

¿SON NECESARIAS TANTAS CURVAS DE REFERENCIA EN AISLAMIENTO ACUSTICO?

PACS: 43.55.Ti

Moreno A., Colina C. de la, Simón F., Peña M. A.
Instituto de Acústica, CSIC
Serrano 144
Madrid 2806. España
E-mail: iacma15@pinar2.csic.es

ABSTRACT

Alter a brief view of single number quantities and psychoacoustic fundamentals used in sound insulation, reference curves provided in the new standard (a DIS level ISO project) as a method for globally assessing of airborne sound insulation improvements of lightweight wall linings are dealt with. By using a numeric simulation model the properties of airborne sound insulation improvements of wall linings resulting from that single number ratings are discussed: among then the frequency intervals of higher efficiency and the insignificance of the incident noise spectrum are noteworthy. Another important conclusion concerns the variability of global improvement as a function of the reference curve, the two curves involved in the standard project represents a certain compromise of simplicity.

RESUMEN

Después de una breve consideración sobre la conveniencia y fundamentos psicoacústico de las valoraciones globales de las magnitudes de aislamiento acústico de las curvas de referencia se consideran las características y propiedades de las curvas de referencia previstas para valoración de la mejora global del aislamiento frente al ruido aéreo de revestimientos livianos. Se indican los intervalos frecuencia donde les mayor la eficacia de un revestimiento acústico en igualdad de restantes condiciones y se concluye en que para valorar adecuadamente el efecto global de un revestimiento hay que usar como curva de referencia el propio divisorio sobre el que se va a aplicar, siendo las dos curvas de referencia propuestas en el documento ISO/DIS una solución de compromiso para no incrementar el numero de parámetros que definen un producto acústico.

ANTECEDENTES

El desarrollo y uso de curvas de referencia en el proceso de obtención de magnitudes de valoración global (mediante un solo número) que representen equilibradamente el efecto del aislamiento en las distintas bandas de frecuencia dentro del intervalo de interés se acentuó en la década de los 60. Se hizo de manera empírica a partir de divisorios usuales que daban una satisfacción suficiente, en la época en que se implantaron [1].

La aparición del aislamiento en dBA, como aproximación [2] al método de la curva de referencia, dio lugar, algunas décadas después, a una fundamentación psicoacústica [3] basada en los conceptos de calidad y percepción sonora [4]. Usando fundamentalmente la sonoridad como magnitud más importante de la calidad de señales y a la par calculable [5], Moreno et al. [3] concluyen en la equivalencia, fundamentalmente a efectos de las aplicaciones, entre la reducción de sonoridad de un ruido que se transmite a un recinto a través de un divisorio y la valoración en dBA del aislamiento acústico de ese divisorio, dentro de intervalos usuales de niveles de sonoridad de los ruidos incidentes más significativos en el entorno de la edificación. La escasa dispersión de los valores del aislamiento acústico según la magnitud R_w [6] respecto de los valores de R_A , dBA para ruido incidente rosa según la NBE-CA, dan apoyo psicoacústico a R_w .

Sin embargo, el aislamiento en dBA dejando abierto el ruido incidente pero manteniendo el mismo algoritmo, sigue mostrando un buen comportamiento para aproximar la reducción de sonoridad conseguida, casi independientemente del nivel y del espectro del ruido incidente. R_w necesita por el contrario complementarse y así se inventan los términos C_{ruido} , uno para cada ruido o conjuntos de ruidos afines. (Estos términos complementarios no son más que lo que hay que añadir a R_w para obtener el valor de aislamiento obtenido mediante la ponderación A, para el ruido incidente correspondiente). Como R_A plantea la posibilidad de métodos simplificados de medición experimental [7] con uso de las redes de ponderación eléctrica (o electrónica) sin limitación frecuencial aparece otro factor de diversificación, que también se puede ver en la citada ISO 717, consistente en la ampliación del intervalo de frecuencias a considerar: 100-3200 Hz, 100-5000 Hz, 50-5000 etc.

La aparente simplificación inicial mediante un único número se empieza a complicar para poder tener mejor en cuenta la naturaleza del ruido de inmisión. Surge además la conveniencia de integrar la influencia de la propia forma de las curvas de aislamiento en función de la frecuencia, en estas valoraciones, puesta de manifiesto décadas antes [8]. Este aspecto se encuentra en las nuevas curvas de referencia, en proceso de estudio (bastante avanzado por cierto) a nivel normativo, para establecer los valores de las magnitudes ΔR_A y ΔR_{Atr} que caractericen propiamente los revestimientos de mejora en las aplicaciones, tema de este estudio.

CURVAS DE REFERENCIA PARA ΔR_A (MEJORA DEL AISLAMIENTO FRENTE AL RUIDO AEREO)

En los últimos lustros está cobrando una importancia creciente el concepto de mejora del aislamiento acústico que revestimientos livianos en placa aportan a los divisorios. Esta importancia se fundamenta en dos hechos fundamentales: la cuantía importante que puede alcanzar esta mejora del aislamiento (que puede incluso superar 20 dB) y el fuerte desacople conseguible respecto al divisorio al que se aplica lo que permite una caracterización propia del revestimiento.

La mejora del aislamiento se puede manejar de manera lineal mediante la suma aritmética con el aislamiento del divisorio. Además este tratamiento es válido para cualquier vía de transmisión acústica, directa o indirecta lo que le otorga un nuevo atractivo en el diseño de sistemas acústicos altamente aislantes.

Como ya se ha indicado al comienzo consideraremos en lo que sigue únicamente los aspectos derivados de la cuantificación global de esta magnitud de mejora y en particular la influencia de nuevas curvas de referencia. Sin que signifique pérdida de generalidad usaremos el método de la ponderación mediante la curva A, y denominaremos la magnitud por R_{rA} , donde r simboliza la posibilidad de usar diferentes ruidos incidentes.

El concepto de mejora global (y el número que lo caracteriza) se define como: diferencia entre los valores de la magnitud global de aislamiento acústico para el divisorio virtual de referencia (cuya curva de aislamiento es de valores iguales a los de la curva de referencia) suplementado con el

revestimiento de mejora, $R_{A\{+\Delta\}}$, y sin el suplemento R_A . Análogamente se procede en el caso de ruido incidente de tráfico, siendo entonces los símbolos $R_{Atr\{+\Delta\}}$ y R_{Atr} .

Analíticamente, a partir de los valores en bandas de tercio de octava, se puede expresar:

$$\Delta R_A = \Psi_{rA}(L_i - R_{\{+\Delta\}i}) - \Psi_{rA}(L_i - R_i)$$

siendo

Ψ_{rA} el operador $-10 \cdot \lg \sum_i 10^{0.1(L_i - X_i)}$, correspondiente al ruido incidente de que se trate L_i , con la condición $-10 \cdot \lg \sum_i 10^{0.1L_i} = 0$ extendido el sumatorio a todas las bandas de frecuencia i consideradas generalmente tercios de octava de 100 a 5000 Hz).

X_i los valores de aislamiento acústico en la banda i , (generalmente obtenidos por medición experimental bajo las condiciones de la norma UNE EN ISO 140, en cuyo caso se simbolizan con R_i , que hemos usado anteriormente en la fórmula explícita)

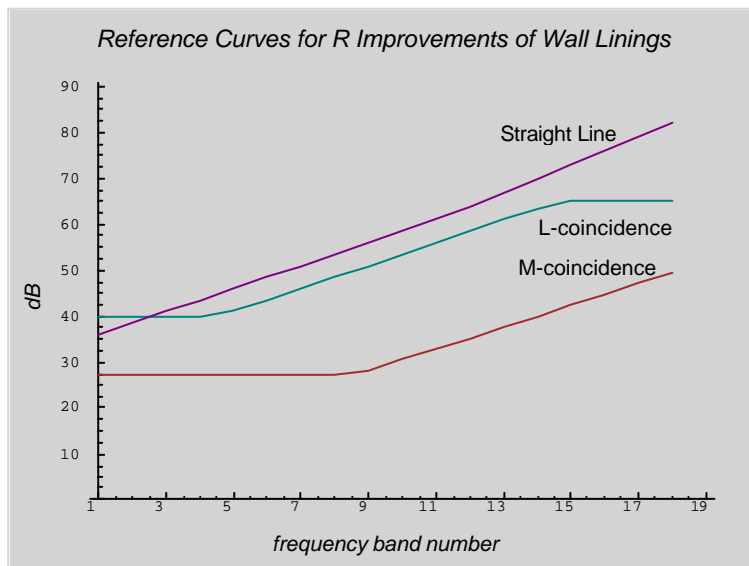
(NOTA: La expresión anterior de la mejora de aislamiento de revestimientos en capa en términos del operador Ψ_{rA} es formalmente válida si se da a este operador el carácter de 'proceso', tal como el establecido en UNE 717, para la obtención de R_w en cuyo caso el símbolo correspondiente es ΔR_w)

Curvas de Referencia de ISO/DIS

Aparecen en la figura siguiente con las etiquetas L-coincidence y M-coincidence, junto con una adicional 'Straight line' correspondiente al aislamiento $R_{0,i}$ complementario del nivel de ruido de impactos $L_{n0,i}$ del forjado de referencia (UNE 717/2) a través de la relación:

$$R_i + L_{n0,i} = 30 \lg(f_i / [1Hz]) + 34$$

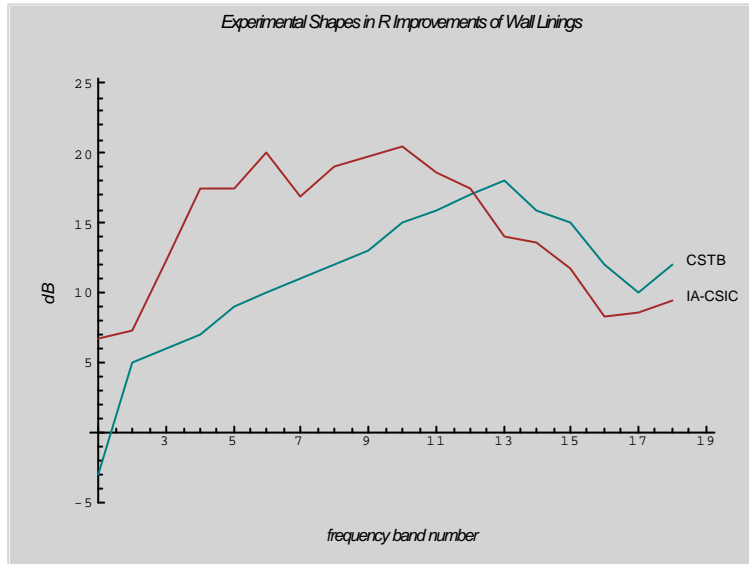
(Nótese que al no ser $R_{n0,i}$ rigurosamente una línea recta tampoco lo es $R_{0,i}$)



Los valores numéricos de aislamiento de estas curvas se introducen en el algoritmo de cálculo de ΔR_A como valores del aislamiento acústico del divisorio virtual de referencia.

MODELOS ANALITICOS DE CURVAS DR(f) BASADOS EN FORMAS EXPERIMENTALES

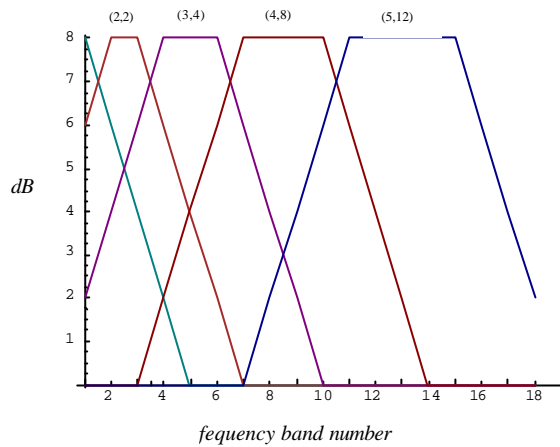
Las formas de la mejora de aislamiento en función de la frecuencia resultantes tanto de modelos teóricos [9] como de resultados experimentales pueden simularse de manera simplificada mediante perfiles de 'artesa invertida generalizada'. La figura que sigue da dos ejemplos experimentales, los más significativos y diferenciados, que 'entran bien' en modelado anterior.



Cada familia de curvas o 'artesas invertidas' se caracteriza por dos parámetros: altura de la meseta, y pendientes (iguales) de las rampas de subida y descenso. Dentro de cada familia dos curvas de la misma se diferencian por la anchura de la meseta y su posición en el intervalo de frecuencia considerado (100-5000 Hz).

En este trabajo usaremos una función generadora de curvas de mejora organizadas en una matriz como sigue: en cada celda el número de fila caracterizada el ancho de la meseta y el número de la columna la posición en frecuencia (numero de la banda de tercio de octava) del centro de la meseta. La primera curva de cada familia (que ocupa una matriz de 18x18) comienza con una meseta de anchura 1 tercio de octava seguida de una rampa de descenso hasta 0 dB y continúa con ceros hasta el último tercio de octava. La última curva termina con nueve valores de la altura de la meseta precedida de la rampa de subida completa o no, dependiendo del valor de la pendiente y con la misma dependencia, de uno o varios ceros.

Para aclarar esta ordenación en la Figura que sigue se muestran las curvas de coordenadas (1,1), (2,2), (3,4), (4,8) y (5,12) pertenecientes a la familia F(8 6) caracterizada por una altura de meseta de 8 dB, y pendientes de 6 (y -6) dB/octava.

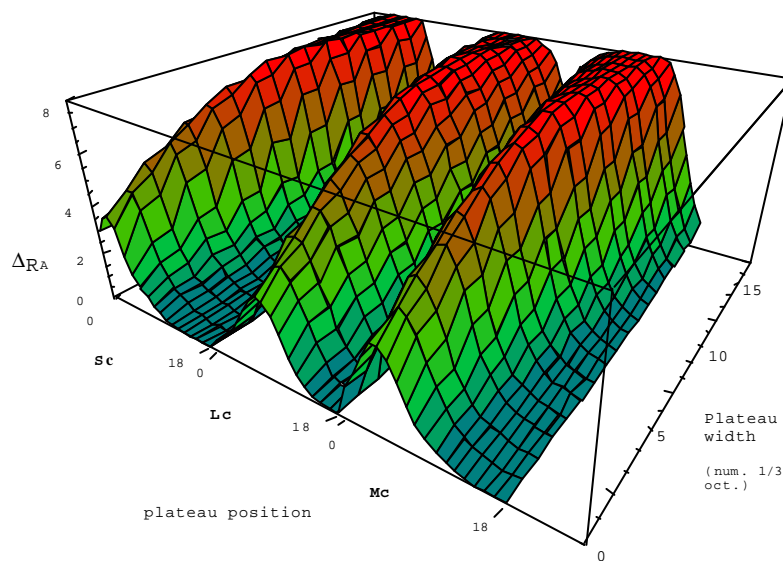


RESULTADOS PARA ΔR_A Y DISCUSION

Presentaremos en este estudio algunos resultados preliminares que consideramos importantes obtenidos a partir del modelo de curvas $\Delta R(f)$ anterior.

Efectos del Ancho de la Meseta y de su Posición en la Mejora Global

Para todas las curvas de referencia estudiadas y para los dos tipos de ruido incidente (rosa y de tráfico) encontramos que los valores globales de la mejora ΔR_A (o ΔR_{Atr}) aumentan al aumentar el ancho de la meseta y disminuyen al desplazarse ésta hacia las frecuencias altas, particularmente a partir de la frecuencia de coincidencia de la curva de referencia. Van desde 0 (para las mesetas más estrechas centradas en los tercios de octava más altos) hasta valores iguales a la altura de la meseta en las situaciones más favorables. Este hecho genérico se muestra, para la familia de curvas F(8 6), en la Figura siguiente.



Al aumentar la anchura de la meseta se alcanza asintóticamente el valor máximo de mejora, observando en la figura que para anchuras de meseta del orden de siete tercios de octava se

alcanzan ya valores de mejora global muy cercanos al valor máximo para cualquiera de las curvas de referencia. Este resultado genérico válido para todos los casos estudiados aunque cambiando algo el número necesario de tercios de octava de la meseta, tiene una gran importancia en las aplicaciones.

Influencia de la Curva de Referencia en la Mejora Global

Aunque la figura anterior muestra una analogía clara entre los resultados de la mejora global obtenidos para las distintas curvas de referencia estudiadas, un estudio mas detallado muestra que existen diferencias que analizaremos en lo que sigue.

Independientemente de la curva de referencia los resultados son genéricamente análogos para el ruido rosa y para el ruido de tráfico, y numéricamente muy poco diferentes. Los más diferentes corresponden a la curva de referencia casi recta (Sc) y los menores para la curva de referencia de frecuencia crítica baja (Lc).

La manera más directa de cuantificar la diferencia de comportamiento entre las distintas curvas de referencia es valorar, para una población de curvas de mejora en función de la frecuencia $\Delta R(f)$ representativa de la casuística real, la variable:

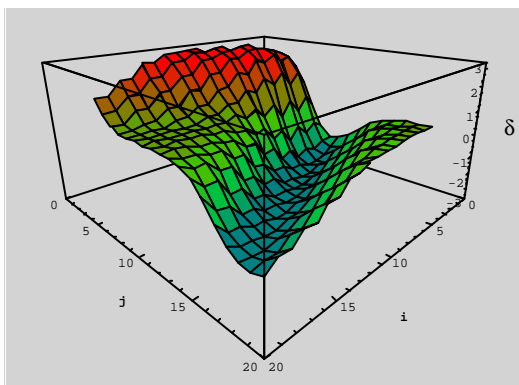
$$d\Delta R_{A,(a-b)_{i,j}} = \Delta R_{A,a_{i,j}} - \Delta R_{A,b_{i,j}}$$

donde

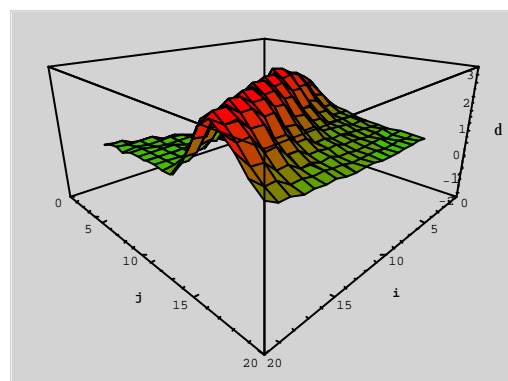
- a, b simbolizan optativamente las dos curvas de referencia a comparar
- i, j simbolizan respectivamente el ancho y la posición de la meseta (i,j = 1,2, . . . 18)

La imagen de estas diferencias δ para las 18x18 curvas de la familia curvas F(8 6), aparece en las figuras siguientes para Lc – Mc y para Lc – Sc. Este tipo de presentación permite relacionar los valores δ con el ancho y posición de la meseta.

ruido de tráfico: comparación Lc – Mc



idem. : Lc – Sc



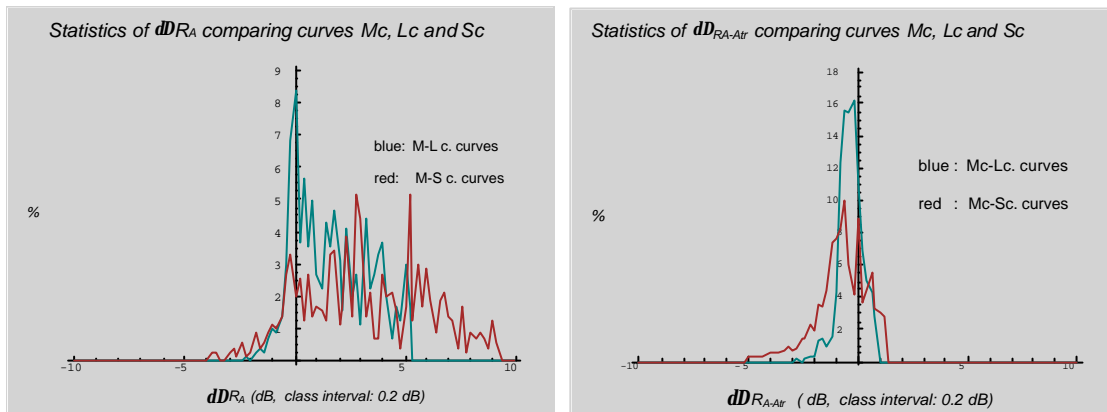
En todos los casos estudiados se obtienen para estas curvas de referencia figuras de apariencia general análoga con variaciones suaves de δ tanto con el ancho de la meseta y como con su posición, lo que indica claramente la influencia continua de todos los parámetros de definición de las curvas $\Delta R(f)$: alturas y anchuras de la meseta y pendientes de las rampas. No presentaremos aquí estos detalles y nos centraremos en la estadística de diferencias δ .

La estadística de diferencias δ para el conjunto de curvas representativo de la situación real se puede aproximar con el modelo de simulación anterior, tomando todas las curvas $\Delta R(f)$ verosímiles de todas las familias verosímiles. Esta tarea es ardua pues no se ha realizado, que sepamos, ningún estudio sistemático de cual es la casuística real, que pueda servir de patrón. Por tanto procederemos, un poco por sentido común, eligiendo las familias más idóneas y

eliminando en cada familia todas las curvas de menor interés práctico. Concretamente hemos tomado las familias de la Tabla que sigue:

F(6 18) F(6 6)	F(12 18) F(12 12) F(12 6) F(12 3)	F(16 12)	F(18 18) F(18 6)	F(20 12) F(20 6)
-------------------	--	----------	---------------------	---------------------

De este conjunto hemos suprimido las curvas cuyos centros de meseta se sitúan en las 5 primeras y 5 últimas posiciones de los intervalos estudiados, y las curvas correspondientes a las 5 primeras y 5 últimas anchuras de la meseta. Los histogramas de $\delta\Delta R_A$ obtenidos se muestran en la figura siguiente:



Las diferencias δ entre los valores ΔR_A obtenidas con la curvas Mc y Lc muestran una estadística cuyo histograma, bastante sesgado a la derecha, se sitúa entre -2 y $+5$ dB, cuya moda y media son aproximadamente 0 y 2 dB. El histograma para las diferencias δ entre las curvas Mc y Sc semeja mas una campana prácticamente simétrica entre -5 y $+10$ dB, con la media de 3.5 dB. Las desviaciones típicas de ambas distribuciones son aproximadamente de 3 dB.

También se puede obtener información de δ entre las valoraciones para ruido incidente rosa y de tráfico, cuyo histograma, para los mismos casos de curvas de referencia, refrenda la analogía, por no decir igualdad, entre los resultados obtenidos para ambos tipos de ruido incidente.

CONCLUSIONES

Se ha obtenido información sobre la dependencia de las mejoras globales de aislamiento frente al ruido aéreo de revestimientos livianos, respecto de la posición y del ancho de la meseta, para las diferentes curvas de referencia estudiadas.

Para las situaciones de mas verosímil utilidad práctica los valores globales de mejora del aislamiento obtenidos con la curva Mc son mayores que los obtenidos tanto con la curvas Lc o Sc.

Las diferencias entre los valores de caracterización ΔR_A de un mismo revestimiento liviano obtenidas con la curvas Mc y Lc pueden alcanzar diferencias muy significativas (incluso superiores a 5 dB) y la misma conclusión es aplicable a los resultados cuando se comparan las curvas Mc y.

Dicho de otro modo el aplicar las mejoras globales obtenidas con una curva de referencia suficientemente distinta a la del divisorio sobre el que se aplica el revestimiento en placa puede conducir a diferencias significativas respecto al comportamiento real, lo cual debe tenerse muy en cuenta en el diseño de edificios.

Las conclusiones precedentes pueden aplicarse tanto al ruido incidente rosa como de tráfico.

AGRADECIMIENTOS

Parte de este trabajo se ha hecho con financiación del Programa de Investigación Prenormativa para el desarrollo del Código Técnico de la Edificación del Ministerio de Fomento, y parte del Proyecto del Programa Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] H. G. Leventhall, Meeting of the CIB-WG 51 Acoustics, Vienna 1981
- [2] K. Gösele, Zur Bewertung der Schalldämmung,von Bauteilen nach Sollkurven, Acustica 15,(1965) 264-270
- [3] A. Moreno, C. de la Colina, Single number ratings for airborne sound insulation. Psychoacoustic foundations, analysis and new definitions, Current Topics in Acoust. Res. 1 (1994) 591-600
- [4] E. Zwicker, H. Fastl, Facts and Models in Hearing, Springer Verlag, New York, 1974
- [5] ISO 532
- [6] ISO 717
- [7] ASTM E 597-77
- [8] A. Moreno, Factors influencing dB(A) ratings for sound insulation: incident noise spectrum and shape of the transmission loss curve, J. Sound Vib. 97 (1984)337-348
- [9] M. Hekl, E. J. Rathe, Relationship between the transmission loss and the impact-noise isolation of floor structures, Acoust. Soc. Am. 35 (1963) 1825-1830