

## COMPARATIVA ENTRE MEDICIONES IN SITU Y PREDICCIONES ACORDES CON LA NUEVA UNE-EN ISO 12354.

Casla Herguedas. M<sup>a</sup> Belén<sup>1</sup>, Carrascal García. M<sup>a</sup> Teresa<sup>1</sup>, Romero Fernández. Amelia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. IETcc-CSIC  
{[belench@ietcc.csic.es](mailto:belench@ietcc.csic.es), [tcarrascal@ietcc.csic.es](mailto:tcarrascal@ietcc.csic.es), [aromero@ietcc.csic.es](mailto:aromero@ietcc.csic.es)}

### Resumen

En marzo de 2018 se publicó una nueva versión de la norma UNE-EN ISO 12354 que incluye novedades en cuanto al cálculo respecto a la versión anterior.

Este documento muestra un estudio donde se comparan predicciones realizadas con los modelos de cálculo descritos en la serie de normas UNE-EN ISO 12354, partes 1 y 2, con mediciones de aislamiento acústico in situ realizadas en un edificio tipo de la construcción española actual.

El edificio estudiado fue construido bajo la actual normativa, el Documento Básico de Protección frente al Ruido, DB HR, del Código Técnico de la Edificación, CTE.

En la comunicación se muestran la comparación entre predicciones y ensayos tanto de aislamiento acústico a ruido aéreo como de aislamiento acústico a ruido de impactos en elementos de separación vertical y elementos de separación horizontal del edificio.

**Palabras clave:** predicciones, mediciones, DB HR, UNE-EN ISO 12354, aislamiento acústico.

### Abstract

The new version of the standard UNE-EN ISO 12354 published in March 2018 includes new calculation procedures with respect to the previous version.

This paper shows a study with the comparison of the predictions made with the prediction models for airborne and impact sound insulation described in the standard UNE-EN ISO 12354 applied to the Spanish dwelling houses and the real acoustic insulation measurements carried out in a typical building of the current Spanish residential building which comply with the current regulations in Spain, Basic Document DB HR Protection against noise of the Building Code.

This paper compares predictions and acoustic insulation measurements of airborne and impact noise on both, walls and floors.

**Keywords:** predictions, measurements, DB HR, UNE-EN ISO 12354, sound insulation.

**PACS n°.** 43.55.-n, 43.15.+s

## 1 Introducción

Esta comunicación muestra un estudio comparativo realizado en un edificio tipo de la construcción española actual, construido bajo la actual normativa, Documento Básico de Protección frente al Ruido, DB HR [1], del Código Técnico de la Edificación, CTE [2]. En el estudio se comparan predicciones realizadas con los modelos de cálculo descritos en la serie de normas UNE-EN ISO 12354, partes 1[3] y 2 [4], con mediciones de aislamiento acústico in situ realizadas en dicho edificio.

El Documento Básico de Protección frente al Ruido, DB HR, exige valores de aislamiento acústico in situ que pueden ser justificados mediante varias opciones, una de ellas es el cálculo en fase de proyecto de la transmisión de ruido entre recintos y la simulación del aislamiento final. Aunque existen varios modelos de cálculo, el más extendido es el recogido en la serie de normas UNE-EN ISO 12354.

En marzo de 2018 se publicó una nueva versión de la serie de normas UNE-EN ISO 12354 que incluye novedades en cuanto al cálculo respecto a la versión anterior. Esta serie de normas contiene el modelo de cálculo para estimar el aislamiento acústico in situ a partir de las prestaciones de los elementos constructivos obtenidos en laboratorio. Dicho modelo de cálculo es el más usado para la justificación de la reglamentación acústica en España, DB HR CTE.

Los ensayos in situ se han realizado conforme a las normas UNE-EN ISO 16283, partes 1 [5] y 2 [6] y las comparaciones entre simulaciones y ensayos in situ se han realizado en base a la Diferencia de niveles estandarizada,  $D_{nT}$ , y del Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado,  $L'_{nT,w}$ .

## 2 Edificio de estudio

Los ensayos fueron realizados en un edificio residencial de viviendas situado en Getafe (Madrid) construido en el año 2017 al amparo de la actual normativa española del Documento Básico de Protección frente al ruido del CTE.

Los recintos donde se llevaron a cabo los ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo fueron elegidos por ser los más desfavorables para cada caso y son dos dormitorios pertenecientes a viviendas adyacentes situados en planta baja. Se midió en las viviendas Bajo-V11 (recinto emisor) y Bajo-V12 (recinto receptor). Véase figura 1.

Así mismo, los ensayos realizados tanto de aislamiento acústico a ruido aéreo del elemento de separación horizontal, como el ensayo de aislamiento acústico a ruido de impactos, fueron realizados en dos recintos colindantes verticalmente, Bajo-V12 (recinto receptor) y Primero-V2 (recinto emisor). Véase figura 2.

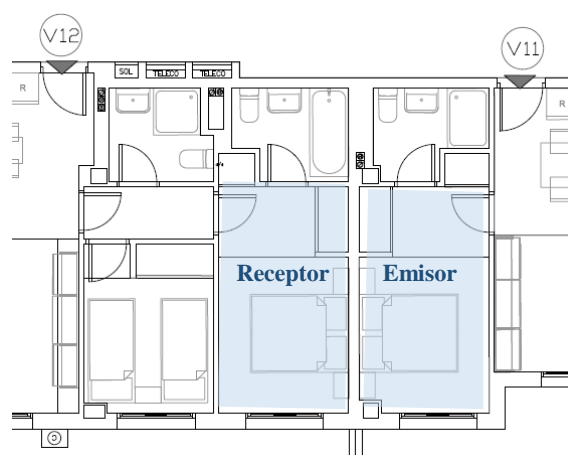


Figura 1 – Plano de los recintos en el ensayo de aislamiento acústico a ruido aéreo. Elemento de separación vertical (ESV).

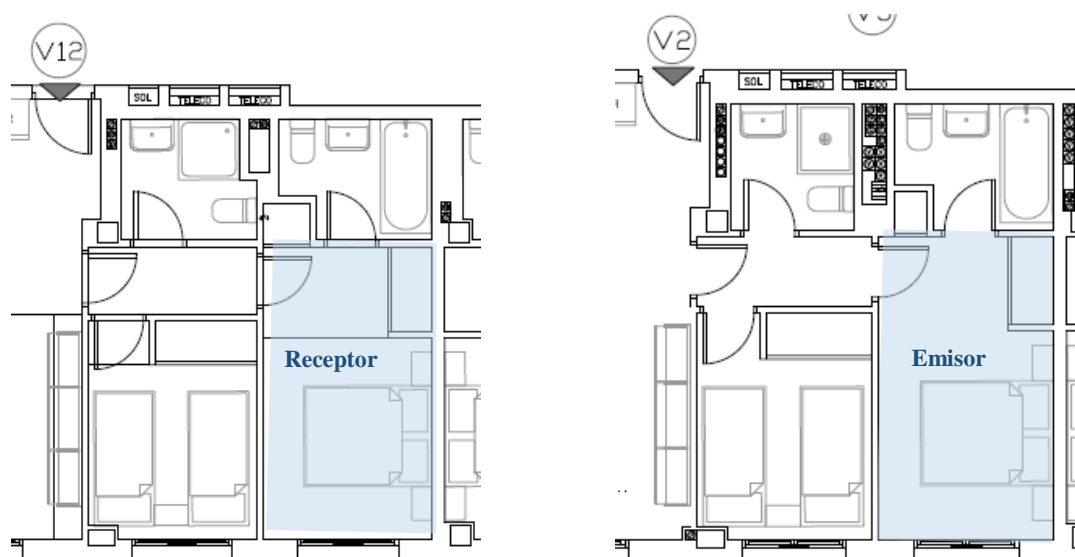


Figura 2 – Plano de los recintos en el ensayo de aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos. Elemento de separación horizontal (ESH).

Los elementos constructivos que conforman los recintos de ensayo son los descritos a continuación:

- Elemento de separación vertical entre viviendas (ESV):  
Ladrillo hueco doble de 70mm trasdosado con placa de yeso laminado de 15mm por ambos lados con aislamiento de 46 mm de lana mineral.
- Elemento de separación horizontal entre viviendas (ESH):
  - Forjado unidireccional de nervio in situ, canto total de 30cm (25+5), aligerada con bovedilla cerámica de canto 25, hormigón utilizado HA-25/B/20/IIa
  - Suelo flotante de 7 cm, lámina flexible de polietileno químicamente reticulado de celda cerrada, IMPACTODAN5.
  - Pavimento de tarima.

- Tabiquería interior formada por doble placa de yeso laminado de 15mm con 48 mm de lana mineral en su interior.
- Fachada:
  - Medio pie de ladrillo cara vista, 115 mm, enfoscado, aislamiento de 8 cm trasdosado interiormente por una placa de yeso laminado de 15mm con aislamiento de 48 mm de lana mineral.
  - Ventanas de aluminio con rotura de puente térmico y vidrio 4/12/4.
  - Caja de persiana de PVC, sin aislamiento ni absorbente.

### 3 Resultados ensayos acústicos in situ

Los ensayos de aislamiento acústico realizados se llevaron a cabo por el Laboratorio de Acústica Arquitectónica del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja en el marco de un proyecto liderado por la Unidad de Calidad en la Construcción del mismo Instituto sobre aislamiento acústico en el cual se han realizado un gran número de ensayos de aislamiento acústico in situ.

#### 3.1 Ensayos de aislamiento a ruido aéreo

El procedimiento empleado para los ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo entre los recintos ensayados es conforme a la norma UNE-EN ISO 16283-1.

El parámetro empleado para la determinación del aislamiento a ruido aéreo ha sido la Diferencia de niveles estandarizada ( $D_{nT}$ ) definida mediante la expresión:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0} \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

Donde,

- $L_1$ : nivel de presión acústica medio en el recinto emisor (dB)
- $L_2$ : nivel de presión acústica medio en el recinto receptor, corregido por ruido de fondo ( $L_b$ ) (dB)
- $T$ : tiempo de reverberación en el recinto receptor (s)
- $T_0$ : tiempo de reverberación de referencia; para viviendas,  $T_0 = 0,5$  s.

Para la realización del ensayo se realizaron mediciones de  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_b$  y  $T$ .

Debido a que el ensayo de aislamiento acústico se enmarca dentro de un proyecto más amplio y, aunque no es de aplicación debido a que el volumen de los recintos ensayados es mayor que  $25 \text{ m}^3$ , de manera adicional al procedimiento por defecto se aplicó el procedimiento de baja frecuencia (método de esquinas). El método utilizado proporciona el aislamiento acústico a ruido aéreo en términos de la diferencia de niveles estandarizada ( $D_{nT}$ ) en función de la frecuencia, en bandas de tercio de octava entre 50 y 5000 Hz. Posteriormente, aplicando la norma UNE-EN ISO 717-1 [7] se ha obtenido el valor global que caracteriza las cualidades acústicas de los elementos ensayados mediante un número único, el índice de aislamiento ponderado ( $D_{nT,w}$ ), y los términos de adaptación espectral  $C$  y  $C_{tr}$ .

En la tabla 1 se muestran los resultados globales obtenidos en los ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo y los términos de adaptación espectral para distintos rangos de frecuencias. Se realizaron dos ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo, el primero entre dos recintos adyacentes horizontalmente que comparten entre ellos el elemento de separación vertical (Aéreo\_ESV) y el segundo entre dos recintos colindantes verticalmente que comparten el elemento de separación horizontal

(Aéreo\_ESH). Así mismo, se muestra el índice de diferencia de niveles estandarizada, ponderada A,  $D_{nT,A}$ , que es el índice de aislamiento acústico a ruido aéreo del DB HR.

Tabla 1 – Resultados globales de aislamiento a ruido aéreo mediante ensayo

	$D_{nT,w}(C; C_{tr})_{100-3150}$	$D_{nT,w}(C; C_{tr})_{50-3150}$	$D_{nT,w}(C; C_{tr})_{100-5000}$	$D_{nT,w}(C; C_{tr})_{50-5000}$	$D_{nT,A}_{100-5000}$
<b>Aéreo_ESV</b>	55 (-3; -9)	55 (-10; -22)	55 (-2; -9)	55 (-9; -22)	52,9
<b>Aéreo_ESH</b>	58 (-1; -6)	58 (-3; -14)	58 (-1; -6)	58 (-2; -14)	57,4

### 3.2 Ensayo de aislamiento a ruido de impactos

El procedimiento empleado en el ensayo de aislamiento a ruido de impactos entre los recintos ensayados es conforme a la norma UNE-EN ISO 16283-2.

El parámetro empleado para la determinación del aislamiento a ruido de impactos ha sido el Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado ( $L'_{nT}$ ) definido mediante la expresión:

$$L'_{nT} = L - 10 \lg \frac{T}{T_0} \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

Donde,

- L: nivel de presión acústica medio en el recinto receptor cuando el suelo bajo ensayo es excitado por la máquina de impactos normalizada, corregido por ruido de fondo ( $L_b$ ) (dB)
- T: tiempo de reverberación en el recinto receptor (s)
- $T_0$ : tiempo de reverberación de referencia; para viviendas,  $T_0 = 0,5$  s.

Para la realización del ensayo se realizaron mediciones de L,  $L_b$  y T.

Al igual que en los ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo y, aunque no es de aplicación, de manera adicional al procedimiento por defecto se aplicó el procedimiento de baja frecuencia (método de esquinas). El método utilizado proporciona el aislamiento acústico a ruido de impactos en términos del nivel de presión de ruido de impactos estandarizado ( $L'_{nT}$ ) en función de la frecuencia, en bandas de tercio de octava entre 50 y 5000 Hz. Posteriormente, aplicando la norma UNE-EN ISO 717-2 [8] se ha obtenido el valor global que caracteriza las cualidades acústicas de los elementos ensayados, el índice de aislamiento ponderado ( $L'_{nT,w}$ ), y el término de adaptación espectral  $C_1$ .

En la tabla 2 se muestran los resultados globales de aislamiento acústico a ruido de impactos y su término de adaptación espectral del ensayo a ruido de impactos realizado entre los recintos colindantes verticalmente descritos anteriormente (Bajo-V12 / Primero-V2).

Tabla 2 – Resultados globales de aislamiento a ruido de impactos mediante ensayo.

	$L'_{nT,w}(C_1)_{100-2500}$	$L'_{nT,w}(C_1)_{50-2500}$	$L'_{nT,w}$
<b>ESH_I</b>	51 (1)	51 (1)	52

## 4 Simulaciones

Las simulaciones se han llevado a cabo utilizando el programa de cálculo de aislamiento acústico SONarchitect [9]. Dicho software calcula los valores de aislamiento acústico en bandas de tercio de octava según según la serie de normas UNE EN ISO 12354.

El modelado del edificio se ha realizado siguiendo la geometría real de los recintos de ensayo, teniendo en cuenta las uniones y encuentros entre los distintos materiales y utilizando para las simulaciones los mismos elementos constructivos utilizados en obra a excepción de:

- El forjado se ha asimilado a un forjado de bovedilla cerámica (26+5) de 325mm de grosor y una masa de 305 kg/m<sup>2</sup>.
- No se ha tenido en cuenta el pavimento de tarima.

Estas aproximaciones han sido necesarias debido a que las bases de datos con las que trabaja el programa no contienen todos los elementos constructivos existentes en la construcción y, en muchas ocasiones tampoco contamos con el ensayo de laboratorio del elemento constructivo en cuestión para simular con esos datos. En este caso concreto, al no tener los datos del forjado unidireccional de hormigón de nervio in situ con canto total de 30cm (25+5) y aligerado con bovedilla cerámica de canto 25, se ha asimilado a un forjado de un grosor similar de bovedilla cerámica.

Es frecuente realizar este tipo de aproximaciones cuando no se disponen de datos más precisos. En la UNE-EN ISO 12354-1 se indica que son preferibles los valores de aislamiento acústico obtenidos en laboratorio a las estimaciones teóricas, sin embargo, la mayor dificultad a la hora de usar este método radica en disponer de valores fiables en todas las frecuencias.

Para particiones verticales existen bastantes datos en general, suelen consultarse bases de datos de programas informáticos y catálogos de fabricantes, sin embargo, no existen apenas datos de ensayo de aislamiento acústico de forjados unidireccionales con bovedillas, que son los más frecuentes en la edificación española. La mayoría de bases de datos de programas contienen losas de hormigón, pero no de forjados aligerados, y este problema se traslada al tener que introducir un valor de  $\Delta R$  de un suelo flotante que exprese adecuadamente la mejora del aislamiento a ruido aéreo para el forjado elegido.

La UNE-EN ISO 12354-1 indica que cuando se trate de elementos constructivos de los que no se tiene mucha información, es conveniente variar los datos de entrada de tal forma que se pueda tener una estimación de la precisión del cálculo. En este trabajo, se han realizado los cálculos con diferentes elementos de separación horizontales, algunos de ellos resultantes de cálculos, finalmente se ha elegido aquel con el que se obtenía la mejor estimación de aislamiento acústico.

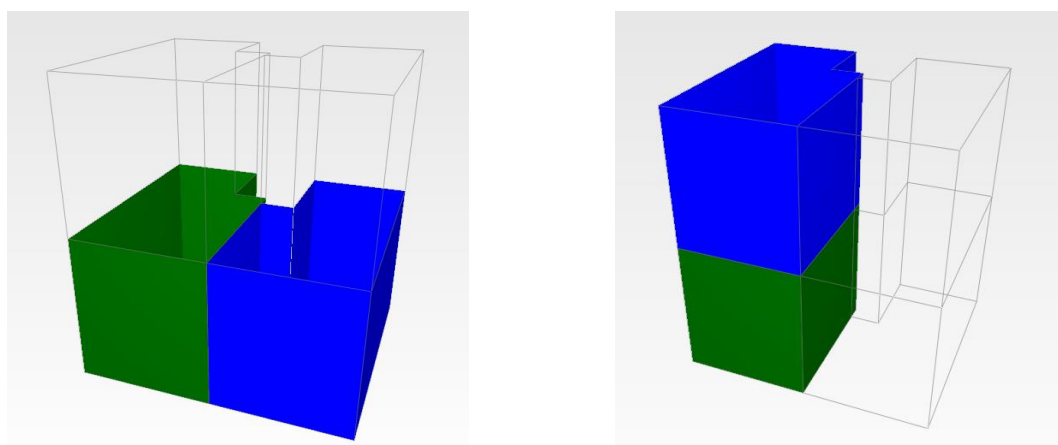


Figura 3 – Imágenes de las simulaciones de los ensayo de aislamiento acústico a ruido aéreo (ESV) y a ruido de impactos (ESH) realizadas mediante el software SONarchitect

Los resultados obtenidos, en términos globales con sus términos de adaptación espectral, están recogidos en las tablas 3 y 4

Tabla 3 – Resultados globales de aislamiento a ruido aéreo mediante simulación

	$D_{nT,w}(C; C_{tr})$ 100-3150	$D_{nT,w}(C; C_{tr})$ 50-3150	$D_{nT,w}(C; C_{tr})$ 100-5000	$D_{nT,w}(C; C_{tr})$ 50-5000	$D_{nT,A} 100-5000$
<b>ESV simulación</b>	59 (-2; -6)	59 (-25; -37)	59 (-2; -6)	59 (-2; -6)	57
<b>ESH_A simulación</b>	63 (-3; -7)	63 (-31; -44)	63 (-1; -7)	63 (-33; -44)	62

Tabla 4 – Resultados globales de aislamiento a ruido de impactos mediante simulación.

	$L'_{nT,w}(C_i)$ 100-2500	$L'_{nT,w}(C_i)$ 50-2500	$L'_{nT,w}$
<b>ESH_I simulación</b>	50 (2)	50 (2)	52

## 5 Comparativa entre los resultados obtenidos mediante ensayo y por simulación

Se ha llevado a cabo la comparación entre los ensayos realizados in situ y las simulaciones realizadas mediante el software de cálculo obteniendo los resultados que se detallan a continuación.

En la tabla 5 se muestra los resultados de los ensayos de aislamiento acústico y de las simulaciones. Se muestran los resultados en términos de Diferencia de niveles estandarizada ( $D_{nT}$ ) para el aislamiento a ruido aéreo y de Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado ( $L'_{nT,w}$ ) para el aislamiento a ruido

de impactos. Ambos expresados en bandas de tercio de octava para el rango de frecuencias de 50 Hz a 5000 Hz.

Tabla 5 – Resultados de los ensayos y las simulaciones.

Frecuencia (Hz)	ESV		ESH_A		ESH_I	
	Ensayo $D_{nT}$ (dB)	Simulación	Ensayo $D_{nT}$ (dB)	Simulación	Ensayo $L'_{nT}$ (dB)	Simulación
50	20,2	3,6	21,7	1,2	43,3	-1,2
63	13,6	3,7	31,4	1,3	50,3	-1,2
80	17,3	3,8	40,6	1,3	53	-1,2
100	26,1	36,3	38,9	42,1	55,3	55,4
125	41,2	39,7	35,8	46,8	63,6	58
160	44,8	44	43,7	42,4	57,6	62,6
200	51,6	50,2	49,4	48,3	56,3	55,9
250	53,1	53,9	49,5	53,4	57,3	59,2
315	56	58,5	49,7	59,7	57,3	52,5
400	57,5	61,2	53,1	63,4	52,4	47,7
500	54,5	60,8	52,8	64,4	47,7	49,8
630	59,3	62,1	55,4	65,3	45,3	46,9
800	62,2	59,7	62,8	62,7	42,2	47
1000	63,7	57,5	68,6	59,8	30,4	44,7
1250	60,6	60,1	71,2	65,7	26,1	40
1600	56,5	63,5	67,7	70,9	22,8	39,8
2000	51,1	61,4	65,2	70,8	21,6	36
2500	53,4	57,9	67,5	61,7	19,3	32,3
3150	55,2	61,4	70,5	69,8	13,5	23,9
4000	58,2	62	71,1	70,4	10	17,3
5000	62,1	62,5	66	67,8	6,1	9,3

Tanto en los ensayos de aislamiento acústico como en las simulaciones se han medido y calculado los índices para el rango de frecuencia de 50 Hz a 5000 Hz. Sin embargo, las comparaciones que podemos observar en las gráficas (figuras 4 y 5) como en las tablas posteriores (tablas 6 y 7) se han realizado en el rango de frecuencias de 100 Hz a 5000 Hz para los aislamientos acústicos a ruido aéreo y de 100 Hz a 2500 Hz para el aislamiento acústico a ruido de impactos, ya que son los rangos marcados en la legislación española en el DB HR.

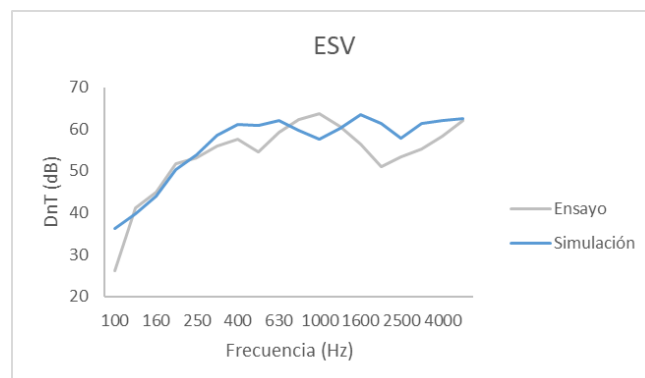


Figura 4 – Comparativa del espectro de aislamiento acústico a ruido aéreo ( $D_{nT}$ ) del ESV.



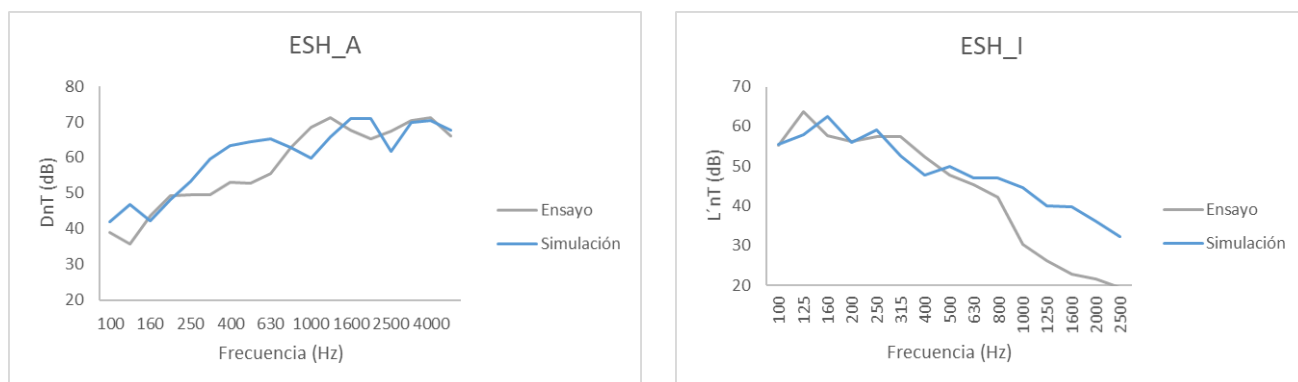


Figura 5 – Comparativa de los espectros de aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos del ESH.

Tal y como se aprecia en la comparativa (tabla 6 y figura 6) de los resultados globales de aislamiento acústico a ruido aéreo entre los ensayos realizados in situ y las simulaciones mediante software, se observa un valor mayor de Diferencia de niveles estandarizada,  $D_{nT,w}$ , de las simulaciones en ambos ensayos, existiendo una diferencia de 4 dB en el ensayo de los recintos colindantes horizontalmente (ESV) y 5 dB en los recintos superpuestos (ESH).

Así mismo, el parámetro de Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A,  $D_{nT,A}$ , también sufre una variación entre el ensayo real y la simulación teórica de 4 dBA y 5 dBA respectivamente.

Tabla 6 – Comparativa resultados globales de aislamiento a ruido aéreo.

	$D_{nT,w}$	(C; $C_{tr}$ ) 100-3150	(C; $C_{tr}$ ) 100-5000	$D_{nT,A}$
<b>ESV ensayo</b>	55	(-3; -9)	(-2; -9)	52,9
<b>ESV simulación</b>	59	(-2; -6)	(-2; -6)	57
<b>ESH_A ensayo</b>	58	(-1; -6)	(-1; -6)	57,4
<b>ESH_A simulación</b>	63	(-3; -7)	(-1; -7)	62

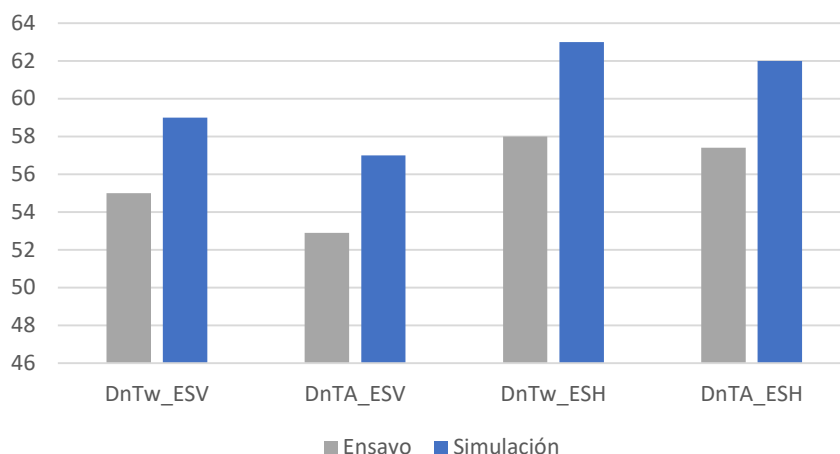


Figura 6 – Gráfica comparativa de los resultados globales de aislamiento acústico a ruido aéreo

En cuanto a los resultados de aislamiento acústico a ruido de impactos, tal y como podemos apreciar en la tabla 7 y la figura 7, la comparativa del Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado ( $L'_{nTw}$ ) no presenta diferencia entre el ensayo realizado en obra y los cálculos de aislamiento acústico a ruido de impactos, siendo en ambos casos el valor global  $L'_{nTw} = 52$  dB.

Tabla 7 – Comparativa resultados globales de aislamiento a ruido de impactos.

	$L'_{nT,w} (C_i)_{100-2500}$	$L'_{nT,w} (C_i)_{50-2500}$	$L'_{nT,w}$
<b>ESH_I ensayo</b>	51 (1)	51 (1)	52
<b>ESH_I simulación</b>	50 (2)	50 (2)	52

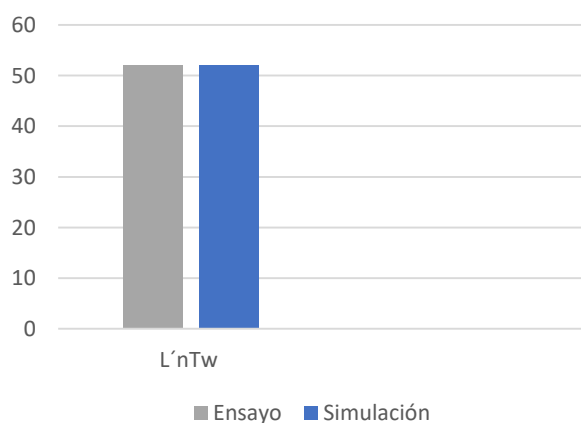


Figura 7 – Gráfica comparativa de los resultados globales de aislamiento a ruido de impactos.

## 6 Conclusiones

En esta comunicación se ha realizado el estudio comparativo de tres ensayos de aislamiento acústico, dos a ruido aéreo y uno a ruido de impactos, con el cálculo mediante simulación de esas mismas tres muestras obteniendo resultados similares en ruido de impactos y unas diferencias de 4 dB en el valor global de aislamiento acústico a ruido aéreo del elemento de separación vertical. Así mismo, en el valor global del aislamiento acústico a ruido de impactos se aprecian unas diferencias de 5 dB entre la simulación teórica y el ensayo in situ.

Aunque en el caso que nos ocupa, tanto en el ensayo acústico como en la simulación, los resultados cumplen con las exigencias establecidas en el DB HR en recintos protegidos,  $D_{nTA} \geq 50$  dBA y  $L'_{nTw} \leq 65$  dB, y a pesar de que se ha realizado un número pequeño de comparaciones, se puede observar que los resultados no son conservadores ya que al obtener mediante cálculo un valor mayor que el valor obtenido en el ensayo in situ se puede estar dimensionando acústicamente por debajo de lo que aseguraría el cumplimiento de la normativa.

Se está llevando a cabo un estudio más exhaustivo, con un número superior de ensayos y simulaciones, que permitirá sacar conclusiones más certeras.

## Agradecimientos

Se agradece al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, más concretamente a la Dirección General de Agenda Urbana y Arquitectura la financiación para llevar a cabo la investigación sobre aislamiento acústico llevada a cabo por la Unidad de Calidad en la Construcción del Instituto de ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

Del mismo modo, se agradece a la Asociación de Promotores Inmobiliarios de Madrid, ASPRIMA, su apoyo y la cesión de edificios para realizar ensayos de aislamiento acústico in situ.

## Referencias

- [1] Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico *DB-HR Protección frente al ruido*.
- [2] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el *Código Técnico de la Edificación*. Actualizado en el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, de modificación del Código Técnico de la Edificación.
- [3] AENOR, UNE-EN ISO 12354-1. *Acústica de edificios. Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos*. (ISO 12354-1:2017). Madrid: AENOR, 2018.
- [4] AENOR, UNE-EN ISO 12354-2. *Acústica de edificios. Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 2: Aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos*. (ISO 12354-2:2017). Madrid: AENOR, 2018.
- [5] AENOR, UNE-EN ISO 16283-1. *Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo*. (ISO 16283-1:2014). Madrid: AENOR, 2018.
- [6] AENOR, UNE-EN ISO 16283-2. *Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos*. (ISO 16283-2:2015). Madrid: AENOR, 2016.
- [7] AENOR, UNE-EN ISO 717-1. *Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo*. (ISO 717-1:2013). Madrid: AENOR, 2013.
- [8] AENOR, UNE-EN ISO 717-2. *Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos*. (ISO 717-2:2013). Madrid: AENOR, 2013.
- [9] SONarchitect ISO. Sound of numbers S.L.