

MEDIDA IN SITU DE TRANSMISIONES INDIRECTAS Y ANÁLISIS DE SU INFLUENCIA EN EL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE UNA MEDIANERA

PACS: 43.55.Rg

Alba Fernández, Jesús¹; Ramis Soriano, Jaime¹; Venero, Juan², Escuder, Eva¹, Bertó, Laura¹

¹Grupo de Dispositivos y Sistemas Acústicos y Ópticos, DISAO

Departamento de Física Aplicada; Escuela Politécnica Superior de Gandía; Universidad Politécnica de Valencia

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

Tel: 962 849 314 - 962 849 300 Fax: 962 849 309

E-mail :jesalba@fis.upv.es,jramis@fis.upv.es, evescude@fis.upv.es, lauberca@epsg.upv.es

² Chova, S.A. (División Acústica)

Carretera Tavernes-Liria, km 4,3. 46760 Tavernes de la Valldigna. Valencia. España

Tel: 962 822 150. Fax: 962 823 661

E-mail: juan.venero@chova.com

ABSTRACT

The acoustic quality in the construction is a fundamental factor for a better quality of life. The acoustic isolation values obtained in some constructive solutions carried out in the laboratory are, sometimes, different than the acoustic isolation values obtained in a build. When it is tested this in situ constructive solutions, apparently identical, we can see that there are any difference between them that can be due to lateral transmissions. This kind of transmissions not appear in the laboratory. This project try to analyze the influence of this kind of transmissions in the acoustic isolation in a concrete constructive system.

RESUMEN

La calidad acústica en la construcción es un factor fundamental para una mejor calidad de vida. Los valores de aislamiento acústico de determinadas soluciones constructivas ensayadas en laboratorio no siempre coinciden con las medidas en obra. Al realizar medidas in situ del aislamiento acústico de determinados elementos, en principio idénticos, se pueden apreciar diferencias importantes entre unos y otros. Estas diferencias pueden ser debidas, entre otros factores, a las transmisiones laterales, transmisiones que no son significativas cuando se ensaya un determinado elemento en laboratorio. Este estudio trata de analizar in situ esas transmisiones laterales y ver de que manera afectan al debilitamiento acústico de un determinado sistema constructivo.

INTRODUCCIÓN

La preocupación actual por una mejor calidad de vida desde el punto de vista acústico está directamente relacionada con una mejor calidad acustica en la construcción. Dicha preocupación ha permitido abrir líneas de investigación sobre el aislamiento acústico en la construcción. Es bien sabido que los valores de aislamiento acústico en laboratorio pueden distar de forma significativa de los medidos in situ y en parte estas diferencias se pueden asociar a las transmisiones laterales a través de los elementos que forman un sistema constructivo. Basándose en normativas actuales [1-3] y en diversos artículos publicados con anterioridad sobre este tema [4-6], se han realizado varias medidas in situ para tratar de aportar datos de la importancia que pueden llegar a tener las transmisiones laterales en el debilitamiento del aislamiento acústico de un determinado elemento constructivo.

En una primera fase del proyecto se realizaron medidas in situ de aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impacto para un total de 20 elementos (10 medianeras y 10 forjados) repartidos en dos portales de un mismo bloque de viviendas. Tras procesar los datos y analizar los resultados se pasa al estudio de las transmisiones laterales. En el caso de la medianera, se excita el forjado con una máquina de impactos para registrar las transmisiones que parten del mismo y se transmiten al forjado de la vivienda contigua y a la misma medianera (transmisión Flanco-flanco y transmisión Flanco-Directo, siendo el flanco, en este caso, el forjado). El resto de elementos constructivos se excitan con martillo y se determinan las transmisiones a través de cada uno de ellos (Transmisiones Flanco-flanco, Flanco-medianera y Medianera-flanco). Las medidas se realizaron sobre elementos cuya composición era idéntica, con junta de dilatación en el forjado. El número de flancos con cada una de ellos es 4: Suelo, Techo, Fachada y Pared lateral. Los tipos de unión de la medianera con cada uno de los flancos son los siguientes: Medianera con suelo y techo (Unión en cruz de un elemento homogéneo que es el forjado con un elemento de doble hoja y material multicapa ChovACUSTIC PLUS en su interior que es la medianera); medianera con fachada (Unión en T de un elemento homogéneo que es el LHD-4 con un elemento de doble hoja y material multicapa ChovACUSTIC PLUS en su interior que es la medianera); medianera con pared lateral (Unión en cruz de un elemento homogéneo que es el LHD-7 con un elemento de doble hoja y material multicapa ChovACUSTIC PLUS en su interior que es la medianera). La figura 1 muestra cada uno de los caminos de transmisión a través de los elementos constructivos que flanquean con la medianera.

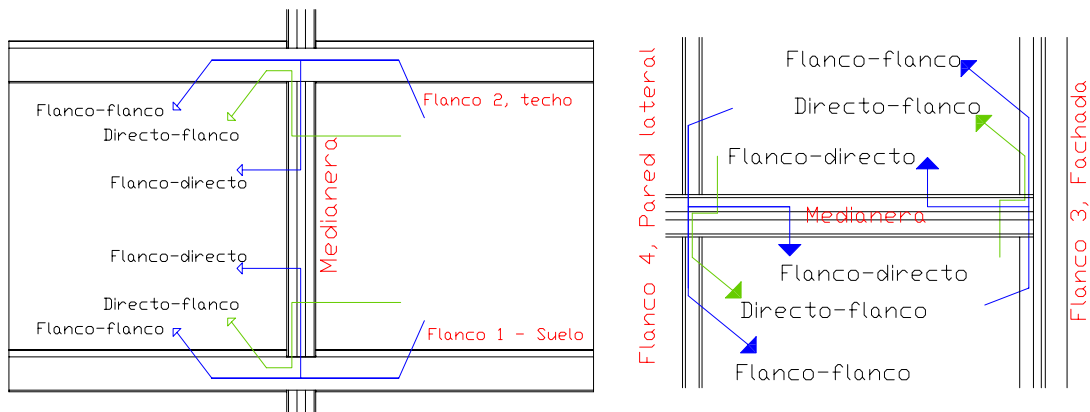


Figura 1: Transmisiones laterales por cada uno de elementos constructivos que flanquean con la

A la hora de estudiar las transmisiones laterales de un determinado elemento constructivo se tendrá en cuenta el índice de reducción vibracional, K_{ij} , definido en la UNE-EN 12354-1. Este término es una magnitud relacionada con la transmisión de potencia vibratoria a través de una unión entre elementos estructurales. Se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$K_{ij} = \overline{D}_v + 10 \log \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i \cdot a_j}} \text{ dB} \quad (1)$$

Donde:

\overline{D}_v es el promedio de la diferencia del nivel de velocidad en la unión desde el elemento i al j y desde el elemento j al i, siendo i el elemento sobre el que incide el sonido y j el elemento radiante.

l_{ij} es la longitud de acoplamiento de la unión común entre el elemento i y el elemento j, en metros

a_i y a_j las longitudes de absorción equivalente del elemento i y del elemento j, en metros y se definen como:

$$a_i = \frac{2,2 \cdot \pi^2 \cdot S_i}{c_0 \cdot T_{s,i}} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \quad (2)$$

Donde

f_{ref} es la frecuencia de referencia: $f_{ref} = 1000Hz$

c_0 es la velocidad del sonido en el aire, en metros por segundo

S_i es el área del elemento i , en metros cuadrados

$T_{s,i}$ es el tiempo de reverberación estructural medido in situ del elemento i .

Así pues, para tener valores in situ de los diferentes K_{ij} a través de una unión entre elementos estructurales, se realizan medidas de velocidad a ambos lados de la unión en ambos sentidos, así como medidas del tiempo de reverberación estructural de cada elemento.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

El equipo de medida empleado para llevar a cabo el estudio consta, fundamentalmente, de máquina de impactos y martillo, necesarios para excitar los diferentes elementos, y de acelerómetros, que conectados a un analizador de espectros, registran la amplitud de aceleración existente en cada elemento cuando éste es excitado bien con máquina de impactos o bien con martillo, lo más adecuado en cada caso. Una vez registrados los valores de amplitud de aceleración, mediante integración, se obtienen los niveles de velocidad buscados.



Figura 3: Colocación del acelerómetro en un elemento constructivo vertical flanco de la medianera



Figura 4: Medición de la amplitud de aceleración de un elemento constructivo excitando dicho elemento con martillo.

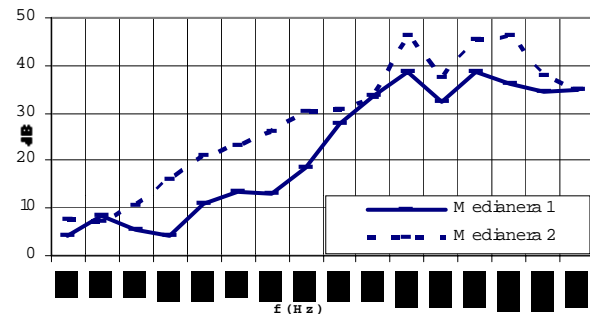


Figura 5: Diferencia de velocidades en las medianeras 1 y 2

Como primer paso se distribuyeron de forma uniforme sobre la superficie a ensayo un determinado número de posiciones de medida, a la vista de la baja dispersión de los resultados, se decide reducir a 5 el número de posiciones de medida, siendo suficiente para determinar de forma adecuada el comportamiento del elemento constructivo en cada caso. Una vez definido esto, se pasa a realizar las medidas. Para ello se registra la amplitud de aceleración de la vibración provocada por la máquina de impactos o por el martillo de forma simultánea a ambos de la unión y para cada uno de los caminos de transmisión. De estas medidas, mediante integración, se obtienen los niveles de velocidad.

Para determinar el tiempo de reverberación estructural se excita el elemento constructivo con un golpe seco de martillo y se obtiene el tiempo que tarda en caer el sonido 60dB, en este caso la excitación del paramento se repite hasta 5 veces para cada posición de medida [7].

RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados más significativos de la campaña de medidas, una comparativa entre dos plantas de una misma configuración denominadas Medianera 1 y Medianera 2. El índice de reducción sonora aparente medido in situ entre una medianera y otra, presenta algunas diferencias. En este estudio se pretende buscar una relación entre esas diferencias en el aislamiento acústico y las transmisiones laterales.

Como hemos comentado anteriormente, es el índice de reducción vibracional, definido en la ecuación 1, el que define la transmisión de potencia vibratoria a través de una unión entre elementos constructivos. No obstante, también es interesante ver la diferencia de velocidades

que hay entre ambos lados de las medianeras, pues no hay que descartar que, además de las transmisiones laterales, la variación de aislamiento pueda ser debida a una deficiencia en la propia medianera. De hecho, antes de estudiar las transmisiones laterales para cada medianera, ya se puede apreciar que la diferencia de velocidades a ambos lados de la medianera es mayor para la medianera 2 respecto a la medianera 1, véase figura 5.

Tanto con la medianera 1 como con la medianera 2 flanquean 4 elementos constructivos. En cada uno de ellos se tienen 3 caminos de transmisión distintos: Transmisión Flanco – flanco (Ff); Transmisión Flanco – medianera (Fd); Transmisión Medianera – flanco (Df).

En las figuras 5, 6, 7 y 8 se representan valores globales del índice de reducción vibracional para cada uno de ellos. Dichos globales, según la ISO-10848, son el valor promedio entre las frecuencias de 200 a 1250Hz.

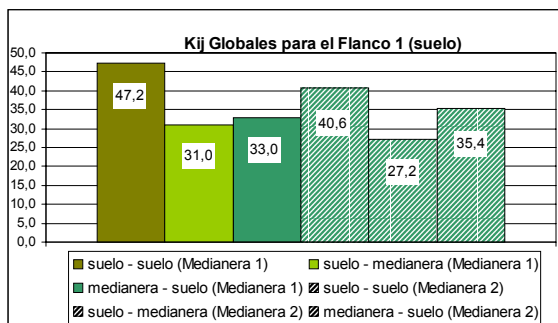


Figura 6: Kij (dB) para el flanco 1 (suelo)

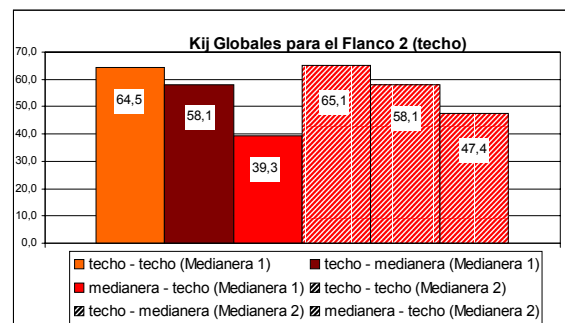


Figura 7: Kij (dB) para el flanco 2 (techo)

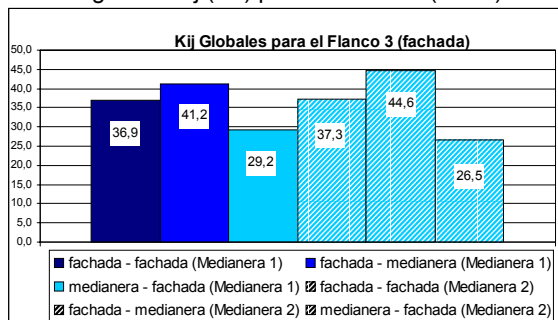


Figura 8: Kij (dB) para el flanco 3 (fachada)

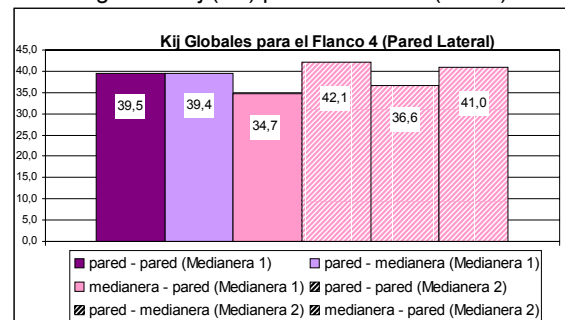


Figura 9: Kij (dB) para el flanco 4 (pared lateral)

En líneas generales, el flanco que presenta un mayor índice de reducción vibracional es el techo, véase figuras 7 – 9, es decir, la transmisión de potencia vibratoria a ambos lados de esta unión es menor que en el resto de los casos. Comparando las transmisiones flanco- flanco para cada elemento constructivo de flanco entre las dos medianeras se puede observar que para el techo, la fachada y la pared lateral la transmisión a ambos lados de la unión es prácticamente la misma en ambas medianeras. Sin embargo en el flanco del suelo se aprecia una diferencia de 7dB entre las dos medianeras. Además en líneas generales, a excepción del flanco del suelo, se observa que los valores de Kij para cualquier transmisión de la medianera 2 son ligeramente superiores a los valores de la medianera 1. Como los Kij son directamente proporcionales al índice de reducción sonora aparente, estos resultados muestran, en principio, que los aislamientos de flanco de la medianera 2 deben ser superiores a los de la medianera 1 como se verá más adelante

Los resultados de Kij obtenidos experimentalmente distan de los Kij teóricos obtenidos según la UNE-EN 12354, debido principalmente a que ésta norma se basa, hasta ahora, en edificaciones donde los elementos básicos son homogéneos, por ejemplo paredes de ladrillo, hormigón, bloque de yeso, etc. En el caso de las uniones consideradas, los índices de reducción vibracional teóricos dependen únicamente de las densidades superficiales de los elementos a estudio. En la tabla 1 se pueden apreciar que las diferencias oscilan entre 21 y 63dB. Observándose que el Kij experimental presenta valores mayores respecto al Kij teórico.

| | Kij teórico | Kij experimental | | Kij teórico | Kij experimental |
|----------------------|-------------|------------------|---------------------|-------------|------------------|
| Ksuelo - medianera | 10,2 | 31,0 | Kfachada - fachada | 8,7 | 36,9 |
| techo - medianera | 10,2 | 58,1 | Kpared - pared | 12,7 | 39,5 |
| Kfachada - medianera | 5,9 | 41,2 | Kmedianera - suelo | 10,2 | 33,0 |
| Kpared - medianera | 9,0 | 39,4 | Kmedianera - techo | 10,2 | 39,3 |
| Ksuelo - suelo | 1,5 | 47,2 | Kmedianera -fachada | 5,9 | 29,2 |
| Ktecho - techo | 1,5 | 64,5 | Kmedianera -pared | 9,0 | 34,7 |

Tabla 1: Diferencia entre Kij (dB) teórico según UNE-EN 12354 y experimental para la medianera 1

A cada uno de los índices de reducción vibracional, Kij, está asociado un índice de reducción acústica definido mediante la siguiente ecuación:

$$R_{ij} = \frac{R_i}{2} + \frac{R_j}{2} + K_{ij} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 \cdot l_{ij}} \text{ dB} \quad (3)$$

Siendo ij = Ff, Fd y Df

Con los resultados obtenidos mediante la ecuación 3, se puede obtener el índice de reducción sonora de la medianera, teniendo en cuenta las pérdidas por transmisiones laterales y el índice de reducción sonora de cada uno de los flancos.

El índice de reducción sonora de la medianera depende, según la ecuación 4, del índice de reducción sonora de la medianera en laboratorio (R) y de los índices de reducción sonora para las transmisiones Flanco – directo de cada uno de los elementos de flanco (R_{Fd}).

$$R_{medianera} = -10 \log \left(\begin{array}{c} 10^{-R/10} + 10^{-R_{suelo-directo}/10} + 10^{-R_{techo-directo}/10} \\ + 10^{-R_{fachada-directo}/10} + 10^{-R_{pared-directo}/10} \end{array} \right) \quad (4)$$

El índice de reducción sonora para cada uno de los flancos depende de los índices de reducción sonora para las transmisiones Flanco – flanco (R_{Ff}) y Directo – Flanco (R_{Df}), véase ec. 5.

$$R_{flanco_i} = -10 \log \left(10^{-R_{flanco-flanco}/10} + 10^{-R_{directo-flanco}/10} \right), \quad i=(1,4) \quad (5)$$

El índice de reducción sonora aparente global se obtiene según la ecuación 6.

$$R_{calculado} = -10 \log \left(\begin{array}{c} 10^{-R_{medianera}/10} + 10^{-R_{flanco_1}/10} + 10^{-R_{flanco_2}/10} \\ + 10^{-R_{flanco_3}/10} + 10^{-R_{flanco_4}/10} \end{array} \right) \quad (6)$$

En la tabla 2 se pueden ver los valores de índice de reducción sonora aparente obtenidos para la Medianera 1 y la Medianera 2 para cada flanco, así como el índice de reducción sonora global calculado a partir de ellos y el índice de reducción sonora medido en laboratorio. Se observa el mismo comportamiento comentado en las figuras 6 – 9, es decir, los índices de reducción sonora de cada uno de los flancos, a excepción del suelo, para la medianera 1 presentan valores menores respecto a los de la medianera 2. A pesar de estas diferencias podemos ver que los valores de índice de reducción sonora para cada uno de los flancos son bastante elevados respecto al índice de reducción sonora que se obtiene para la medianera. De esto se puede deducir que las uniones de dichas medianeras con cada uno de los cuatro elementos constructivos que flanquean con ellas son suficientes para que las transmisiones laterales no afecten al aislamiento acústico del elemento a estudio.

| | | |
|------------------|----|----|
| Medianera | 1 | 2 |
| R' medianera | 54 | 54 |
| R' suelo | 90 | 90 |
| R' techo | 88 | 94 |
| R' fachada | 73 | 74 |
| R' Pared lateral | 72 | 77 |
| R' calculado | 54 | 54 |
| R laboratorio | 54 | 54 |

Tabla 2: Globales para medianeras 1 y 2

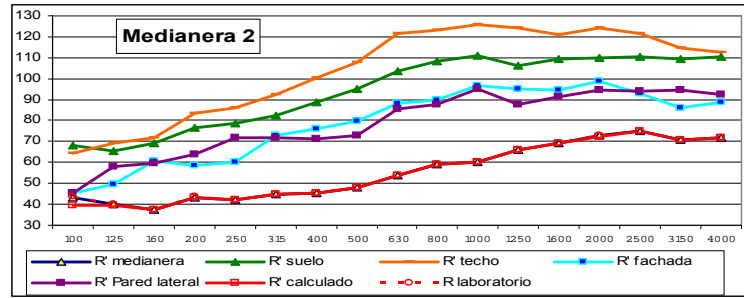


Figura 10: Índice de reducción sonora en función de la frecuencia para la medianera 2 y cada uno de sus flancos

En la figura 10 se representa el índice de reducción sonora en función de la frecuencia para la medianera 2 y cada uno de sus flancos. Se observa que el índice calculado y el obtenido en laboratorio coinciden, así como el de la medianera, evidenciándose que en este caso el tipo de construcción de las uniones de la medianera con cada flanco es suficiente para que las transmisiones laterales no sean significativas. Los índices de reducción sonora para cada flanco en función de la frecuencia presentan la misma tendencia que la observada en los índices globales de reducción vibracional de las figuras 6 – 9.

Además de las transmisiones laterales a través de las medianeras, se estudiaron también las transmisiones laterales a través de los elementos constructivos que flanquean con forjados y el resultado fue el que se muestra a continuación. Siguiendo el mismo procedimiento descrito hasta ahora, los índices de reducción sonora obtenidos para un forjado y para cada uno de los elementos constructivos que flanquean con él se representan en la tabla 3:

| | |
|-------------------------|--------|
| | Global |
| R' forjado | 61 |
| R' medianera | 76 |
| R' fachada | 73 |
| R' Pared lateral Baño | 66 |
| R' Pared lateral puerta | 74 |
| R' calculado | 59 |
| R laboratorio | 61 |

Tabla 3: Globales para forjado estudiado

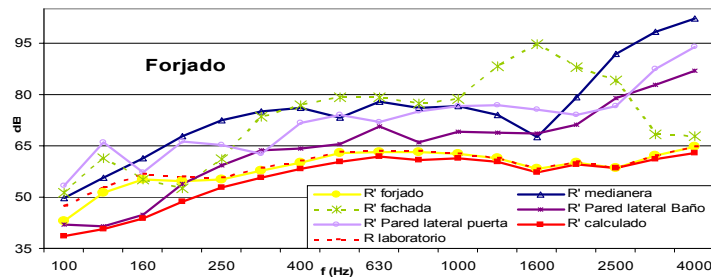


Figura 11. Índice de reducción sonora en función de la frecuencia para el forjado y cada uno de sus flancos

En la tabla 3 se pueden ver los valores de índice de reducción sonora aparente obtenidos para el forjado y para cada flanco, así como el índice de reducción sonora global calculado a partir de ellos y el índice de reducción sonora medido en laboratorio. En este caso sí que se observa la influencia de las transmisiones laterales en el índice de reducción sonora calculado, observándose una diferencia de 2dB respecto al índice de reducción sonora obtenido en laboratorio. Concretamente, esta diferencia se puede apreciar por frecuencias en la figura 11, donde se observa, en líneas generales, una diferencia de aproximadamente 10dB en frecuencias bajas y entre 2 y 3dB a frecuencias medias y altas. Se ha comprobado que en función del tipo de unión y de la ejecución de la misma, el efecto de las transmisiones laterales puede ser más o menos influyente en un debilitamiento del aislamiento acústico de un determinado elemento.

CONCLUSIONES

- La diferencia de aislamiento acústico entre medianera 1 y 2, se debe principalmente al camino directo. Esto puede ser debido a una ejecución de obra distinta entre una y otra.

- Los Kij experimentales a través de los flancos de las medianeras consideradas y los Kij teóricos según la UNE-EN12354, presentan importantes diferencias entre sí, oscilando entre 21 y 63dB. Estas diferencias se deben principalmente a que ésta norma, enfocada a construcciones europeas, se basa en edificaciones donde los elementos básicos son homogéneos. Los Kij experimentales considerados presentan valores mayores respecto a los Kij teóricos. Estos resultados evidencian la necesidad de buscar un modelo que se adapte al tipo de construcción utilizado en España en la actualidad.

- El índice de reducción sonora de la medianera calculado en función de las transmisiones Flanco - directo, el índice global calculado a partir de las contribuciones de cada flanco y el obtenido en laboratorio presentan resultados similares. En este caso el tipo de construcción de las uniones de la medianera con cada flanco es suficiente para que las transmisiones laterales no sean significativas. Sin embargo, en el caso del forjado estudiado sí que se observa la influencia de las transmisiones laterales en el índice de reducción sonora calculado, observándose una diferencia de alrededor de 10dB en baja frecuencia y entre 2 y 3dB en medias y altas frecuencias respecto al índice de reducción sonora obtenido en laboratorio. Así pues, el tipo de unión y la ejecución de la misma, son primordiales para que el efecto de las transmisiones laterales sea más o menos influyente en el debilitamiento del aislamiento acústico de un determinado elemento.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Fomento (REF 80026/A04) y por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. (MAT2003-04068).

REFERENCIAS

- [1] ISO 10848-partes 1, 2 y 3. Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact sound between adjoining
- [2] UNE-EN 12354-1 Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos.
- [3] UNE-EN ISO 140-4 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición "in situ" del aislamiento acústico al ruido aéreo entre locales.
- [4] Esteban, A.; Cortés, A.; Villot, M.; Martín, C. "Vibration reduction index Kij in hollow constructions: application of the european standard EN12354 to the spanish constructions", TecniAcústica, Bilbao 2003.
- [5] Building Structures, Junctions,: transmission of vibrations-field measurements, NT acou 090, Nordtest method.
- [6] Martín, M. A; Tarrero, A.; Aparicio, A., González, J, Machimbarrena, M. "Análisis de la transmisión sonora a través de una unión en cruz mediante el estudio de la amplitud de la aceleración. TecniAcústica 2005.
- [7] Schneider, M. Fischer, H-M. "Flanking transmission of masonry building elements with flexible interlayer", ForumAcusticum 2005, Budapest.