_t}$	α_t : coeficiente de absorción medio del techo α'_t : coeficiente de absorción medio del tratamiento adicional del techo S _t (m ²): área del techo

3. MEDICIONES

Se han realizado medidas de diferentes combinaciones de lanas textiles y telas con diferentes características. En este apartado se destacan las telas y lana textiles que aparecen en las tablas 4 y 5. La resistencia al flujo se ha determinado por el método de Ingard & Dear [9].

Tabla 4 – *Datos de las telas*

Muestras Telas	Densidad (g/m2)	Resistencia al flujo (Rayls)	Sigma (Rayls/m)
T1	253,6	292,8	325344,7
T2	391,1	257,0	257041,3
T3	574,5	364,1	242713,6
T4	773,2	373,9	186967,2
T5	395,4	214,6	143087,8
T6	265,2	110,2	110173,1

Tabla 5 – *Lanas textiles ensayadas (σ , densidad superficial, d, grosor)*

N1	$\sigma = 1900 \text{ g/m}^2$, d = 8 cm
N2	$\sigma = 1600 \text{ g/m}^2$, d = 6 cm
N3	$\sigma = 1000 \text{ g/m}^2$, d = 4 cm
N4	$\sigma = 400 \text{ g/m}^2$, d = 8 cm
N5	$\sigma = 400 \text{ g/m}^2$, d = 6 cm
N6	$\sigma = 400 \text{ g/m}^2$, d = 4 cm

A continuación se resumen algunas de las medidas. En la figura 1a se muestran los resultados de las medidas para las lanas textiles descritas. En las figuras 1b, 1c y 1d se muestran los resultados de las tres primeras telas con diferentes plenums. En las figuras 1a a 1f se muestran los resultados de las combinaciones de todas las lanas textiles con todas las telas.

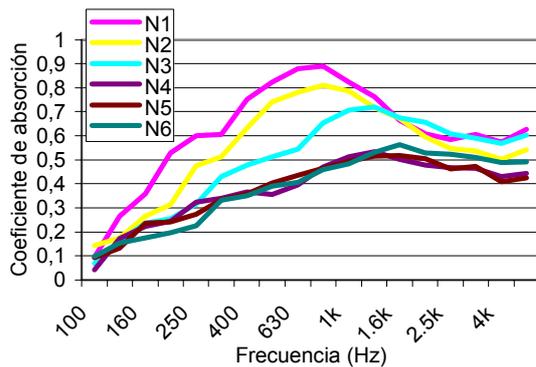


Figura 1a – *Coeficiente de absorción de las lanas*

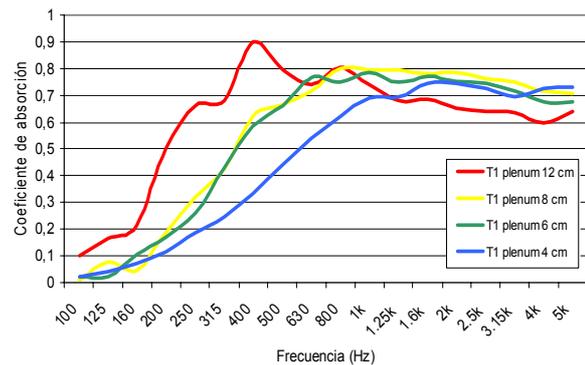


Figura 1b – *Coeficiente de absorción de la tela 1 con diferentes plenums*

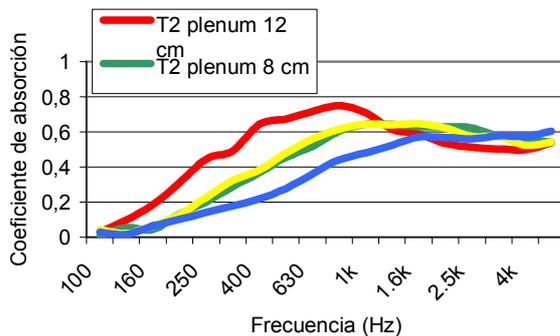


Figura 1c – *Coeficiente de absorción de la tela 2 con diferentes plenums*

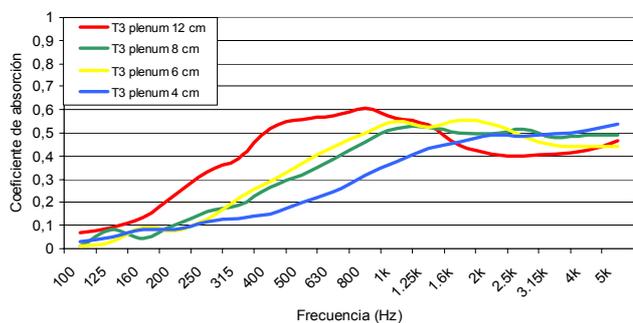


Figura 1d – *Coeficiente de absorción de la tela 3 con diferentes plenums*

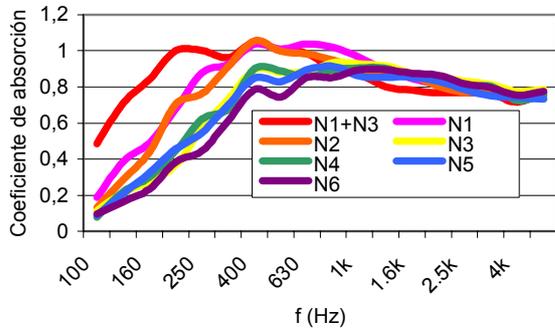


Figura 2a - Combinaciones de lanas con la tela 1

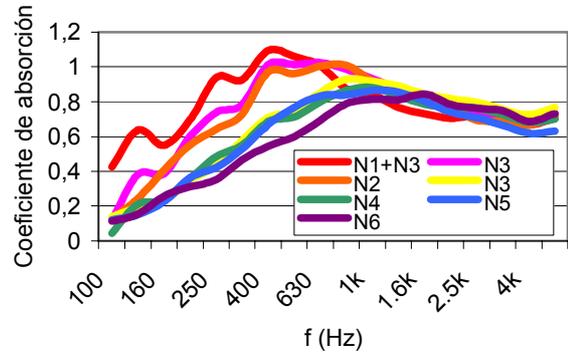


Figura 2b - Combinaciones de lanas con la tela 2

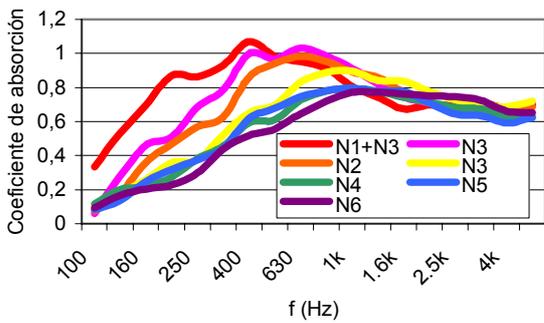


Figura 2c - Combinaciones de lanas con la tela 3

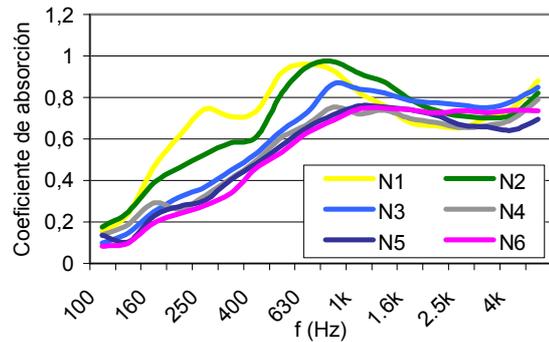


Figura 2d - Combinaciones de lanas con la tela 4

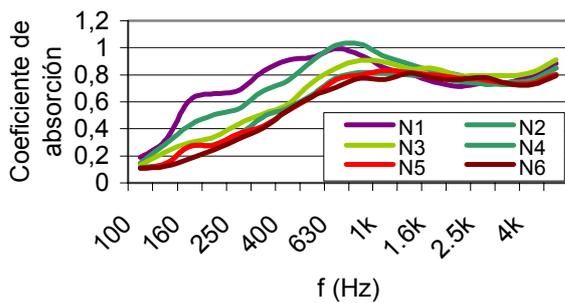


Figura 2e - Combinaciones de lanas con la tela 5

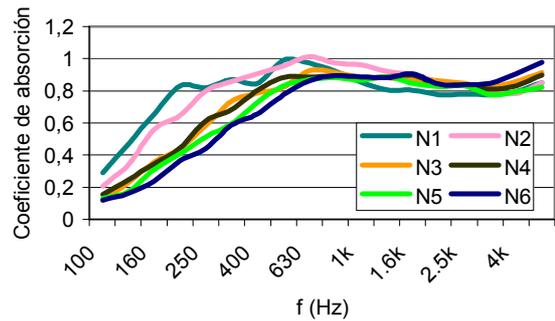


Figura 2f - Combinaciones de lanas con la tela 6

En la tabla 6 se muestra la clase de las telas combinadas con las lanas. En la tabla 7, α_w ponderado según ISO 11651. En la tabla 8 el NRC y en la 9 el coeficiente de absorción medio para techos α_t .

Tabla 6 - Clase

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Sin tela
N1	B	B	B	B	B	C	C
N2	C	B	B	A	B	C	C
N3	C	C	B	B	C	C	D
N4	C	C	B	B	C	C	D
N5	C	C	B	B	C	C	D
N6	D	C	B	C	C	D	D

Tabla 7 - Coeficiente de absorción ponderado α_w

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Sin tela
N1	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,75	0,7
N2	0,75	0,8	0,85	0,9	0,85	0,75	0,65
N3	0,7	0,75	0,85	0,85	0,75	0,65(H)	0,55
N4	0,65	0,75	0,85	0,85	0,65(H)	0,6	0,45
N5	0,7	0,75	0,8	0,8	0,65	0,6	0,5
N6	0,55(H)	0,65	0,8	0,75(H)	0,65	0,55(H)	0,45

Tabla 8 - NRC

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Sin tela
N1	0,8	0,85	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7
N2	0,8	0,85	0,9	0,9	0,8	0,75	0,65
N3	0,7	0,75	0,8	0,8	0,75	0,7	0,55
N4	0,65	0,7	0,8	0,8	0,65	0,6	0,4
N5	0,65	0,7	0,8	0,75	0,65	0,6	0,45
N6	0,6	0,65	0,75	0,75	0,65	0,6	0,45

Tabla 9 - Coeficiente de absorción medio ponderado α_t

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Sin tela
N1	0,87	0,90	0,93	0,87	0,85	0,78	0,73
N2	0,85	0,88	0,90	0,92	0,88	0,82	0,68
N3	0,80	0,82	0,90	0,87	0,82	0,77	0,62
N4	0,72	0,78	0,88	0,87	0,73	0,68	0,45
N5	0,73	0,78	0,85	0,85	0,75	0,67	0,47
N6	0,68	0,73	0,85	0,83	0,73	0,68	0,48

Puede verse que, en algunos casos hay diferencia entre cada uno de estos índices, por la forma de la curva de absorción, siendo NRC y α_t mayores que α_w .

4. ANÁLISIS DE LA CTE

Para ilustrar mejor el contenido de las tablas 2 y 3, respecto al control del ruido excesivo, se han calculado para los tiempos de reverberación límite, las siguientes figuras,. En la figura 3 se muestra el coeficiente de absorción medio de techos necesario con los diferentes tiempos límite y a 3 y 4 m de altura respectivamente. Se puede ver como, al aumentar la altura, el coeficiente debe ser más alto, llegando a necesitar el uso de otras superficies. Utilizando los datos que hemos medido, se pueden obtener diferentes soluciones. Si el TR es de 0,9 s y la altura es de 3 m, cualquiera de las combinaciones medidas serviría como solución, si se rellena todo el techo. Para la misma altura, y un TR de 0,5 la solución más adecuada es la de

combinar la lana 2 con la tela 4 (véase tabla 9). El mismo análisis puede realizarse con el resto de gráficas, aunque no será posible utilizar sólo el techo cuando hay valores por encima de 1.

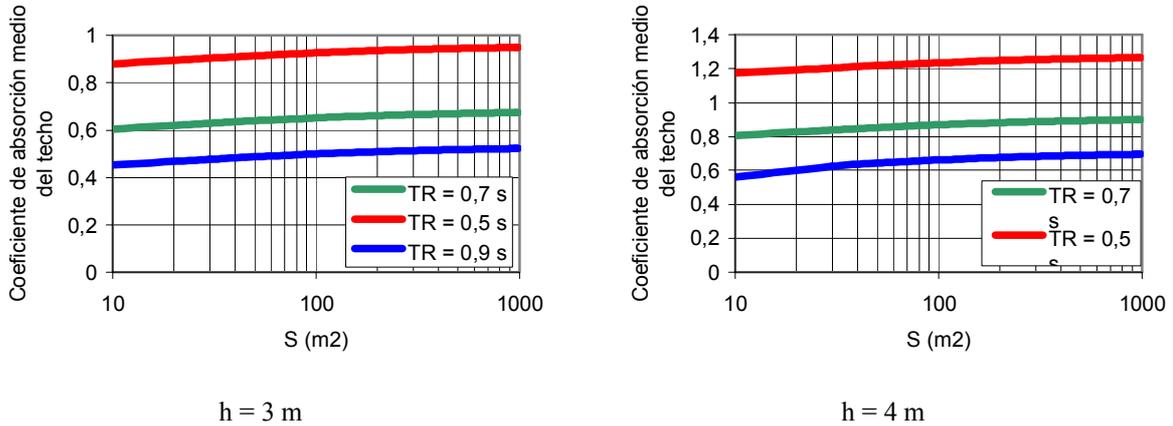


Figura 3 – Coeficiente de absorción para tratamientos uniformes de techos

En la figura 4 se muestra la evolución del coeficiente de absorción medio del techo para aulas en función de la ocupación y del número de alumnos, y para restaurantes en función de la ocupación y el número de comensales. Existe también esa tendencia creciente con la altura y una alta variabilidad en función del grado de ocupación. La variabilidad del coeficiente de absorción hace que en este caso se deban tomar decisiones. Parece lógico elegir en este caso el coeficiente de absorción más elevado puesto que llevará asociado un tiempo de reverberación más bajo del límite.

Para aulas con altura de 3 m, podríamos elegir valores del coeficiente de absorción de 0,6. La mayoría de las combinaciones de la tabla 9 servirían. Para 4 m, 0,8 parece un valor adecuado. Casi todas las combinaciones para las telas 3 y 4, podrían ser solución. Comentarios similares, adaptados a los resultados de la figura pueden realizarse para el caso de restaurantes.

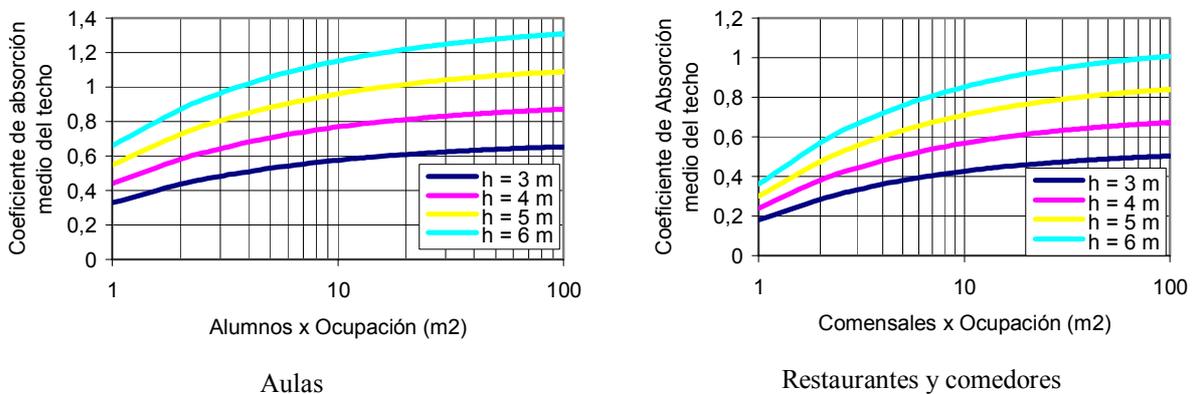
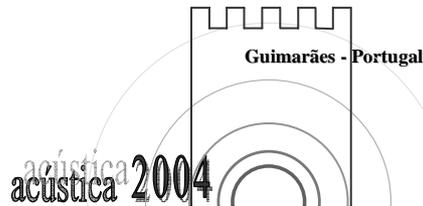


Figura 4 – Coeficiente de absorción para Aulas y Restaurantes



5. CONCLUSIONES

Se muestran en este trabajo diferentes soluciones para el control del tiempo de reverberación basadas exclusivamente en materiales textiles: lanas y telas. Existe un amplio margen de resultados con diferentes curvas de absorción.

Se ha comprobado como los diferentes indicadores para el coeficiente de absorción, α_w , NRC, o el α_t tienen valores distintos. Por ello parece conveniente conocer siempre la curva de absorción.

Se ha analizado la parte del borrador del CTE asociada al control del campo reverberante. Se representan ábacos de uso y ejemplos de soluciones con las combinaciones medidas.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa PIEL S.A., que ha confiado en nosotros para la evaluación de la aplicabilidad de sus materiales (lanas textiles y telas) en el ámbito de la Acústica Arquitectónica.

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio De Ciencia Y Tecnología. D.G. De Investigación (MAT2003-04068).

REFERENCIAS

- [1] Código Técnico de la Edificación (CTE). Segundo borrador del Documento Básico de Protección contra el Ruido. Octubre de 2003.
- [2] UNE –EN ISO 354 (ISO 354:2003). Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante.
- [3] ASTM C-423-02a. Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method.
- [4] C. M. Harris. “Manual de medidas acústicas y control de ruido”. McGraw-Hill (1995)
- [5] J. Alba, J. Redondo, J. Ramis, V. Sanchís, “Características acústicas de configuraciones con napas textiles”, Tecniacústica 2003 Bilbao.
- [6] J. Venero, J. Alba, J. Ramis, “Nuevos productos multicapa para el aislamiento acústico a ruido aéreo en la edificación”, Tecniacústica 2003 Bilbao
- [7] Jesús Alba Fernández, Jaime Ramis Soriano, Javier Redondo Pastor, Vicente Sanchís Rico, “AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO CON LANAS TEXTILES”, Congreso Ibérico de Aislamiento Térmico y Acústico, CIATEA 2004.
- [8] ISO 11654 (ISO 11654:1997). Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica.
- [9] Ingard K. U., Dear T. A. (1985) Measurement Of Acoustic Flow Resistance, *J. Sound Vib.* 103(4), pág. 567-572