

SOBRE EL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LOS SISTEMAS LIGEROS MULTICAPA. EXPERIENCIAS IN SITU.

Luis Gerardo Mazarío Fernández

Ignacio Guillén Guillamón

Vicente Gómez Lozano

Ana Llopis Reyna

Departamento de Física Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia

Abstract

The work carries out a study about airborne sound insulation between interior walls rooms using field measurements, focusing in educational centers buildings with lightweight framed structure with plasterboards that contain doors. The aim is to know the actual sound insulation condition comparing these values with those obtained by theoretical prediction models used to design the building elements, checking if these values meet the requirements of current regulations.

This need to know the relationships between field insulation values, insulation prediction values and laboratory found values is motivated by the recent change in regulations that establishes the obligation to adapt each room to the minimum sound insulation conditions, thus establishing the relationships between theoretical prediction models values, field insulation values and laboratory found values.

Made experiences prove the complexity of the application of the theoretical prediction models when there is a door in the building component. The work ends establishing some relationships between field values, prediction values and laboratory values.

Keywords: *acoustic insulation; field measurements; experimental results; sound insulation of building elements; ISO 717-1; airborne sound insulation*

Resumen

El trabajo realiza un estudio sobre el aislamiento acústico aéreo en particiones interiores mediante experiencias in situ, centrándose edificios de tipo docente y en las soluciones constructivas multicapa de placa de yeso laminado que contienen puerta. Se pretende conocer las condiciones reales de aislamiento, comparando estos valores con los obtenidos mediante los modelos de predicción teóricos usados para diseñar los elementos constructivos, a la vez de comprobar si se satisfacen las exigencias establecidas en la normativa actual.

Esta necesidad de conocer la relación entre valores de aislamiento in situ, valores de aislamiento de predicción y valores hallados en laboratorio, viene motivada por el reciente cambio normativo que establece el tener que adaptar cada recinto a unas condiciones mínimas de aislamiento. Estableciendo de esta manera las relaciones que existen entre los modelos de predicción teóricos, los valores obtenidos in situ y los valores obtenidos en laboratorio.

De las experiencias realizadas se ratifica la complejidad de la aplicación de los modelos de predicciones teóricas cuando existe una puerta en el elemento separador. El trabajo finaliza

estableciendo algunas relaciones que existen entre los valores de aislamiento obtenidos in situ, las predicciones teóricas y los valores obtenidos en laboratorio.

Palabras clave: *aislamiento acústico; mediciones in situ; resultados experimentales; aislamiento acústico de elementos constructivos; UNE-EN ISO 717-1; aislamiento a ruido aéreo*

1. Introducción

En los últimos años se ha producido un aumento de la concienciación en materia de protección al ruido en el sector de la edificación, lo que ha derivado en la aparición de nuevas exigencias legales demandadas para las construcciones del siglo XXI. En este sector esta normativa viene encabezada por el Documento Básico de Protección frente al ruido (DB-HR) del Código Técnico de la Edificación (CTE). Este nuevo marco normativo introduce numerosas novedades incluyendo nuevos y más exigentes niveles de aislamiento, pero el gran avance es el de tener que adaptar cada recinto a unas condiciones mínimas de aislamiento, es aquí donde nace la necesidad de comprobar la relación entre los valores de aislamiento de las soluciones constructivas cuando son estudiadas en condiciones ideales de laboratorio, la relación de esos valores con los modelos de predicción teórica usados en fase de proyecto y los valores de aislamiento que se obtienen in situ, que son al fin y al cabo los niveles de confort perceptibles para el usuario final.

La gran novedad que introduce el DB-HR respecto anteriores normativas es que las exigencias de aislamiento a ruido aéreo entre recintos vienen establecidas por diferencias de niveles entre recintos ($D_{nT,A}$), en detrimento de los índices de reducción acústica (R_A) que son parámetros obtenidos en laboratorio en condiciones ideales y que no reflejan la realidad de aislamiento del elemento colocado in situ, debido a no tener en cuenta las características de los recintos, las transmisiones indirectas y los posibles efectos derivados de la ejecución.

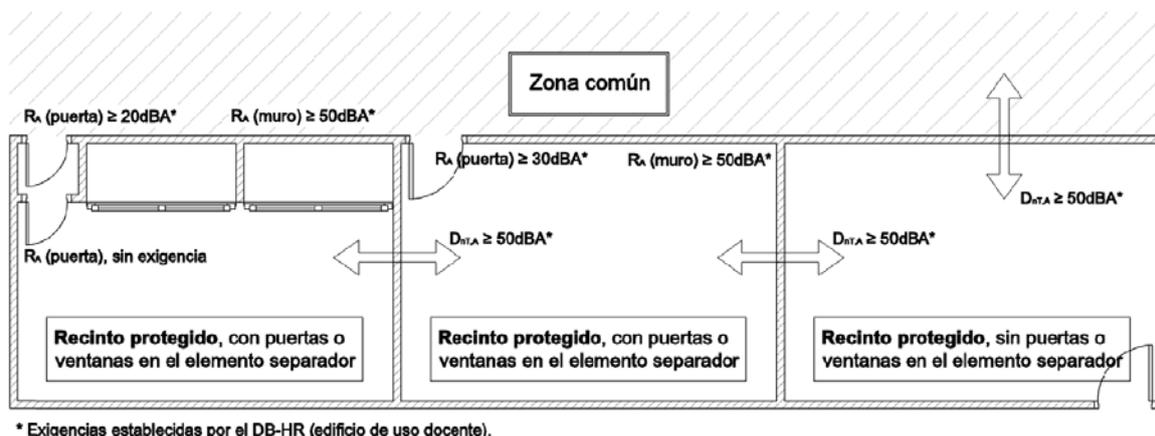
El uso de valores R_A en el diseño de las construcciones, obligaba a sobredimensionar los elementos constructivos previniendo el descenso del aislamiento que se produce in situ debido a transmisiones directas, indirectas, por vía de flancos y fallos durante la ejecución. El DB-HR establece la mayoría de las exigencias de aislamiento con valores $D_{nT,A}$, cuyo proceso de cálculo es laborioso ya que se deben de estudiar todos los recintos del edificio por parejas, siendo uno el emisor del ruido y otro el receptor.

De los posibles usos que puedan tener las edificaciones, este trabajo se centra en edificios de tipo docente y en las exigencias de aislamiento a ruido aéreo establecidas en el DB-HR para esta tipología de edificios. En los edificios de tipo docente, las aulas se consideran recintos protegidos de unidades de uso diferentes, que son aquellos a los que se les exige mejores características acústicas, para proteger estos recintos del ruido producido en zonas comunes se establecen unos valores mínimos de aislamiento a ruido aéreo ($D_{nT,A}$) de 50dBA siempre que no existan puertas o ventanas; si existen, se establece que el índice de reducción acústica (R_A) de la zona ciega del muro no debe de ser menor a 50dBA y de 30dBA para las puertas o ventanas, en el caso de que exista una doble puerta con vestíbulo de independencia, se exige un aislamiento a la puerta exterior de 20dBA y sin exigencia para la puerta interior, al considerarse el vestíbulo como recinto habitable (Figura 1).

Esta incongruencia, entre exigir a un mismo elemento constructivo un valor de aislamiento basado en $D_{nT,A}$ o en R_A dependiendo de si contiene o no puertas o ventanas, es de donde nace la necesidad de valorar si es suficiente exigir al elemento más débil un R_A de 30dBA o de 20dBA, lo que in situ podría resultar un aislamiento menor, respecto de los 50dBA que se exige a esta misma pareja de recintos en el caso de que no contengan puerta.

¿Por qué no se exigen valores mínimos de $D_{nT,A}$ cuando existen puertas o ventanas en el elemento separador?, ¿Es suficiente un R_A de 30dBa para las puertas o ventanas?, y lo más importante ¿Qué valores de $D_{nT,A}$ van a resultar in situ en elementos constructivos que contienen puerta?

Figura 1. Exigencias de aislamiento a ruido aéreo



2. Objetivos

Para tratar de responder a estas preguntas se plantean los siguientes objetivos. En primer lugar analizar las condiciones reales del aislamiento in situ obtenido, comparando dichos valores con los índices de aislamiento obtenidos mediante los modelos de predicción teóricos utilizados para el diseño de los elementos constructivos. Estableciendo de esta manera una relación con los valores obtenidos mediante los ensayos de laboratorio, determinando así los principales parámetros que influyen en los valores de aislamiento que se obtienen in situ respecto de las predicciones realizadas en fase de proyecto.

Dada la naturaleza del trabajo es preciso intervenir en todas las fases del proceso constructivo, desde la realización del proyecto hasta la ejecución de obra, debido a que es necesario para el estudio de los parámetros acústicos estudiar una obra desde su inicio, por ello este trabajo se apoya en obras de construcción reales.

El segundo objetivo del trabajo es determinar una vez obtenido el aislamiento, si con las exigencias propuestas para elementos separadores con puertas es suficiente, ya que este aislamiento exigido es menor en comparación con el exigido para los casos en los que existen puertas, comparando estos valores obtenidos tanto con las recomendaciones como con los valores establecidos para los supuestos sin puerta.

3. Metodología

En primer lugar se realiza una predicción teórica del aislamiento $D_{nT,A}$ mediante los modelos de cálculo establecidos en el DB-HR. Estas predicciones teóricas de aislamiento se basan en los índices de aislamiento R_A para los elementos homogéneos, o en índices de aislamiento de elementos constructivos mixtos ($R_{m,A}$) para elementos heterogéneos. Los índices de aislamiento de los diferentes elementos constructivos se pueden obtener de diferentes fuentes, como el Catálogo de Elementos constructivos (CEC) del CTE, ensayos de laboratorio, Tesis Doctorales, artículos de investigación, estimaciones teóricas mediante la Ley de Masas, etc.

En segundo lugar, se plantea la comprobación experimental de las predicciones teóricas anteriores mediante la realización de un programa de ensayos acústicos in situ. Estas experiencias in situ se llevan a cabo conforme lo establecido en las normas UNE-EN ISO 140-4, Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo entre locales y UNE-EN ISO 717-1, Aislamiento a ruido aéreo.

Por último, el trabajo finaliza analizando las diferencias entre las aproximaciones teóricas de aislamiento y los valores obtenidos in situ. Comparando estos valores de aislamiento tanto con las exigencias establecidas como con las recomendaciones de aislamiento para este tipo de recintos.

El estudio de la comparación entre predicciones teóricas y valores obtenidos in situ ha sido objeto de diversos estudios a lo largo de los últimos años, aunque en ninguno de los casos se ha abordado el aislamiento en particiones que contienen puertas, a lo que además se suma la existencia de diversos modelos teóricos recogidos tanto en textos normativos internacionales como los establecidos en la bibliografía específica.

Estas comparaciones calculadas con el fin de cuantificar el descenso que se produce por transmisiones indirectas son sumamente variables dependiendo del autor, algunos de los estudios más representativos son los siguientes:

La Guía de aplicación del DB-HR (2009) establece que el descenso que se produce in situ respecto del índice obtenido en laboratorio es generalmente mayor a 5dB. Para los autores Mestre Sancho y García Sencherms (1983) esta disminución de aislamiento está en torno a 8-10dB, obteniendo en el mejor de los casos descensos de 3-4dB. Para Pedersen y Metzen (1999) se produce una desviación típica de 2dB al comparar las predicciones realizadas con la norma UNE-EN 12354 y el aislamiento obtenido in situ. Un estudio realizado por R.J.M. Craik (2001) determina que la omisión de considerar las transmisiones indirectas supone un error del orden de 5 a 10dB. Lauren Galbrun (2008) determinó que la omisión de tener en cuenta las transmisiones indirectas supone al menos 5dB.

4. Modelo teórico

Para el cálculo de la predicción teórica del aislamiento $D_{nT,A}$ se utiliza el modelo de cálculo establecido en el DH-HR que se basa en el método simplificado descrito en la norma UNE-EN 12354-1, este índice de aislamiento entre recintos interiores se calcula partiendo del índice global de reducción acústica ponderado A (R'_A), aplicando las correcciones geométricas del recinto y del elemento separador (Ecuación 1).

$$D_{nT,A} = R'_A + 10 \log \left(\frac{0,32 V}{S_S} \right) \quad (1)$$

Donde:

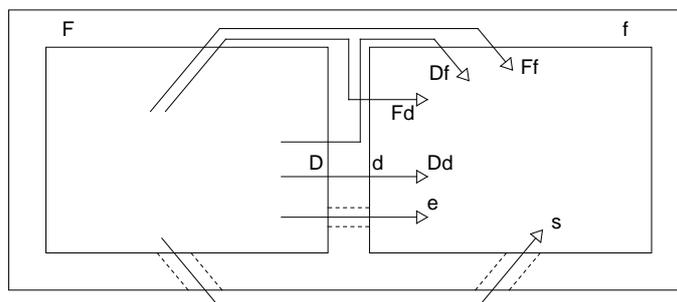
R'_A : Índice global de reducción acústica ponderado A (dBA).

V : Volumen del recinto receptor (m^3).

S_S : Superficie del elemento separador (m^2).

Para denominar los caminos de transmisión indirecta o por vía de flancos (Figura 2) entre recintos, el CTE utiliza una denominación alfabética que hace alusión al elemento separador y a los flancos. El elemento separador se denomina mediante la letra D cuando se trata de la superficie del local emisor y con la letra d cuando se trata de la superficie del local receptor. Los flancos del local emisor se caracterizan mediante la letra F y los del local receptor mediante la letra f . De esta forma en el local emisor hay una superficie del elemento separador y cuatro superficies de flancos (paredes laterales, techo y suelo) que tienen elementos de conexión en los encuentros con el elemento separador. Por tanto, para identificar el flanco que estamos tratando hay que referir de qué partición se trata.

Figura 2. Esquema de las transmisiones directas, indirectas y por vía de flancos entre una pareja de recintos (según el DB-HR)



Con lo que el paso directo es el Dd , el paso de techo a techo de los dos locales es el Ff , el paso del sonido que incide en el techo del local emisor y llega al local receptor pasando por el elemento de separación es el Fd y el paso del sonido que incide en el elemento separador y llega al local receptor por el techo del local receptor es el camino Df , si existe algún hueco o conducto de instalaciones se produce un debilitamiento del aislamiento y se tiene en cuenta el paso añadido, identificándolo con la letra e .

El índice global de reducción acústica ponderado A (R'_A) es el parámetro que tiene en cuenta las transmisiones indirectas entre el recinto emisor y el receptor (Ecuación 2).

$$R'_A = -10 \log \left(10^{-0.1R_{Dd,A}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0.1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0.1R_{Df,A}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0.1R_{Fd,A}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=ei,si} 10^{-0.1D_{n,ai,A}} \right) \quad (2)$$

Donde:

$R_{Dd,A}$: Índice global de reducción acústica para la transmisión directa (dBA).

$R_{Ff,A}$: Índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, camino Ff (dBA).

$R_{Df,A}$: Índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, camino Df (dBA).

$R_{Fd,A}$: Índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, camino Fd (dBA).

$D_{n,ai,A}$: Diferencia de niveles normalizada, ponderada A , para la transmisión de ruido aéreo por vía directa, a través de aireadores u otros elementos de construcción pequeños, $D_{n,e,A}$, o por vía indirecta, $D_{n,s,A}$, a través de pasillos y distribuidores, o a través de sistemas como conductos de instalaciones o de ventilación.

n : número de elementos de flanco del recinto.

S_s : superficie del elemento separador (m^2).

A_0 : área de absorción equivalente de referencia, de valor $A_0=10m^2$.

El índice global de reducción acústica para la transmisión directa ($R_{Dd,A}$) se determina a partir de los datos del elemento de separación según la siguiente expresión (Ecuación 3):

$$R_{Dd,A} = R_{S,A} + \Delta R_{Dd,A} \quad (3)$$

Donde:

$R_{S,A}$: índice global de reducción acústica del elemento de separación (dBA).

$\Delta R_{Dd,A}$: mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de revestimientos del lado de la emisión y de la recepción en dBA.

Los valores de los índices globales de reducción acústica para la transmisión por flancos se determinan mediante las siguientes expresiones (Ecuaciones 4, 5 y 6):

$$R_{Ff,A} = \frac{R_{F,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Ff,A} + K_{Ff} + 10 \log \frac{S_s}{I_o + I_f} \quad (4)$$

$$R_{Df,A} = \frac{R_{S,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Df,A} + K_{Df} + 10 \log \frac{S_s}{I_o + I_f} \quad (5)$$

$$R_{Fd,A} = \frac{R_{F,A} + R_{S,A}}{2} + \Delta R_{Fd,A} + K_{Fd} + 10 \log \frac{S_s}{I_o + I_f} \quad (6)$$

Donde:

$R_{F,A}$: Índice global de reducción acústica del elemento de flanco F (dBA).

$R_{f,A}$: Índice global de reducción acústica del elemento de flanco f (dBA).

$\Delta R_{Ff,A}$: Mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de revestimientos del elemento de flanco, del lado de la emisión y de la recepción (dBA).

$\Delta R_{Df,A}$: Mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de revestimientos en el elemento de separación del lado de la emisión y/o del elemento de flanco en la recepción (dBA).

$\Delta R_{Fd,A}$: Mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de revestimientos en el elemento de flanco del lado de la emisión y/o del elemento de separación en la recepción (dBA).

K_{ij} : Índice de reducción de vibraciones para el camino por flancos ij ($ij = Ff; Fd$ o Df), (dB). Los K_{ij} varían en función de la masa y del tipo de unión de los elementos constructivos y se calcularán de acuerdo al DB-HR.

S_s : superficie del elemento separador (m^2).

I_f : Longitud común de la arista de unión entre el elemento de separación y los elementos de flancos F y f (m).

I_o : Longitud de la arista de unión de referencia, de valor $I_o=1m$.

Cuando los elementos de contorno estén formados por varios materiales diferentes, los índices globales de reducción acústica del elemento de flanco se deben ajustar. Si el porcentaje de huecos es menor al 30% debe de calcularse el valor de aislamiento constructivo mixto ($R_{m,A}$) mediante la siguiente expresión (Ecuación 7):

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{S} 10^{\frac{-R_{j,A}}{10}} \right) \quad (7)$$

Donde:

$R_{m,A}$: Índice global de reducción acústica ponderado A del elemento constructivo mixto (dBA).

$R_{i,A}$: Índice global de reducción acústica ponderado A del elemento i (dBA).

S: Área total del elemento constructivo (m^2).

S_i : Área del elemento i (m^2).

5. Comprobación experimental

El estudio se ha llevado a cabo en tres edificios de tipo docente, de los cuales uno de ellos es un Instituto de Educación Secundaria y los otros dos son Escuelas Musicales. El parámetro estudiado es el aislamiento a ruido aéreo entre zonas comunes y recintos protegidos. Se han realizando un total de 7 ensayos conforme la normativa vigente. Todos los elementos separadores cuentan con una puerta a excepción del ensayo número 3 que tiene doble puerta con vestíbulo de independencia.

En el caso del instituto el elemento separador está formado por un entramado autoportante con placas de yeso laminado de 15mm de espesor, ancho de perfilería de 70mm y aislamiento térmico y acústico de densidad $70Kg/m^3$ y 70mm de espesor. La masa estimada

del conjunto es de 26Kg/m^2 y un R_A de 47dBA conforme lo establecido en el CEC del DB-HR.

En la Escuela de Música 1 el elemento separador está formado por un entramado autoportante de doble hoja y doble placa de yeso laminado 13+13mm, la perfilería es de 46mm separados entre ellos 10cm (cámara de aire), en los canales se ubica un aislante térmico y acústico de densidad 70Kg/m^3 y 50mm de espesor. La masa estimada del conjunto es de 44Kg/m^2 y un R_A calculado mediante ensayos en laboratorio de 61dBA.

En la Escuela de música 2 el elemento separador está formado por un tabique de ladrillo hueco de espesor 7cm trasdosado en ambas caras mediante un entramado de yeso autoportante con perfilería de 46mm, aislamiento térmico y acústico de 70Kg/m^3 y 50mm de espesor, por un lado se ubica doble placa 13+13mm y por el otro lado un única placa de 13mm. La masa estimada del conjunto es de 155Kg/m^2 y un R_A estimado en proyecto de 60dBA.

6. Resultados y discusión

Conocidas las características geométricas de los recintos y los índices de aislamiento de todos los elementos de contorno se calculan los $D_{nT,A}$ conforme los modelos de cálculo anteriormente descritos, finalmente se realizan mediciones in situ y se obtiene el aislamiento real en obra $D'_{nT,A}$ en dBA de los elementos constructivos (Tabla 1).

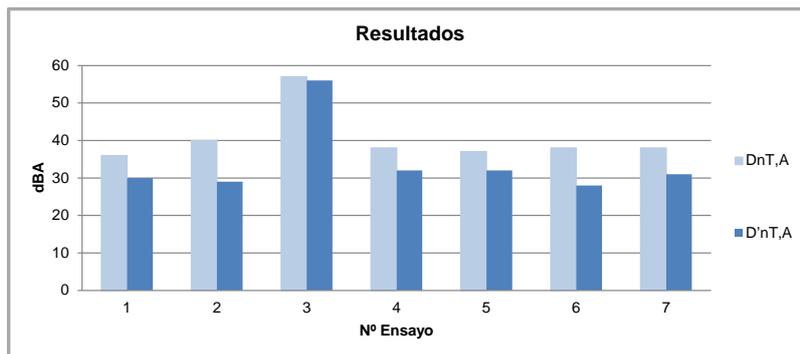
Tabla 1. Valores de aislamiento obtenidos

Edificio	Nº Ensayo	R_A (parte ciega)	R_A (puerta)	$R_{m,A}$	$D_{nT,A}$	$D'_{nT,A}$
Instituto	1	47dBA	19dBA	26dBA	36dBA	30dBA
Escuela de Música 1	2	61dBA	30dBA	37dBA	40dBA	29dBA
Escuela de Música 1	3	61dBA	45dBA	52dBA	57dBA	56dBA
Escuela de Música 2	4	60dBA	25dBA	28dBA	38dBA	32dBA
Escuela de Música 2	5	60dBA	25dBA	31dBA	37dBA	32dBA
Escuela de Música 2	6	60dBA	25dBA	30dBA	38dBA	28dBA
Escuela de Música 2	7	60dBA	25dBA	30dBA	38dBA	31dBA

Se observa claramente que al ser la puerta el elemento de aislamiento más débil, el valor de aislamiento mixto del elemento separador ($R_{m,A}$) esta muy influenciado por el valor de aislamiento de la puerta, independientemente del aislamiento de la zona ciega.

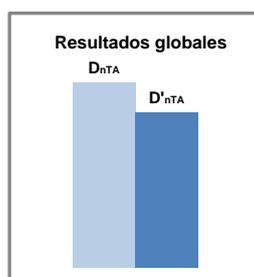
El primer resultado que se extrae del análisis global es que los valores de predicción son mucho más elevados que los obtenidos in situ (Figura 3). Esta diferencia entre los valores de predicción y los obtenidos in situ oscilan entre un descenso del 13% hasta del 27.5% del valor obtenido in situ para los ensayos que contienen una puerta, con una desviación estándar de 5.8. Este descenso tan pronunciado se debe a la dificultad de modelizar parejas de recintos con puertas en su elemento separador, debido a la dificultad de cuantificar las transmisiones indirectas. En el caso de la doble puerta el descenso es aproximadamente del 2%.

Figura 3. Resultados de los ensayos



Si se analizan los resultados de forma global el descenso medio del aislamiento obtenido in situ respecto de la predicción es del 17% (Figura 4). El aislamiento in situ del elemento separador en dBA oscila entre 28 y 32dBA para los casos con una puerta y de 56dBA para el caso de doble puerta, estos aislamientos están muy por debajo del aislamiento de 50dBA exigido para este mismo elemento separador en el supuesto de que no contuvieran puerta.

Figura 4. Relación entre los resultados globales



7. Conclusiones

El aislamiento global de un elemento separador de una pareja de recintos, esta influenciado directamente por el valor de aislamiento del elemento más débil, que en estos casos son las puertas. Aunque a la puerta se le exija un aislamiento R_A de 30dBA y a la parte ciega 50dBA (R_A) el valor global obtenido in situ será mucho menor a los 50dBA de $D_{nT,A}$ exigidos en el supuesto de que no contengan puerta.

La recomendación y la exigencia de aislamiento entre recintos comunes y de tipo docente está en torno 50dBA, valor que aumenta cuando se trata de edificios para uso musical, por lo que para satisfacer estas recomendaciones una opción viable y satisfactoria sería el colocar doble puerta como en el ensayo 3. Ya que con una doble puerta de R_A 30dBA y un aislamiento de la parte ciega de 61dBA resulta in situ un aislamiento global a ruido aéreo entre recintos de 56dBA.

De lo analizado, se extrae una relación clara entre los distintos valores estudiados a lo largo del trabajo, dicha relación es que $D_{nT,A} > D'_{nT,A}$ con diferencias medias del 17%. Estos valores son muy elevados, debido a la dificultad de cuantificar las transmisiones indirectas en elementos separadores que contienen puerta.

Los modelos teóricos (DB-HR y Normas UNE-EN 12354) de predicción global de aislamiento a ruido aéreo entre recintos ($D_{nT,A}$), no cuentan con una gran precisión de cálculo para elementos separadores que contienen puerta.

A la vista de los resultados, se manifiesta la gran necesidad de la creación de catálogos de elementos constructivos contrastados y reconocidos oficialmente para soluciones constructivas concretas, incluyendo puertas, con lo que se partiría de una base de cálculo acertada sin datos erróneos ni estimaciones, que aunque siendo permitidas por el DB-HR pueden distorsionar el resultado final.

Aunque el cumplimiento de los requisitos establecidos en la reglamentación actual no es el objeto principal de este trabajo, se puede afirmar a la vista de los resultados que las prestaciones de los sistemas con placa de yeso laminado, ya sean de entramado autoportante o trasdosados, permiten satisfacer las exigencias establecidas, además de contar con todos los beneficios que estos sistemas proporcionan, como su fácil colocación, gran poder aislante térmico y acústico, incombustibilidad, poca absorbencia, ahorro de espacio, excelente terminación en acabados, etc.

Referencias

- [1] Catálogo de Elementos Constructivos (CEC) del Código Técnico de la Edificación (CTE), 2011.
- [2] Craik, RJM. *The contribution of long flanking paths to sound transmission in buildings*. Applied Acoustics. Volume 62, pp. 29-46, 2001.
- [3] Documento Básico de Protección frente al ruido (DB-HR), RD 1371/2007 de 19 de Octubre de 2007.
- [4] Galbrun, L. *The prediction of airborne sound transmission between two rooms using first-order flanking paths*. Applied Acoustics. Volume 69, pp. 1332-1342, 2008.
- [5] Guía de aplicación del DB-HR Protección frente al ruido, Código Técnico de la Edificación (CTE), 2009.
- [6] Herramienta de Cálculo del Documento Básico de protección frente al ruido (DB-HR) del CTE, Versión 1 (Febrero 2008).
- [7] Mestre Sancho, V., Garcia Senchermes, A. *Curso de Acústica en Arquitectura*. Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1983.
- [8] Metzen, HA. *Accuracy of CEN-prediction models applied to German building situations*. Build Acoust. Volume 6 (3/4), pp. 325-340 (1999).
- [9] Norma UNE-EN 12354-1, *Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos, Parte 1: Aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos*.
- [10] Norma UNE-EN ISO 140-4, *Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos, Parte 4: Medición "in situ" del aislamiento a ruido aéreo entre locales*. Norma que a su vez adopta íntegramente la Norma Internacional ISO 140-4:1998.
- [11] Norma UNE-EN ISO 717-1, *Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos, Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo*.
- [12] Norma UNE-EN ISO 717-1:1997/A1, *Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos, Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. Modificación 1: Normas de redondeo asociadas con los índices expresados por un único número y con las magnitudes expresadas por un único número*.
- [13] Pedersen, DB. *Evaluation of EN 12354 part 1 and 2 for Nordic dwelling houses*. Build Acoust. Volume 6 (3/4), pp. 259-268 (1999).

Correspondencia (para más información contacte con):

Ignacio Guillén Guillamón. iguillen@fis.upv.es

Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Departamento de Física Aplicada.

Universidad Politécnica de Valencia (Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, SPAIN).