

## ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE BANDAS ELÁSTICAS EN UNA UNIÓN EN ESQUINA

PACS 43.55.Rg

Bertó Carbó, Laura<sup>1</sup>; Escuder Silla, Eva<sup>1</sup>; Tomás Ibiza, Fernando<sup>1</sup>; Alba Fernández, Jesús<sup>1</sup>, Del Rey Tormos, Romina<sup>1</sup>

Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de Zonas Costeras  
Departamento de Física Aplicada, Escuela Politécnica Superior de Gandia,  
Universidad Politécnica de Valencia.

C/ Paraninf, 1 - 46730-Grao de Gandia - Valencia - Spain.

Tlf. +34 96 284 93 14 - Fax +34 96 284 93 37

Email: [lauberca@upvnet.upv.es](mailto:lauberca@upvnet.upv.es); [evescude@fis.upv.es](mailto:evescude@fis.upv.es); [fernando.tomas.ibiza@gmail.com](mailto:fernando.tomas.ibiza@gmail.com);;  
[jesalba@fis.upv.es](mailto:jesalba@fis.upv.es), [roderey@doctor.upv.es](mailto:roderey@doctor.upv.es)

### ABSTRACT

The elastic bands that we use in construction must have as principal purpose the diminution of the lateral transmissions. These fall in major or minor degree, based on the type of band, the conditions of fixation, the masses flank associates, etc. In EN 12354-2 they appear results for elastic bands to which a smaller dynamic steffness of 100MN/m<sup>3</sup> is associated to them such as polystyrene, polythene and other analogous materials with same characteristics. To do this we use a scale model and follow the method of measurement described in ISO 10848-1.

**Keywords:** vibration reduction index, corner-junction, scale model, flexible interlayer

### RESUMEN

Las bandas elásticas empleadas en edificación deben tener como finalidad la disminución de transmisiones laterales. Éstas disminuyen, en mayor o menor grado, en función del tipo de banda, de las condiciones de fijación, o de las masas de flanco asociadas, etc. En la UNE-EN 12354-1 aparecen resultados para bandas elásticas a las que se les asocia una rigidez dinámica menor de 100 MN/m<sup>3</sup> tales como el poliestireno elastificado, polietileno y otros materiales con prestación análogas.

En este trabajo se estudia la influencia de bandas elásticas en una unión en esquina, empleando modelos a escala y siguiendo el método de medida descrito en la ISO-10848.

**Palabras Clave:** Índice de reducción vibracional, unión en esquina, bandas elásticas, modelo a escala.

## INTRODUCCIÓN

La publicación del Documento Básico de Protección contra el Ruido (DB-HR) del Código Técnico de la Edificación (CTE) plantea el uso de soluciones constructivas donde en, prácticamente todas las soluciones reconocidas, es necesaria la colocación adecuada de una lámina flotante o de una banda elástica.

La función de las bandas elásticas empleadas en edificación es reducir las transmisiones laterales a través de uniones de elementos constructivos mejorando así el aislamiento acústico de un determinado cerramiento. Esta reducción se evalúa a partir del índice de reducción vibracional  $K_{ij}$ , magnitud relacionada con la transmisión de potencia vibratoria a través de una unión entre elementos estructurales.

El índice de reducción vibracional se puede obtener de forma teórica mediante formulación dada en la Norma EN 12354-1:200 [1] para un conjunto limitado de condiciones de unión o de forma experimental mediante medición de las diferencias de velocidades a ambos lados de una unión y el tiempo de reverberación estructural de los elementos que componen dicha unión, según ISO 10848-1:2006 [2].

En el caso de una unión en esquina definida en la Norma EN 12354-1:2000 [1], únicamente se presenta una tipología de unión rígida sin tener en cuenta la inserción de un elemento flexible como intercapa de este tipo de unión.

El objetivo del presente trabajo es el estudio del comportamiento de una unión en esquina al introducir un material elástico como intercapa en dicha unión. Para ello se utiliza un modelo a escala que reúne las características de una unión en esquina. Se evalúa el efecto de la interposición de dos láminas elásticas de distintas características, respecto a la unión rígida, teniendo en cuenta diferentes configuraciones.

## ÍNDICE DE REDUCCIÓN VIBRACIONAL

El índice de reducción vibracional,  $K_{ij}$ , es una magnitud relacionada con la transmisión de potencia vibratoria a través de una unión entre elementos estructurales, normalizada con el objeto de hacerla una magnitud invariante. Se determina experimentalmente normalizando la diferencia de niveles de velocidad promediados en todas direcciones sobre la unión, con la longitud de la unión y la longitud de absorción equivalente, si fuera relevante, de ambos elementos según la ecuación (1):

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \log \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i \cdot a_j}} \quad (1)$$

Donde,  $D_{v,ij}$  es la diferencia del nivel de velocidad entre los elementos  $i$  y  $j$ , cuando el elemento  $i$  es excitado, en dB,  $D_{v,ji}$  es la diferencia del nivel de velocidad entre los elementos  $j$  e  $i$ , cuando el elemento  $j$  es excitado, en dB,  $l_{ij}$  es la longitud común de la unión entre los elementos  $i$  y  $j$ , en m,  $a_i$  es la longitud de absorción equivalente del elemento  $i$ , en m,  $a_j$  es la longitud de absorción equivalente del elemento  $j$ , en m.

La longitud de absorción equivalente viene dada por la ecuación (2)

$$a_i = \frac{2.2 \cdot \pi^2 \cdot S}{c_0 \cdot T_s} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \quad (2)$$

Donde,  $T_s$  es el tiempo de reverberación estructural del elemento i o j, en s, S es el área del elemento i o j en  $m^2$ , f es la frecuencia central de la banda, en Hz,  $f_{ref}$  es la frecuencia de referencia (1000 Hz) y  $c_0$  es la velocidad del sonido en el aire, en m/s.

El índice de reducción vibracional también se puede obtener a partir de expresiones empíricas, para tipos habituales de uniones, dependiendo de las densidades superficiales de los elementos conectados a la unión, denotadas por  $m_1$  y  $m_2$ . Las figuras 1 y 2 muestran el caso de una unión en esquina.

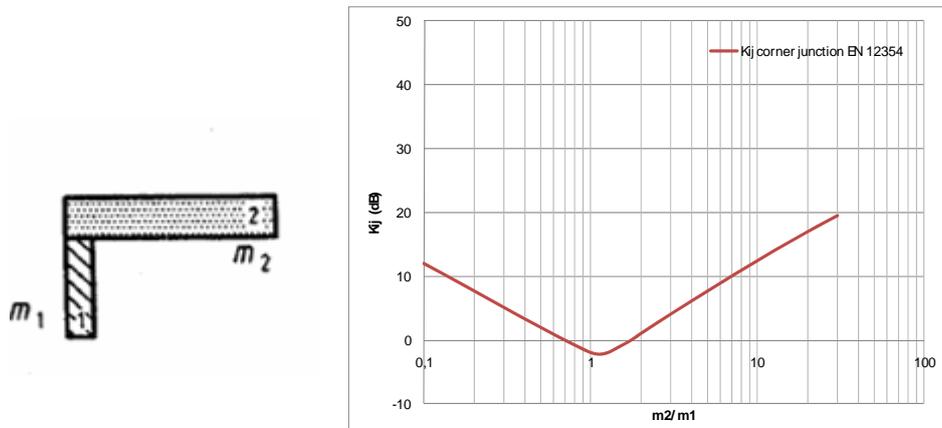


Figura 1. Kij de una unión en esquina según la EN 12354-1:2000

En el caso de una unión en esquina la Norma EN 12354-1:2000, recoge la siguiente formulación:

$$K_{12} = 15|M| - 3dB \text{ y } - 2dB \text{ mínimo } (= K_{21}); 0dB/octava \quad (3)$$

Donde  $M = \lg \frac{m_2}{m_1}$  siendo:  $m_{1i}$  la masa por unidad de superficie del elemento i en el camino de transmisión ij, y  $m_i$  la masa por unidad de superficie del otro elemento, perpendicular al i, que forma la unión.

La ecuación (3) no tiene dependencia frecuencial ni considera el efecto de un elemento elástico. En otras configuraciones, como uniones en T o en cruz, la mejora producida por un material elástico sobre una unión rígida, se caracteriza por una frecuencia,  $f_1$ , definida por D.B. Pedersen [3] como frecuencia crossover, ecuación (4).

$$f_1 = 2.5 \cdot 10^{-6} \left( \frac{\sqrt{\rho_1 \rho_2}}{G} \cdot d \cdot \frac{h_1}{w} \right)^{-3/2} \quad (4)$$

Donde,  $\rho_1$  y  $\rho_2$  son las densidades volumétricas de los elementos que componen la unión, G es el módulo de cizalla,  $h_1$  es la longitud común de los elementos que componen la unión, d el espesor del material elástico usado como intercapa y w es la longitud común del elemento elástico y la unión, tal y como se muestra en la siguiente figura:

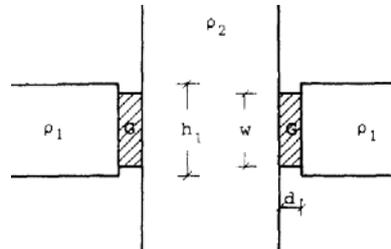


Figura 2. Unión en cruz con dos intercapas idénticas

A frecuencias inferiores a dicha frecuencia crossover no se aprecia mejora por la inserción de una intercapa elástica respecto a la unión rígida. En teoría, según Pedersen [3], *por encima de la frecuencia  $f_1$ , o frecuencia crossover, la reducción vibracional aumenta con  $10 \cdot \log ( f / f_1 )$  con una intercapa en la unión, y con  $20 \cdot \log ( f / f_1 )$  cuando el camino de transmisión atraviesa dos intercapas.*

## DESARROLLO

### Descripción del modelo a escala

Se ha desarrollado un modelo a escala que reúne las características de una unión en esquina en dos configuraciones diferentes denominadas como configuración 1 y configuración 2, tal y como se representa en las figuras 3 y 4 respectivamente.

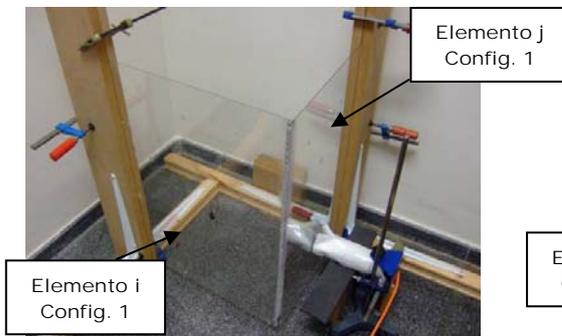


Figura 3. Unión en esquina configuración 1

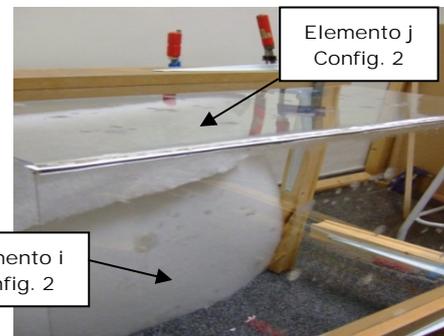


Figura 4. Unión en esquina configuración 2

Se han estudiado dos configuraciones distintas de unión en esquina, con el objetivo de obtener un modelo a escala lo más estable posible. Como se ha comentado con anterioridad, el índice de reducción vibracional está en función, entre otros parámetros, del tiempo de reverberación estructural de los elementos que componen la unión y dicho tiempo de reverberación estructural variará en función de las condiciones de contorno del elemento a estudio.

En la configuración 1, los elementos que componen la unión están sujetos por tres puntos en la longitud opuesta a dicha unión, mientras que en la configuración 2, únicamente se sujetan en dos puntos (los extremos) aunque, en este caso, el propio peso del elemento j sobre el elemento i hace más estable el montaje.

Los elementos que componen la unión en cada configuración, constan de policarbonato de 1.5mm de espesor, por tanto cuentan con la misma densidad superficial. En cuanto a las dimensiones de la maqueta, se ha tenido en cuenta una proporcionalidad según las dimensiones acotadas de la norma ISO 10848-1 [2], una diferencia en las dimensiones lineales de, al menos un 10%, además de evitar simetría en la unión en esquina. El elemento i (m1)

tiene dimensiones de 70cm x 49.5cm y el elemento j (m2) tiene dimensiones de 70cm x 42.5 cm.

Se evalúa, para cada configuración, la unión rígida y dos uniones elásticas, una con un material de polietileno y la otra con un material reciclado textil. Previo al estudio del índice de reducción vibracional, se evaluaron las características de rigidez dinámica de cada uno de estos materiales elásticos según la Norma EN 29052-1:1994 [4], obteniendo como resultado una rigidez de dinámica de  $70\text{MN/m}^3$  para el caso del polietileno y  $116\text{MN/m}^3$  para el material reciclado.

### Metodología de medida

Se ha seguido la metodología de medida detallada en la EN 10848-1:2007 [2]. En esta norma se describe el procedimiento de medida de la diferencia de niveles de velocidad a ambos lados de la unión y del tiempo de reverberación estructural de cada uno de los elementos que componen dicha unión. A partir de estos datos es posible obtener el valor de índice de reducción vibracional,  $K_{ij}$ , utilizando para ello las ecuaciones (1) y (2).

El equipo de medida empleado para llevar a cabo el estudio consta, fundamentalmente, de un excitador mecánico o shaker, necesario para excitar los diferentes elementos que componen la unión, acelerómetros que, conectados a un analizador de espectros, registran la amplitud de aceleración existente en cada elemento cuando éste es excitado con el shaker y un martillo para excitar cada elemento con un golpe seco y registrar el tiempo de reverberación estructural en cada uno de ellos.

Para la obtención de la diferencia de velocidad a ambos lados de la unión se distribuyen dos posiciones de excitación y tres posiciones de medida para cada posición de excitación en cada uno de los elementos que componen la unión (ver figura 5) y se realizan mediciones en ambas direcciones. Tres posiciones de excitación no era posible si se quería respetar las distancias para este tipo de montaje a escala, se comprobó que con dos posiciones de excitación era suficiente puesto que las seis medidas ofrecían la estabilidad necesaria. Para determinar el tiempo de reverberación estructural, se excitó cada elemento con un golpe seco de martillo y se registró el tiempo que tarda en caer el sonido 60dB, en este caso, este procedimiento se repitió hasta 5 veces para cada posición de medida.

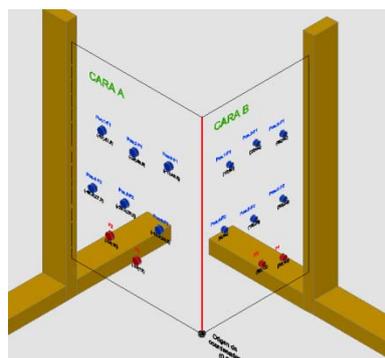


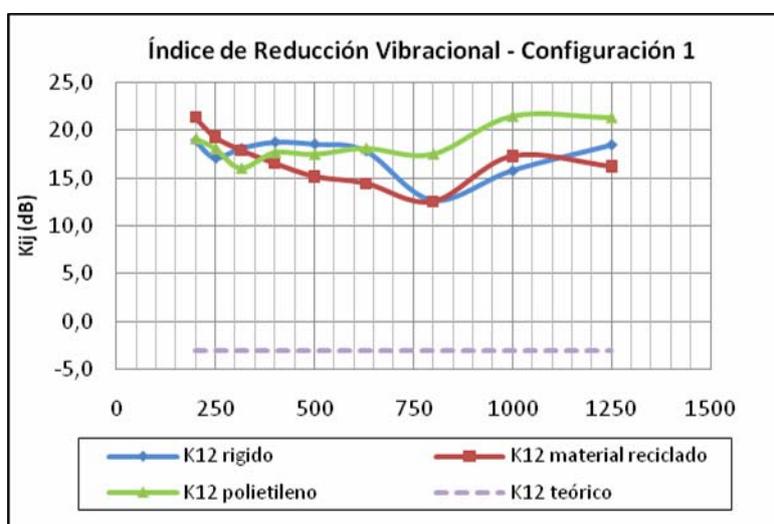
Figura 5. Distribución de posiciones de medida y excitación en configuración 1

## RESULTADOS

### Índice de reducción vibracional

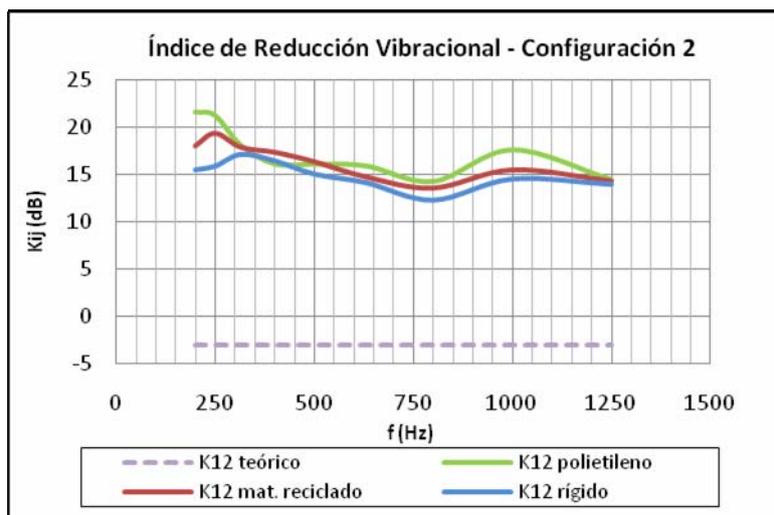
A continuación se muestran los resultados obtenidos del índice de reducción vibracional para cada uno de los tres casos a estudio en cada una de las dos configuraciones.

En las figuras 6 y 7 se muestran resultados para unión en esquina rígida, unión elástica con polietileno y unión elástica con material reciclado, tanto para la configuración 1 como para la configuración 2 respectivamente. Se comparan estos resultados con el valor empírico dado en la Norma EN 12354-1:2000 [1] para este tipo de uniones.



f(Hz)	K <sub>12</sub> Rígido	K <sub>12</sub> reciclado	K <sub>12</sub> PE
200	19,0	21,4	19,2
250	17,1	19,3	18,1
315	18,1	18,0	16,0
400	18,8	16,6	17,7
500	18,6	15,2	17,5
630	17,9	14,5	18,1
800	12,6	12,5	17,5
1000	15,8	17,3	21,5
1250	18,5	16,2	21,4
<b>K<sub>12</sub> Global</b>	<b>17,4</b>	<b>16,8</b>	<b>18,5</b>

Figura 6. Índice de Reducción vibracional – Configuración 1



f(Hz)	K <sub>12</sub> Rígido	K <sub>12</sub> reciclado	K <sub>12</sub> PE
200	15,4	18,0	21,6
250	15,8	19,4	21,2
315	17,1	17,9	18,1
400	16,4	17,4	16,1
500	15,0	16,3	16,1
630	14,1	14,7	15,9
800	12,3	13,5	14,3
1000	14,5	15,5	17,6
1250	13,9	14,3	14,5
<b>K<sub>12</sub> Global</b>	<b>14,9</b>	<b>16,3</b>	<b>17,3</b>

Figura 7. Índice de Reducción Vibracional – Configuración 2

En ambas configuraciones y para todos los casos a estudio, se aprecia, a simple vista, una dependencia del índice de reducción vibracional con la frecuencia.

En la configuración 1 se observan mayores diferencias en el índice de reducción vibracional entre las diferentes uniones elásticas estudiadas que en el caso de la configuración 2.

En la primera configuración (configuración 1) se obtiene un índice de reducción vibracional global, al interponer un material a base de polietileno, de 18.5dB frente a los 17.4dB de la unión rígida. Sin embargo, la interposición del segundo material, o material reciclado, da como resultado un  $K_{12} = 16.8\text{dB}$ , por debajo del obtenido en el caso de la unión rígida, por lo que, en principio, este material no parece muy efectivo.

Sin embargo, en la segunda configuración (configuración 2), se observa una mejora, el caso del polietileno, a partir de, aproximadamente, 400Hz. Mientras que en el caso del material reciclado, se produce una mejora para todas las frecuencias del rango a estudio. Se obtiene un  $K_{12}$  global de 16.3dB para el caso del material reciclado y de 17.3dB para el polietileno, frente a los 14.9dB obtenidos para la unión rígida.

En cualquier caso, tanto para la unión rígida como para uniones elásticas, se obtiene un índice de reducción vibracional entre 17dB y 22dB por encima del valor teórico dado en la EN 12354-1:2000.

## **CONCLUSIONES**

Se ha estudiado el efecto que produce la interposición de materiales elásticos en una unión en esquina de policarbonato en un modelo a escala mediante el procedimiento de medida descrito en la Norma En-10848-1:2007 [2]. Se observa la dependencia frecuencial del índice de reducción vibracional en este tipo de unión. Se comparan los resultados obtenidos con los teóricos obtenidos según la Norma En 12354-1:2000 [1]. Se comprueba la dependencia de los resultados con el tipo de configuración a ensayo. En la configuración 1 los resultados son más dependientes de las condiciones de contorno que en la configuración 2.

A partir de aquí, se pretende buscar una configuración estable que permita evaluar con mayor fiabilidad el efecto que produce la interposición de una material elástico en una unión en esquina.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (BIA2007-68098-C02-01 y BIA2007-68098-C02-02) y por el Programa Gerónimo Forteza FPA2010 de la Consellería d'Educació de la Generalitat Valenciana.

## **REFERENCIAS**

- [1] UNE-EN 12354-1:2000. Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo de impacto entre recintos. (ISO 140-7:1998)
- [2] UNE-EN ISO 10848-1:2007. Acústica. Medida en laboratorio de la transmisión por flancos del ruido aéreo y del ruido de impacto entre recintos adyacentes. Parte 1: Documento marco. (ISO 10848-1:2006).
- [3] D. B. Pedersen, Estimation of Vibration Attenuation through Junctions of Building Structures, Applied Acoustics 46 (1995) 285-305
- [4] UNE-EN 29052-1:1994. Acústica. Determinación de la Rigidez Dinámica. Parte 1: Materiales utilizados bajo suelos flotantes en viviendas (ISO 9052-1:1989).

- [5] E. Escuder-Silla, J. Ramis-Soriano, J. Alba-Fernández, R. Del-Rey-Tormos, Vibration reduction index of a corner-Junction with flexible interlayer, Inter-Noise 2010.
- [6] Alba Fernández, J, Ramis Soriano, J, Venero, J, Escuder, E, Bertó, L, Medida in situ de transmisiones indirectas y análisis de su influencia en el aislamiento acústico de una medianera. Tecniacústica 2006.