

Cálculo del índice de reducción sonora de ventanas con vidrio laminar

Ana Llopis Reyna, Antonio Uris Martínez, Ignacio Guillen Guillamón
Grupo de Acústica Arquitectónica y del Medio Ambiente
Dept. Física Aplicada. Universidad Politécnica de Valencia.
Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia.
Telf: 963877528 - Fax: 963877529
e-mail: allopisr@fis.upv.es

PACS: 43.55 Ti

Resumen

En este artículo se presentan los resultados del índice de reducción sonora de tres vidrios laminados montados en una ventana de 1.2 x 1.2 m. Para cada muestra, el índice de reducción sonora se ha calculado, en función de la frecuencia, utilizando el método de Sharp y a partir de la expresión de la impedancia a flexión de una placa. Los valores calculados a partir de la expresión de la impedancia a flexión de una placa se ajustan mejor a los medidos que los calculados utilizando el método de Sharp.

Abstract

Results of sound reduction index of three different laminated glasses mounted onto a 1.2 x 1.2 m window are presented. The sound reduction index as a function of frequency is also predicted for each sample using Sharp's method and as a function of the bending wave impedance. The predictions have been compared with the measured values of sound reduction index. The calculated values using bending wave impedance show better agreement with the measured values than the calculated using Sharp's method.

1.- Introducción

Para evaluar el aislamiento a ruido aéreo de un elemento constructivo se utiliza el índice de reducción sonora⁽¹⁾, que puede obtenerse mediante medidas de laboratorio normalizadas⁽²⁾.

En el caso de ventanas, el resultado de estas medidas puede verse afectado, además de por las características físicas del vidrio, por otros factores tales como el tamaño de la muestra y las condiciones de montaje^{(3), (4)}, por lo que durante la etapa de desarrollo de un nuevo tipo de vidrio es preferible utilizar un modelo teórico.

En este trabajo, los índices de reducción sonora de ventanas con vidrio laminar son calculados a partir del método de Sharp⁽⁵⁾ y mediante integración numérica de la expresión de la impedancia a flexión de una placa⁽⁶⁾. Estos resultados son comparados con los que se obtienen en las medidas realizadas en laboratorio.

2.- Montaje experimental

Las medidas del índice de reducción sonora se realizaron en la cámara de transmisión del Laboratorio de Acústica Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Valencia. Las dimensiones de la cámara son las siguientes:

Sala de emisión: 4,4 x 3,8 x 3 m

Sala de recepción: 5,1 x 3,8 x 3 m

Marco de separación: 0,3 x 3,8 x 3 m

El procedimiento de medida se llevó a cabo según la norma UNE-EN ISO 140-3 Apartado 6, en bandas de tercios de octava.

Sobre el marco de separación se construyó un tabique compuesto por fábrica de ladrillo perforado de pie, enfoscado con mor-

tero de cemento, 50 mm de lana de roca de 120 kg/m³, tabique de ladrillo hueco de 70 mm de espesor enlucido a una cara y trasdosado directo con 50 mm de lana de roca de 70 kg/m³ y placa de yeso laminado de 13 mm de espesor. Sobre este tabique se practicó un hueco de 1,2 x 1,2 m sobre el que se montaría la ventana.

La ventana utilizada para los ensayos es una ventana abatible de dos hojas con carpintería de PVC. Se utilizaron vidrios laminares de tres espesores distintos: 4+4 mm, 4+5 mm y 4+6 mm. El espesor de la resina (butiral) utilizada en estos vidrios fue de 1 mm aproximadamente.

3.- Modelos de predicción del índice de reducción sonora

3.1.- Método de Sharp

El índice de reducción sonora del vidrio se calcula a partir de las siguientes expresiones:

$$R = 20 \lg \left(\frac{\pi f m}{\rho c} \right) - 5 \text{ dB} \quad \text{para } f < f_c / 2 \quad (1)$$

$$R = 20 \lg \left(\frac{\pi f m}{\rho c} \right) - 5 + 10 \lg \left(\frac{2 \eta f}{f_c} \right) \text{ dB} \quad \text{para } f > f_c \quad (2)$$

donde m es la masa por unidad de superficie del vidrio, ρ es la densidad del aire, c es la velocidad de propagación del sonido en el aire, η es el factor de pérdidas y f_c es la frecuencia crítica.

El índice de reducción sonora para las frecuencias comprendidas entre f_c/2 y f_c se obtiene mediante interpolación de Lagrange.

3.2.- Mediante integración numérica

En una placa de extensión infinita sobre la cual inciden ondas planas con un ángulo de incidencia θ, el coeficiente de transmisión, τ viene dado por:

$$\tau(\vartheta) = \left| 1 + \frac{Z \cos \vartheta}{2 \rho c} \right|^{-2} \quad (3)$$

donde Z es la impedancia a flexión, que para una placa isotrópica de dimensiones infinitas viene dada por⁽⁶⁾:

$$Z = \eta \omega m \left[\left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2 \sin^4 \vartheta + j \omega m \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2 \sin^4 \vartheta \right] \right] \quad (4)$$

donde η es el factor de pérdidas, m es la masa por unidad de superficie, ω es la frecuencia angular y ω_c es la frecuencia crítica angular.

El índice de reducción sonora, se obtiene a partir del coeficiente de transmisión mediante integración

$$R = 10 \lg \left(\frac{\int_0^{\vartheta_1} \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta}{\int_0^{\vartheta_1} \tau(\vartheta) \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta} \right) \quad (5)$$

donde ϑ₁ es el ángulo de incidencia límite. En nuestro caso se ha tomado ϑ₁ = 84^{o(7)}.

Los valores del índice de reducción sonora en el tercio de octava donde se encuentra la frecuencia crítica y para los dos tercios de octava superior e inferior al de la frecuencia crítica se han calculado mediante interpolación de Lagrange.

La frecuencia crítica se ha calculado a partir de la expresión

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{B}} \quad (6)$$

donde B es la rigidez a flexión del vidrio.

En los cálculos se ha tomado un factor de pérdidas, η, del vidrio laminar de 0,05.

4.- Resultados

La Figura 1 muestra una comparativa entre los índices de reducción sonora medidos y los calculados mediante el método de Sharp y mediante integración numérica para la ventana con vidrio laminar de 4+4 mm. Los valores calculados mediante integración numérica se ajustan más a los medidos que los calculados mediante el método de Sharp. Los valores calculados por el método de Sharp difieren de los medidos en la zona de frecuencias próxima a la frecuencia crítica.

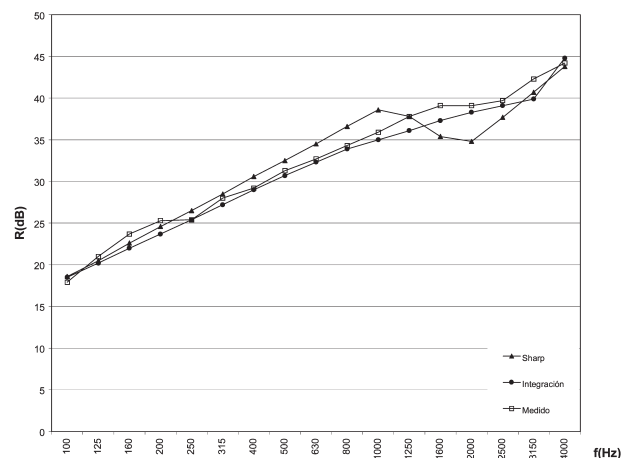


Figura 1. Índice de reducción sonora medido y calculado para el vidrio de espesor 4+4 mm.

Las Figuras 2 y 3 muestran los resultados obtenidos para las ventanas con vidrio laminar de espesores 4+5 mm y 4+6 mm, respectivamente. En estos dos casos se observa que, para frecuencias por encima de la frecuencia crítica (2500-4000 Hz), los valores obtenidos mediante el método de Sharp se ajustan mejor a los medidos.

En los tres casos, la diferencia entre los valores calculados mediante integración numérica y los medidos, no excede en ningún caso de más de 2 dB.

En la Tabla I se muestra el índice ponderado de reducción sonora, R_w , para los valores medidos y los calculados por los dos métodos.

Los índices ponderados de reducción sonora, R_w , obtenidos coinciden en todos los casos, excepto en la ventana con el vidrio de 4+5 mm, en el cual el valor de R_w obtenido a partir de los datos calculados por el método de Sharp es de 1 dB.

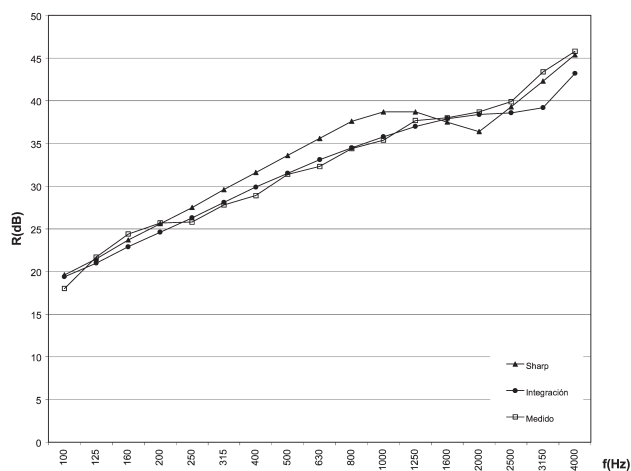


Figura 2. Índice de reducción sonora medido y calculado para el vidrio de espesor 4+5 mm

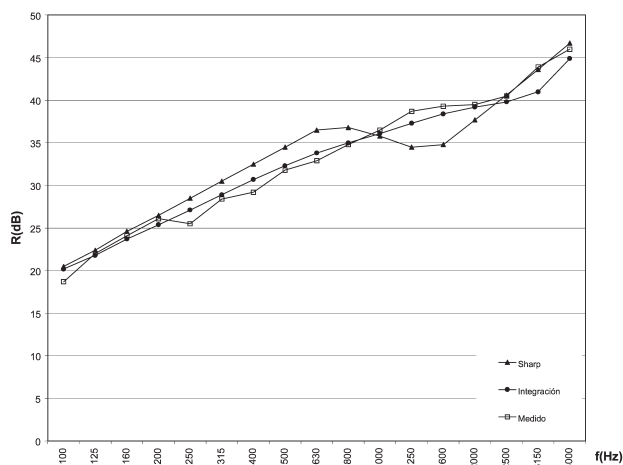


Figura 3. Índice de reducción sonora medido y calculado para el vidrio de espesor 4+6 mm

Tabla I. Valores obtenidos del índice ponderado de reducción sonora en dB.

	Medido	Integración	Sharp
4+4 mm	35	35	35
4+5 mm	35	35	36
4+6mm	36	36	36

5.- Conclusiones

Los valores obtenidos mediante integración numérica se ajustan mejor a los medidos que los calculados mediante el método de Sharp. Los valores calculados mediante integración numérica no exceden en más de 2 dB a los medidos. Las mayores discrepancias entre los valores medidos y los calculados por el método de Sharp se obtienen en la zona de frecuencias próxima a la frecuencia crítica.

Los valores del índice ponderado de reducción sonora obtenidos a partir de los valores calculados coinciden con los obtenidos a partir de los valores medidos, excepto en el caso de la ventana con vidrio laminar de 4+5 mm.

Referencias

1. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento ruido ruido aéreo. UNE-EN ISO 717-1. Agosto 1997.
2. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción. UNE-EN ISO 140-3. Diciembre 1995.
3. T. Kihlman, A. C. Nilsson, "Effects of some laboratory designs and mounting conditions on sound reduction index measurements", J. Sound Vib. 24, 349-364, (1972) .
4. J. D. Quirt, "Sound Transmission through windows I: single and double glazing", J. Acoust. Soc. Am. 72, 834-844, (1982) .
5. B. H. Sharp, "Prediction methods for the sound transmission of building elements", Noise Control Engineering 11, 553-563, (1978) .
6. L. Cremer, "Theory of the sound insulation of thin walls in the case of oblique incidence", Akust. Z. 7, 81-104, (1042) .
7. K. A. Mulholland, H. D. Parbrook & A. Cumming, "The transmission loss of double panels", J. Sound Vib. 6(3), 324-334, (1967).