

ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE TRANSMISIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Prieto Gajardo, C.; Barrigón Morillas, J.M.; Vílchez-Gómez, R.; Gómez Escobar, V.; Rey Gozalo, G.; Méndez Sierra, J.A.; Carmona del Río, F.J.

Laboratorio de Acústica, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Extremadura
Avda. de la Universidad, s/n, Cáceres, 10003 (SPAIN). Tel.: +34 927 25 71 95. Fax: +34 927 25 72 03.
{E-mail: barrigon@unex.es}

Resumen

Desde hace varios años se han incrementado en toda Europa las exigencias de aislamiento acústico en los diferentes elementos constructivos (paredes, suelos flotantes, fachadas, ventanas, etc.). Debido a ello, se ha incrementado la necesidad por parte de las empresas manufactureras de materiales constructivos de obtener un valor adecuado de aislamiento acústico para sus productos, que cumplan con las nuevas exigencias legales.

En el presente estudio, se muestra el proceso de caracterización del campo sonoro (mediante múltiples configuraciones de ensayo) de la cámara de transmisión de la universidad de Extremadura, con el fin de validar y cumplir con las exigencias de las actuales normas, para la medición en laboratorio, del aislamiento acústico de los elementos de construcción (normas de la serie UNE-EN ISO 10140).

Palabras-clave: Cámara de transmisión, aislamiento acústico, campo sonoro, UNE-EN ISO 10140.

Abstract

Since several years ago, the demands of sound insulation in different constructive elements (walls, floating floors, façades, windows, etc.) have increased across Europe. As a result, the need for building material enterprises to obtain an appropriate value of sound insulation for their products, that meet the new legal requirements, has increased.

The present study shows the process of characterizing the sound field (through multiple test configurations) of the transmission room at the University of Extremadura, in order to validate and meet the requirements of current standards, for laboratory measurement, of sound insulation of building elements (UNE-EN ISO 10140 standard series).

Keywords: Sound transmission room, sound insulation, sound field, UNE-EN ISO 10140.

PACS no. 43.55.Rg¹

¹ Sound transmission through walls and through ducts: theory and measurement.

1 Introducción

La creciente preocupación por la calidad de vida en la sociedad europea y la constante demanda de soluciones al incesante problema derivado de la contaminación acústica en las ciudades, han ido generando con los años una serie de documentos, normativas y directrices de carácter nacional y europeo [1-3] con el fin de proteger la salud de las personas frente a las molestias y enfermedades que el ruido puede causar. Por todo ello, los fabricantes de materiales y soluciones constructivas se interesan cada vez más en caracterizar y desarrollar nuevos productos con el fin de satisfacer estas exigencias legislativas.

De este modo y para poder ser considerados los datos como válidos y referentes en un mercado global, los resultados deberán obtenerse a partir de estudios realizados en cámaras de ensayos acústicos normalizadas; por ello, en el presente informe se llevará a cabo el protocolo de validación utilizando las normas de la nueva serie UNE-EN ISO 10140 [4-7] para que la cámara de transmisión horizontal de la Universidad de Extremadura cumpla con los requisitos establecidos.

1.1 Proceso de verificación y cumplimiento

Tras un período de más de dos años de construcción, la cámara de transmisión del edificio del Laboratorio de Acústica fue entregada a finales del 2009. En un primer estudio de caracterización de las cámaras de transmisión horizontal [8], realizado durante el año 2010 y presentado en el 41º Congreso Nacional de Acústica y 6º Congreso Ibérico de Acústica celebrado en León, se analizaron diferentes parámetros acústicos como el tiempo de reverberación, la homogeneidad del campo sonoro y difusividad, los modos de resonancia, el aislamiento acústico de las cámaras, el ruido de fondo, etc., concluyendo que la cámara de transmisión del Laboratorio de Acústica de la universidad de Extremadura, cumplía con gran parte de las especificaciones de carácter constructivo mencionadas en la normativa (volumen, forma, superficie, tamaño, área de ensayo, etc.), pero en lo relativo al campo sonoro existente en el recinto se comprobó que, a bajas frecuencias especialmente, la distribución del nivel de presión sonora no presentaba uniformidad (apareciendo focalizaciones) y el tiempo de reverberación no se comportaba de acuerdo a las pautas que especifica la norma para este tipo de cámaras y ensayos (Apartado 3.2.3 de la norma UNE-EN ISO 10140-5 [7]).

Por ello, se han llevado a cabo reformas en las cámaras y en el presente estudio se desarrolla el proceso de caracterización del campo sonoro (mediante múltiples configuraciones de ensayo) de la cámara de transmisión de la universidad de Extremadura, con el fin de corregir los problemas de difusividad y reverberación dentro de ambos recintos (emisor y receptor) y así cumplir con las exigencias de las actuales normas para la medición de los índices de aislamiento [4-7] alcanzando, por consiguiente, grados suficientes de aproximación a la situación ideal de difusión.

En este proceso de caracterización y acondicionamiento del campo sonoro existente en la cámara, se han utilizado tres tipos de materiales acústicos distintos indicados especialmente para la adecuación de los tiempos de reverberación y la uniformidad del campo sonoro. Los materiales mencionados fueron:

- Difusores planos de baja absorción acústica y masa constituidos de polimetacrilato de metilo de 5 mm espesor. (Apartado 3.3).
- Absorbentes especialmente diseñados para bajas frecuencias (denominados “trampas de graves”). (Apartado 3.4).
- Material absorbente-difusor diseñado para este tipo de recintos a base de preformado de fibra de vidrio. (Apartado 3.5).

2 Características de emplazamiento y diseño de la cámara de transmisión

A continuación, en la Tabla 1 y en las Figuras 1 y 2, se muestran algunas de las características más significativas de emplazamiento y diseño de la cámara de transmisión estudiada, ubicada en el campus universitario de la Universidad de Extremadura de la ciudad de Cáceres. Su forma, volumen, ubicación y construcción, proporción lineal, etc., responden satisfactoriamente a todas las pautas establecidas en las normas mencionadas anteriormente para este tipo de salas.

Ciudad Población Área Densidad	Localización geográfica	Campus UEx	Coordenadas GPS Latitud - Longitud	Temperatura anual mínima media máxima [°C]	Media de precipitación anual Total -máx./día [mm]	Datos promediados desde
CÁCERES 93.131 hab. 13,27 km ² 7018,16 hab./km ²	Avda. Universidad s/n	Escuela Politécnica	39,478499 -6,341650	10,66 16,23 21,80	48,00 - 16,96	1982-2011

Tabla 1 – Ubicación y datos meteorológicos [9] de la cámara de transmisión de la UEx



Figura 1 – Vista aérea de la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura en el campus de Cáceres. Se ha marcado la situación de las cámaras reverberante y de transmisión.

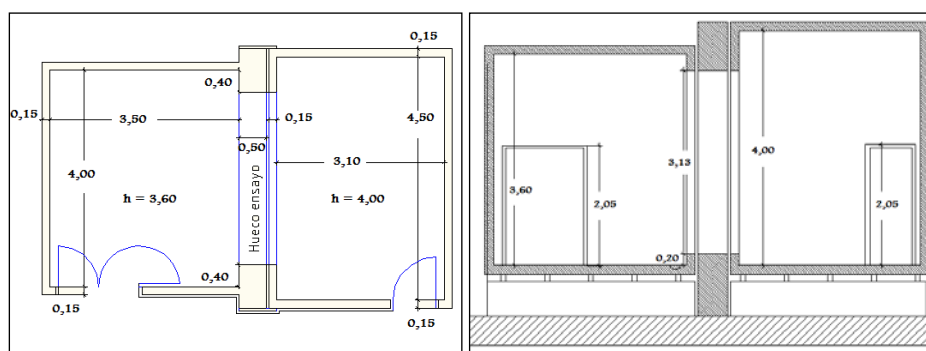


Figura 2 – Planta y alzado de la cámara de transmisión horizontal

3 Metodología empleada

3.1 Instrumentación y condiciones

Para la adecuada obtención de los parámetros acústicos que presentamos en este estudio y de acuerdo a lo establecido en las normas de referencia IEC 61672-1, IEC 61620 y IEC 60942, la instrumentación empleada (verificada y calibrada) en el laboratorio fue:

Analizador: PULSE Type 3160-A-042 de Brüel & Kjær

Micrófono: Transductor prepolarizado Type 4942-A-021 de Brüel & Kjær

Fuente de sonido: Omnipower Source Type 4292-L de Brüel & Kjær

Calibrador: Multifunction Acoustic Calibrator Type 4226 de Brüel & Kjær

Etapla de potencia: Power Amplifier Type 2734 de Brüel & Kjær

Estación meteorológica: Davis Instruments Vantage Pro2

Así mismo, las condiciones de medida presentes en los ensayos (temperatura y humedad relativa, rango de frecuencias, métodos de cálculo y precisión, nº de micrófonos y posiciones, etc.) fueron comprobadas para que cumpliesen con todos los requisitos mencionados en las normas de referencia de la serie UNE-EN ISO 10140.

3.2 Difusividad del campo sonoro. Metodología de ensayo

Con el objetivo de solucionar los problemas relacionados con el tiempo de reverberación y para poder alcanzar un buen grado de difusividad dentro de un recinto, la norma UNE-EN ISO 354:2004 [10] recomienda el empleo de difusores fijos o giratorios de diferente tamaño (entre 0,8 y 3 m²), constituidos por láminas de baja absorción acústica y con masas por unidad de superficie del orden de 5 kg/m², distribuidos por todo el volumen de la cámara y ligeramente orientados y curvados al azar.

De acuerdo a esta norma, el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura ha llevado a cabo un proceso de comprobación de la difusividad del campo sonoro, mediante diferentes configuraciones de los tres materiales indicados, para poder evaluar y hacer un seguimiento de los valores de aislamiento acústico y T_r obtenidos en cada sala (emisora y receptora) para cada configuración.

Durante este estudio de comprobación de la norma, se fueron realizando mediciones del T_r en ambos recintos (Tablas 3 y 4) a medida que se incrementaban en número y área la cantidad de difusores fijos y absorbentes centrados en bajas frecuencia (distribuidos al azar) en las cámaras.

Este procedimiento se repitió hasta que se encontró la configuración de ensayo que cumplía las pautas y exigencias recogidas en la mencionada norma de referencia. En los apartados 3.3, 3.4 y 3.5 se detallan las características principales de los materiales acústicos utilizados para el acondicionamiento de la cámara de transmisión.

3.3 Difusores de polimetacrilato de metilo

Se han utilizado en total cuatro difusores planos de baja absorción acústica y masa constituidos de polimetacrilato de metilo (comúnmente denominado “metacrilato”) de 5 mm de espesor, con formas rectangulares y longitudes entre 1 y 2 m (Figura 3).

El área total de la configuración final cubierta por los difusores suma un total de 21 m² (cuatro difusores, ambas caras), con orientación y distribución aleatoria y cubriendo todas las zonas de ambos recintos.

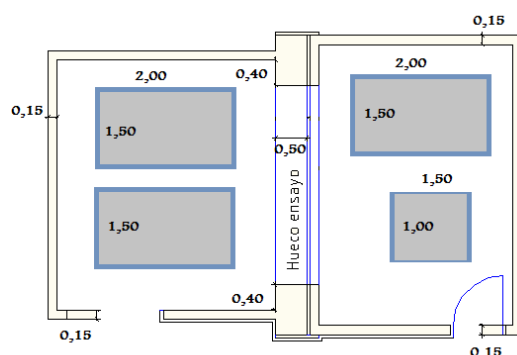


Figura 3 – Formato y posición de los difusores en la cámara (configuración final. Tablas 3 y 4)

3.4 Absorbentes centrados en bajas frecuencias

En el proceso de disminuir los tiempos de reverberación existentes en la cámara de transmisión, se fueron incrementando (junto con los difusores) absorbentes diseñados para bajas frecuencias (comúnmente denominados “trampas de graves”) con superficies de absorción de 0,5315 m². (Tabla 2)

Frec.	α_s
100	0,72
125	0,45
160	0,91
200	1,13
250	1,36
315	1,36
400	1,28
500	1,15
630	1,25
800	1,11
1000	1,04
1250	1,00
1600	0,94
2000	0,83
2500	0,79
3150	0,72
4000	0,61
5000	0,39

Tabla 2 – Coeficientes de absorción acústica proporcionados por el fabricante del material

3.5 Material absorbente-difusor

Como ya se mencionó en una comunicación anterior, referida a la cámara de transmisión de la Universidad de Extremadura [8], los tiempos de reverberación medidos en ambas salas eran muy elevados y precisaban ser corregidos para adaptarse a los requisitos de la serie UNE-EN ISO 10140. Por ello, y con el fin de disminuir la elevada reverberación, se colocó (previo a todas las medidas realizadas en este estudio) material absorbente-difusor diseñado para este tipo de recintos a base de preformado de fibra de vidrio. La porosidad del este material y su forma de media onda optimizan el coeficiente de absorción y lo dotan de un comportamiento absorbente y difusor a la vez. Sus dimensiones son de 1195 x 595 x 120 mm³.

La configuración final de este material fue de seis paneles en la cámara receptora y siete en la cámara emisora, colocado con una distribución aleatoria y cubriendo el mayor área posible de las 3 paredes verticales de cada cámara (exceptuando la correspondiente a la muestra bajo ensayo).

3.6 Solución constructiva ensayada

Para los experimentos que se incluyen en este trabajo, la muestra utilizada consistió en un cerramiento vertical (Tipo 2 según el CTE DB-HR [3]) compuesto por doble fábrica de ladrillo de gran formato de 7 cm, revestido con 1 cm de yeso por las caras exteriores, y cámara intermedia de 4 cm de espesor con lana de roca (Figura 4). Las dos fábricas se han construido colocando en todo el perímetro del marco una banda de poliestireno expandido elastificado de 1,5 cm de espesor, no existiendo contacto ni de los ladrillos ni del revestimiento con el marco portamuestras, dado que el índice de reducción acústica medido de un elemento de ensayo puede estar afectado por las conexiones con la estructura del laboratorio que rodea al elemento.

El montaje de los ladrillos se ha realizado con junta horizontal y vertical de pegamento-cola. La lana de roca utilizada, tiene un espesor de 40 mm y una densidad de 17 kg/m³. Las dimensiones medidas del ladrillo gran formato de 7 cm son: 705 mm de largo, 520 mm de alto y 70 mm de espesor. El peso medio medido del ladrillo ha sido de 17,7 kg (masa superficial estimada 48,2 kg/m²).

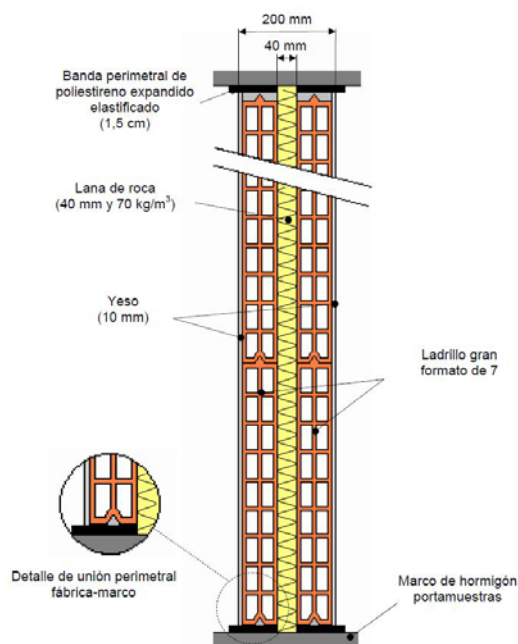


Figura 4 – Esquema de la muestra ensayada

4 Efectos y evolución del T_R

De acuerdo a lo establecido en el apartado 3.2.3 de la UNE-EN ISO 10140-5 [7] y conforme a la norma UNE-EN 3382-2 [11], “el tiempo de reverberación en los recintos en condiciones de ensayo normales (con absorción insignificante por parte del elemento de ensayo) no debería ser excesivamente largo o corto. Cuando el tiempo de reverberación, a frecuencias de y por encima de los 100 Hz, sobrepasa los 2 s o es inferior a 1 s, compruébese si el índice de reducción acústica medido depende del tiempo de reverberación. Cuando se halla una dependencia así, incluso con difusores en los recintos, estos se deben modificar para ajustar el tiempo de reverberación, T , de tal manera que:”

$$1 \leq T_r \leq 2 * \left(\frac{V}{50}\right)^{2/3}$$

De esta forma, si los volúmenes existentes en las cámaras de emisión y recepción son de 51,0 m³ y 60,1 m³ respectivamente, el margen establecido por la normativa en el que debe encontrarse el tiempo de reverberación será de entre 1 s y 2,03 s para la cámara de emisión y entre 1 s y 2,26 s para la cámara de recepción.

A continuación se muestran en las Tablas 3 y 4 los tiempos de reverberación existentes en las cámaras (emisión y recepción) para distintas configuraciones con trampas de graves y difusores. En todas las medidas realizadas en las cámaras, exceptuando los valores de la segunda columna, el número de paneles de absorción-difusión (apartado 3.5) ha sido constante, siete ubicados aleatoriamente en la cámara de emisión y seis en la de transmisión. Los valores sombreados en color rojo, muestran las frecuencias (para cada configuración) en las que no se cumple la condición mencionada anteriormente.

Trampas gr.	0	0	4	5	5	5	5	5	6	7	7	7	7
Difusores	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	1	1	2
Área dif. [m ²]	0	0	0	0	3	6	9	12	0	0	3	6	9
100	14,60	5,61	4,81	4,60	5,27	3,43	3,39	3,42	4,38	3,73	3,69	2,99	3,21
125	11,70	3,46	2,32	2,13	2,28	2,15	1,94	1,88	2,01	1,79	1,74	1,80	1,71
160	10,70	3,25	2,57	2,30	2,25	2,06	1,97	1,91	2,23	2,06	2,31	1,68	1,79
200	9,20	2,67	1,82	1,70	1,51	1,55	1,60	1,70	1,62	1,48	1,40	1,56	1,49
250	7,30	2,13	1,46	1,37	1,28	1,39	1,53	1,24	1,28	1,17	1,07	1,20	1,18
315	6,80	1,93	1,22	1,16	1,15	1,07	1,15	1,20	1,12	1,04	1,04	1,03	1,02
400	6,40	1,87	1,17	1,11	1,04	1,06	1,10	1,05	1,05	0,99	0,95	0,96	0,97
500	5,60	1,46	1,03	1,00	1,02	1,00	1,01	1,02	0,97	0,97	0,96	0,94	0,95
630	5,10	1,24	0,99	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,94	0,95
800	4,30	1,12	0,99	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,96	0,97	0,94	0,94	0,93
1000	4,10	1,14	1,04	1,02	0,98	0,97	0,97	0,95	1,03	1,03	0,98	0,94	0,94
1250	4,00	1,12	1,01	1,01	1,00	0,97	0,96	0,96	1,02	1,04	0,96	0,93	0,93
1600	3,70	1,06	0,99	0,98	0,96	0,95	0,95	0,95	0,99	0,99	0,94	0,93	0,92
2000	3,10	1,04	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,93	0,98	0,97	0,93	0,92	0,91
2500	2,70	1,02	0,97	0,96	0,94	0,94	0,93	0,92	0,96	0,96	0,93	0,92	0,91
3150	2,30	1,00	0,96	0,95	0,93	0,93	0,92	0,92	0,95	0,95	0,92	0,92	0,91
4000	1,90	0,97	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,93	0,93	0,91	0,90	0,90
5000	1,60	0,94	0,93	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89

Tabla 3 – Tiempos de reverberación en la cámara emisora en diferentes configuraciones

Trampas gr.	0	0	4	5	5	5	5	5
Difusores	0	0	0	0	1	1	2	2
Área dif. [m ²]	0	0	0	0	3	6	9	12
100	11,2	4,43	3,66	3,52	3,70	3,08	3,36	2,98
125	7,7	2,96	2,75	2,74	2,46	2,40	2,03	2,27
160	7,3	3,61	2,42	2,12	2,13	2,02	1,95	1,94
200	6,6	2,80	2,21	1,49	1,52	1,57	1,77	1,56
250	6,2	2,23	1,47	1,38	1,31	1,29	1,33	1,31
315	7,2	1,79	1,24	1,17	1,13	1,13	1,14	1,19
400	6,8	1,81	1,17	1,13	1,08	1,08	1,07	1,06
500	6	1,59	1,08	1,03	1,07	1,05	1,04	1,09
630	4,4	1,30	1,11	1,07	1,04	1,01	1,00	1,02
800	3,9	1,16	1,01	0,99	0,98	0,97	0,99	0,98
1000	3,9	1,14	1,02	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97
1250	3,9	1,12	1,00	0,97	0,95	0,96	0,96	0,96
1600	3,5	1,07	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96
2000	3,1	1,06	0,98	0,98	0,96	0,95	0,95	0,95
2500	2,6	1,02	0,96	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
3150	2,2	1,02	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93
4000	1,9	0,98	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,92
5000	1,6	0,96	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91

Tabla 4 – Tiempos de reverberación en la cámara receptora en diferentes configuraciones

5 Análisis de los resultados

Como se puede observar en las tablas 3 y 4, en ninguno de los casos/configuraciones detallados anteriormente se han conseguido valores del tiempo de reverberación, para la frecuencia de 100 Hz, por debajo de 2,98 segundos. Según lo especificado en el apartado 3.2.3 de la norma UNE-EN ISO 10140-5, y dado que el tiempo de reverberación en bajas frecuencias sobrepasaba los 2 segundos, se comprobó, con medidas del aislamiento para cada configuración durante el proceso de adecuación de las cámaras, que el índice de reducción acústica en esta frecuencia no dependía del tiempo de reverberación y este hecho no suponía un efecto sobre los valores globales de aislamiento.

Por lo tanto, y a la luz de los resultados mostrados en las Tablas 3 y 4, las configuraciones finales adoptadas en las cámaras y que por consiguiente cumplen con las pautas indicadas en las normativas son:

- **Cámara emisora:** 5 trampas de graves, 2 difusores (12 m², ambas caras). Figura 3. (Además, en la cámara se colocaron inicialmente 7 absorbentes-difusores)
- **Cámara receptora:** 5 trampas de graves, 2 difusores (9 m², ambas caras). Figura 3. (Además, en la cámara se colocaron inicialmente 6 absorbentes-difusores)

Como se puede extraer de los resultados presentados en las Tablas 3 y 4, los valores obtenidos para las configuraciones de ensayo con 5 absorbentes de bajas frecuencias (o trampas de graves) muestran efectos muy similares, lo cual indica el grado de estabilización en la cámara a pesar de seguir incrementando el área total de material difusor y absorbente.

6 Conclusiones

En el estado actual de la cámara de transmisión de la Universidad de Extremadura, es decir, con siete absorbentes-difusores, cinco trampas de graves y dos paneles difusores de metacrilato para la cámara de emisión y seis paneles absorbente-difusores, cinco trampas de graves y dos difusores de metacrilato fijos de distinto tamaño colocados aleatoriamente sobre la superficie del techo (de acuerdo a la Figura 3) para la cámara receptora, ésta cumple con todos los requisitos mencionados en las normas de la serie UNE-EN ISO 10140 (volumen, superficie, área del marco portamuestras, ruido de fondo, tiempos de reverberación mínimos y máximos, relaciones de forma y proporciones, etc.) para este tipo de cámaras y ensayos.

Además, se comprueba la influencia y repercusión del campo acústico existente en la sala cuando el material difusor y absorbente existente crece en número y área. Este efecto es positivo y provoca:

- Disminución de los T_r en bajas y medias frecuencias, ajustando los valores resultantes a los requisitos establecidos por la normativa actual (serie de la norma UNE-EN ISO 10140 [5-7, 12, 13]).
- Estabilización de los coeficientes de absorción sonora (α_s) y tiempos de reverberación en ambos recintos (emisor y receptor), mejorando los resultados correspondientes a los coeficientes de aislamiento acústico de la solución constructiva bajo ensayo.
- Aumento de la difusividad del campo sonoro existente en la sala, creando situaciones más homogéneas y uniformes.

Agradecimientos

Como entidades financiadoras del proyecto, a la Junta de Extremadura, Consejería de Economía, Comercio e Innovación y al Fondo Social Europeo.

A las empresas Hyspalit y Knauf Insulation por proporcionar los materiales de la solución constructiva bajo ensayo.



Referencias

- [1] *Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE)*. BOE num. 266 de 6/11/1999, pp. 38925-34.
- [2] *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*. BOE num. 74 de 28/03/2006, pp. 11816-31.
- [3] *Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*. BOE num. 254 de 23/10/2007, pp. 42992-3045.
- [4] UNE EN ISO 10140-1:2011/A1:2012. *Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos. Modificación 1: Directrices para la determinación del índice de reducción acústica de juntas rellenas de material de relleno y/o de elementos de sellado. (ISO 10140-1:2010/Amd 1:2012)*. Madrid, Spain.
- [5] UNE EN ISO 10140-2:2011. *Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo. (ISO 10140-2:2010)*. Madrid, Spain.
- [6] UNE EN ISO 10140-4:2011. *Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 4: Procedimientos y requisitos de medición. (ISO 10140-4:2010)*. Madrid, Spain.
- [7] UNE EN ISO 10140-5:2011. *Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 5: Requisitos para instalaciones y equipos de ensayo. (ISO 10140-5:2010)*. Madrid, Spain.
- [8] Barrigón Morillas, J.M., Vílchez-Gómez, R., Soletto Rubio, E., Méndez Sierra, J.A., Gómez Escobar, V., Rey Gozalo, G. *Estudio preliminar de la cámara de transmisión del laboratorio de acústica de la universidad de Extremadura*. In: Tecniacústica León, León, Spain, 2010.
- [9] AEMET. Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/datos_observacion/, 2012.
- [10] UNE EN ISO 354:2004. *Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante*. Madrid, Spain.
- [11] UNE EN ISO 3382-2:2008. *Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios (ISO 3382-2:2008)*. Madrid, Spain.
- [12] UNE EN ISO 10140-1:2011. *Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos. (ISO 10140-1:2010)*. Madrid, Spain.
- [13] UNE EN ISO 10140-3:2011. *Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 3: Medición del aislamiento acústico al ruido de impactos. (ISO 10140-3:2010)*. Madrid, Spain.