

UNA MAQUETA PARA EL ESTUDIO DE TRANSMISIONES LATERALES EN EDIFICACIÓN

PACS: 43.40.Jh

del Rey, Romina¹; Alba, Jesús¹; Ramis, Jaime²; Escuder, Eva¹.

¹Escuela Politécnica Superior de Gandía.

Universidad Politécnica de Valencia

Carretera Nazaret-Oliva s/n

Grao de Gandía 46730 (Valencia)

Teléfono (96) 284.93.14 - (96) 284.93.00

E-mail: roderey@doctor.upv.es, jesalba@fis.upv.es, evescude@fis.upv.es

²Dpto. Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal

Universidad de Alicante

Apdo. Correos, 99; 03080 Alicante

e-mail: jramis@ua.es

ABSTRACT

The sound flanking transmission is essential to study the overall acoustic isolation to air noise. To obtain the value of the vibration reduction index to know the acoustic behaviour of the whole constructive, it is necessary to know the velocity level difference and the structural reverberation time. In the Standard UNE EN 12354:2000 there are empirical expressions for obtained vibration reduction index. In the Standard UNE-EN ISO 10848:2006-1 there is a detailed procedure for calculating vibration reduction index. In this work, we compare the vibration reduction index calculated by 12354 and the vibration reduction index obtained by 10848. Measures have been carried out on a concrete model.

Keywords: flanking transmission, acoustic isolation, vibration reduction index,

RESUMEN

La cuantificación de las transmisiones laterales en la predicción del aislamiento acústico es un problema actual. La diferencia de velocidades entre las superficies a estudio y el tiempo de reverberación estructural son dos magnitudes fundamentales. Existen diferentes formulaciones en la UNE EN 12354: 2000 para diferentes soluciones constructivas, y se detalla un procedimiento de medida en la UNE-EN ISO 10848-1: 2007. En este trabajo, se comparan los índices de reducción vibracional según la 12354, medidos según se especifica en la 10848, las medidas han sido realizadas sobre una maqueta formada sobre una losa de hormigón.

Palabras-clave: transmisiones laterales, aislamiento acústico, índice de reducción vibracional.

1 INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista numérico, el método reconocido más habitual para valorar acústicamente la transmisión por flanco es el de valorar el índice de reducción vibracional. Actualmente se puede obtener mediante el uso de fórmulas empíricas reconocidas para ciertas soluciones constructivas y en un conjunto determinado de diseños rígidos o con elementos elásticos insertados. Esto se ha recogido en el DB-HR del CTE [1] que referencia las normas UNE-EN 12354 donde se pueden encontrar las diferentes formulaciones y sus limitaciones. En concreto en la UNE-EN 12354-1:2000 [2] se recogen una serie de expresiones empíricas para el cálculo de diferentes configuraciones constructivas, bien en T, bien en Cruz. Estas expresiones, como se indica en la normativa, presentan una serie de limitaciones. Otra técnica que puede ser factible es la obtención de información del flanco en una edificación, mediante procedimientos de medida detallados en la norma UNE-EN ISO 10848-1:2007 [3]. En esta Norma se describe un procedimiento de medida de la diferencia de niveles de velocidad entre los elementos a estudio, así como del tiempo de reverberación estructural para recintos de ensayo en laboratorio. Es habitual trasladar este procedimiento a situaciones in situ ya que no se disponen de procedimientos de medida concretos para este caso, con esto, se deben asumir una serie de limitaciones. En este trabajo, se ha seguido el procedimiento descrito en la 10848 [3] para realizar las mediciones y se han comparado los índices de reducción vibracional según la 12354 [2], de las medidas realizadas sobre una maqueta formada sobre una losa de hormigón.

1.1 Definición del Índice de Reducción Vibracional

El índice de reducción vibracional, K_{ij} , se define como la 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 puede determinar según la siguiente ecuación:

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

donde: $D_{v,ij}$ es la diferencia del nivel de velocidad entre los elementos i y j , cuando el elemento i es excitado, en decibelios, $D_{v,ji}$ es la diferencia del nivel de velocidad entre los elementos j e i , cuando el elemento j es excitado, en decibelios, l_{ij} es la longitud común de la unión entre los elementos i y j , en metros y a_i (a_j) son las longitudes de absorción equivalentes del elemento i (j). La longitud de absorción equivalente se puede calcular mediante la siguiente expresión:

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

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

1.2. Determinación experimental del índice de reducción vibracional

Tal y como se especifica en la 10848-1 [3], es posible obtener el valor de K_{ij} utilizando como base las ecuaciones (1) y (2), a partir de la medición de la diferencia de niveles de velocidad a través de la unión en ambas direcciones y la medición del tiempo de reverberación estructural de los dos elementos. Para la obtención de la diferencia de velocidades la norma marca una serie de limitaciones geométricas. Algunas de las indicaciones que aparecen en la norma son las siguientes:

1. Deben realizarse en cada elemento, al menos, 3 posiciones de excitación y 9 de transductor (3* excitación).
2. Las posiciones deben distribuirse aleatoriamente pero no simétricamente.

3. La posición del transductor y puntos de excitación deben cumplir las siguientes distancias mínimas: 0.5m entre los puntos de excitación y los límites del elemento a ensayar: 1 m entre los puntos de excitación y las posiciones de transductor asociadas y 0.5 m entre cada posición del transductor.

Para la medición del tiempo de reverberación estructural se puede seguir la normativa ISO 3382:2008 [4]. Se excita el elemento constructivo con un golpe de martillo y se obtiene el tiempo que tarda en caer el sonido 60 dB. El procedimiento de medida también se especifica en la norma. La normativa correspondiente [3] para la determinación de la diferencia de velocidades exige unas condiciones de acoplamiento entre los elementos que forman la unión, si estas condiciones no se cumplen, los datos obtenidos de las mediciones in situ no son representativas de la distribución de energía entre dichos elementos, no siendo válidas para la obtención del índice de reducción vibracional. Esta condición de acoplamiento se refleja en la siguiente desigualdad:

$$D_{v,ij} \geq 3 - 10 \lg \left(\frac{m_i f_{cj}}{m_j f_{ci}} \right) \text{ dB} \quad (3)$$

Donde m_i , m_j son las masas por unidad de área de los elementos, (kg/m^2), y f_{ci} , f_{cj} son las frecuencias críticas, (Hz). Por otra parte existe una incertidumbre asociada al número y posiciones de puntos de medida escogidos, aunque todo se ejecute cumpliendo siempre con las condiciones que se imponen en la normativa [5-6].

1.3. Fórmulas empíricas para el índice de reducción vibracional

En la figura 1 se observan las uniones rígidas en CRUZ y en T para las cuales en [2] nos ofrece fórmulas empíricas:



Figura 1. Uniones rígidas

En el caso de la unión en cruz, se definen las siguientes relaciones para los índices de reducción sonora asociados:

$$K_{13} = 8,7 + 17,1M + 5,7 \cdot M^2 \quad \text{dB}; \quad 0 \text{ dB/octava} \quad (4a)$$

$$K_{12} = 8,7 + 5,7 \cdot M^2 (= K_{23}) \quad \text{dB}; \quad 0 \text{ dB/octava} \quad (4b)$$

En el caso de la unión en T, se definen las siguientes relaciones para los índices de reducción sonora asociados:

$$K_{13} = 5,7 + 14,1M + 5,7 \cdot M^2 \quad \text{dB}; \quad 0 \text{ dB/octava} \quad (5a)$$

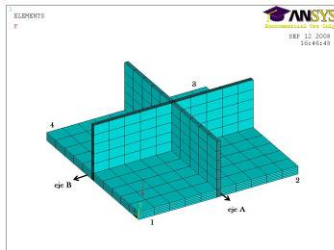
$$K_{12} = 5,7 + 5,7 \cdot M^2 (= K_{23}) \quad \text{dB}; \quad 0 \text{ dB/octava} \quad (5b)$$

Las expresiones (4) y (5) están dadas en función de la magnitud M definida como: $M = 10 \lg \frac{m'_{\perp i}}{m'_i}$,

siendo m'_i la masa por unidad de superficie del elemento i en el camino de transmisión ij y $m'_{\perp i}$ la masa por unidad de superficie del otro elemento, perpendicular al i , que forma la unión. Se puede observar como las magnitudes dadas por (4) y (5) no tienen dependencia con la frecuencia.

2 MAQUETA DE ENSAYO Y MEDICIONES

Se han realizado las medidas en una maqueta sobre una losa de hormigón, en la figura 1 y figura 2 se observan detalles de esta maqueta



Medianeras a	120 kg/m ² 975 mm longitud
Medianeras b	120 kg/m ² 675 mm longitud
Forjados	240 kg/m ² 600mm longitud

Figura 1. Modelo de la maqueta utilizada y descripción de ésta.

Se han realizado mediciones de las diferencias de niveles de velocidad y del tiempo de reverberación estructural, de medianeras (ejes a y b de la figura 1) y forjados. Para asegurar una excitación uniforme se ha utilizado una caladora para obtener la diferencia de niveles de velocidad y para la obtención del tiempo de reverberación estructural se ha utilizado el martillo de Brüel&Kjaer 8208 .Se ha registrado la excitación con acelerómetros de Brüel&Kjaer 4370. En la figura 2 se puede ver en detalle algunas de estas mediciones.



Figura 2. Detalle de la maqueta de hormigón durante la realización de medidas.

3 RESULTADOS

3.1 Diferencia de niveles de velocidad e índices de reducción vibracional para la configuración en CRUZ y en T

Se presentan valores de los índices de reducción vibracional para las configuraciones K12 (=K23), K13 y K14 desde 125Hz hasta 1250Hz, rango en el cual la normativa [2] nos permite calcular un valor medio. Se compara este valor medio con el valor predicho por la normativa según la ecuación empírica. También se presenta valores de la diferencia de niveles de velocidad para una de las configuraciones K13, entre medianeras b1yb4. Se muestran los resultados de las mediciones de las diferencias de niveles de velocidad medidos junto a las diferencias de los niveles de velocidad que cumplen la condición establecida por la desigualdad (3):

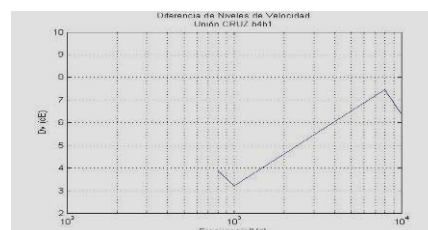
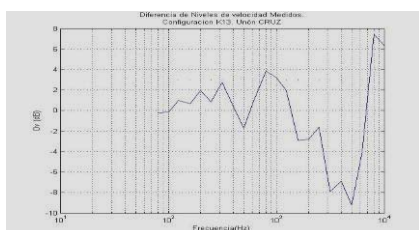


Figura 3. Diferencia de niveles de velocidad medidos para las configuraciones b4b1. Unión en Cruz, todos los valores medidos y los que cumplen la condición de acoplamiento débil.

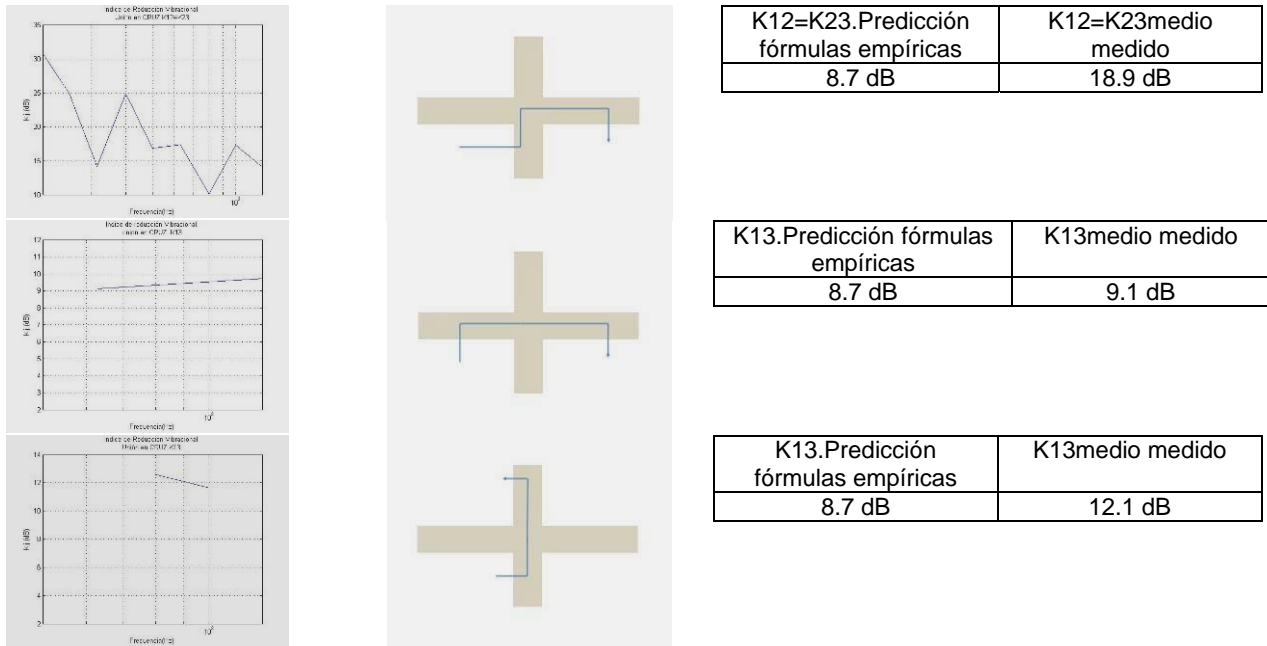


Figura 4. Índices de reducción vibracional de las diferentes configuraciones en CRUZ ensayadas.

Se sigue el mismo esquema de presentación de resultados que en el punto 3.1, para las configuraciones K12(=K23) y K13 de uniones rígidas en T.

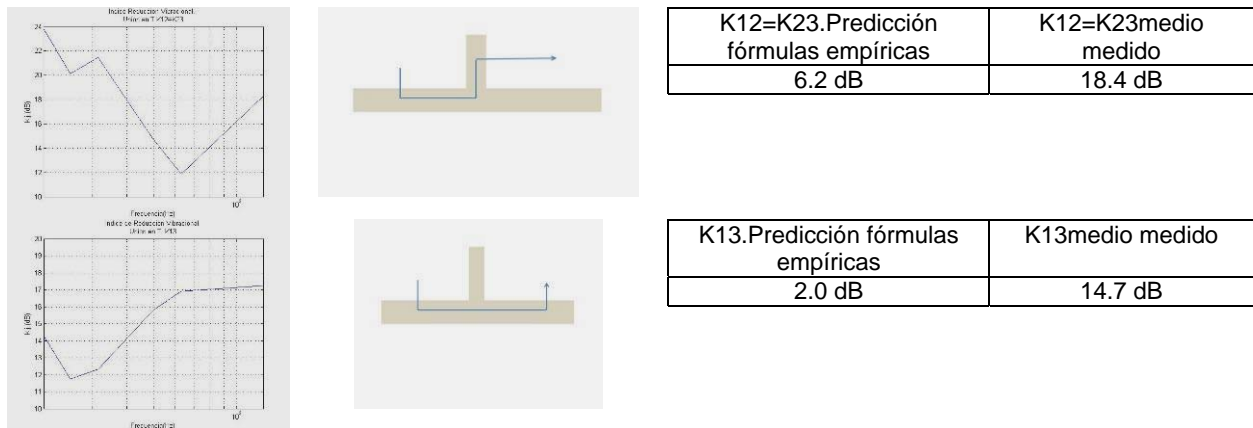


Figura 5. Índices de reducción vibracional de las diferentes configuraciones en T ensayadas.

3.2 Tiempos de reverberación estructural.

Se han realizado las mediciones siguiendo el procedimiento descrito en la normativa. Se han realizado mediciones de medianeras a y b y de forjados, aunque se presentan los resultados de todas las mediciones así como del valor de TR promedio para una medianera de 50mm de espesor y 975mm de longitud. Densidad superficial 120 kg/m² (eje a). Se compara este valor medido con el valor predicho según anexo de [2], considerando un factor de pérdidas interno para la medianera estudiada de 0.01. Este valor es el que toma como valor normalizado en el caso de mediciones en laboratorio. Se ha considerado variar este factor de pérdidas.



Figura 6. Tiempo de Reverberación Estructural de medianera “a”. Valores medidos y valor promedio



Figura 7. Tiempo de Reverberación Estructural medido promedio comparado por el estimado según normativa considerando $N=0.01$ o $N=0.005$

4 CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo son varias. Gracias a la maqueta, se ha podido trabajar de forma controlada y ensayar los parámetros necesarios para la determinación del índice de reducción vibracional: las diferencias de velocidades y el tiempo de reverberación estructural. Respecto a la medida del tiempo de reverberación, los ensayos son estables y a partir de la frecuencia de resonancia del material tienen una tendencia decreciente con la frecuencia. Sin embargo, los datos no coinciden con las estimaciones de la 12354-1:2000. Respecto a la medida de diferencias de velocidades y la posterior obtención del Kij medio, se pueden observar que en la maqueta han aparecido valores bastante más elevados en algunos caminos que lo que ofrece la 12354-1:2000. Debe plantearse ahora una discusión al respecto, de la diferencia existente entre la formulación aceptada por la 12354-1:2000 y el DB-HR y los resultados obtenidos. En otros trabajos, en función del tipo de unión, también valores diferentes a los que se proponen en la 12354-1:2000.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (BIA2007-68098-C02-01 y BIA2007-68098-C02-02).

REFERENCIAS

- [1] DB-HR. Protección frente al ruido. Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 1371/2007.
- [2] 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 entre recintos.
- [3] 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
- [4] UNE EN ISO 382-2:2008. Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de Reverberación en recintos ordinarios.
- [5] Del Rey, R., Alba, J., Estruch V., Pastor G., Escuder, E. Incertidumbre del cálculo del índice de reducción vibracional en función del número de medidas de la diferencia de velocidades. Acústica 2008. Coimbra. Octubre 2008.
- [6] Alba, J., Ramis, J., Escuder, E., del Rey, R. Effect of the estimation of the wall/floor junction type on the acoustic isolation. Acoustics'08. Paris. 29 Junio-4 Julio 2008.