



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A209

Control del ruido en aislamiento acústico

Roberto Arce Recio^(a)
Carlos Hoppe Atienza^(a)
Beatriz Arce Pascual^(a)
Carlos Hoppe Olea^(b)

(a) ETS de Ingenieros Industriales y Telecomunicación, Universidad de Cantabria . Avda Los Castros s/n 39005 Santander ,. E-mail: arcer@unican.es

(b) Mutua Montañesa . Avda del Faro s/n 39011 Santander

Abstract

For the control of the noise in their transmission, the different difficulties that appear, in the aspects stand out from the accomplishment of measurements and predictions of acoustic behavior. For it, questions are analyzed such as: - Unification of criteria between the Decrete and the Regulations. - Reliability of the acoustic characteristics of the materials. - Reliability of the prediction methods.

Resumen

El objeto de la presente comunicación es exponer los numerosos problemas que en la actualidad están sin responder, para el control del ruido, necesario para la realización del posterior aislamiento acústico, con el fin de unificar criterios y motivar el estudio de los mismos.

1 Introducción

El sonido es un fenómeno inherente en nuestro entorno desde el comienzo de los tiempos; se manifiesta cuando en un cuerpo se produce una perturbación mecánica que le hace vibrar, y se transmite en un medio elástico, líquido, sólido o gaseoso .

En el control de ruido arquitectónico, los técnicos que se dedican al mismo, se encuentran con numerosos problemas, actualmente sin resolver . Por esta razón expondremos los más importantes, con el fin de unificar criterios y motivar el estudio de los mismos.

2 Materiales para el control del ruido

Para el control de ruido podemos distinguir dos grandes tipos de materiales :

- materiales absorbentes
- materiales aislantes

Dentro de los absorbentes hay dos grandes tipos, unos que absorben el sonido transformando la energía acústica en energía de formación o calorífica, como son los materiales blandos, porosos y fibrosos, tales como la lana de roca, fibra de vidrio, etc., y otros que transforman la energía acústica en energía mecánica, como son los resonadores y placas vibrantes . Los resonadores se caracterizan por absorber bien las altas frecuencias y mal las bajas, y las placas vibrantes por ser muy selectivas, actuando bien en la frecuencia propia de resonancia del sistema y mal a medida que nos separamos de ella .

Los materiales aislantes se caracterizan por su masa; deben ser densos y a ser posible blandos, para evitar el efecto de sonido radiado y estructural. El plomo cumple bien estas características, pero tanto él como otros de similares propiedades tienen el inconveniente de sobrecargar las estructuras . Para evitar este problema se utilizan materiales más ligeros, dispuestos en forma de sándwich constituidos por dos o más materiales aislantes separados a una distancia determinada y relleno con materiales absorbentes . El principio de funcionamiento es análogo al que se realiza en la construcción para salvar grandes luces; en estos casos, y basándose en el concepto del momento de inercia, en lugar de colocar elementos estructurales macizos, que supondrían un exceso de carga debido al peso, que en muchos casos es más importante que las cargas que tienen que soportar, se construyen celosías o sistemas reticulados, formados por elementos ligeros separados adecuadamente, para que cumplan con la finalidad de resistir los esfuerzos que se producen y proporcionar pequeñas deformaciones .

Por lo expuesto, es fácil deducir que este sistema de aislamiento tiene como principal inconveniente la disminución de espacio útil .

Los materiales absorbentes son los que mayor protagonismo tienen en el control del ruido, pues se utilizan prácticamente en todas las soluciones que se adoptan en el tratamiento de los locales o en el aislamiento de los mismos .

2.1 Materiales absorbentes

Los materiales absorbentes se caracterizan por su coeficiente de absorción α , expresados en bandas de tercios de octava o en octavas, entendiendo como tales a la relación entre la energía absorbida y la energía sonora incidente :

$$\alpha = \frac{w_a}{w_i} \quad (1)$$

Este coeficiente de absorción sonora es siempre menor que la unidad y puede, por lo tanto, expresarse como porcentaje .

El área de absorción de un local es una característica intrínseca del mismo, y se obtiene multiplicando las distintas áreas de los materiales por sus coeficientes de absorción

$$\sum_{i=1}^n S_i \alpha_i \quad (2)$$

y se expresa en m² de absorción

Esta constante de absorción, así definida, se emplea en numerosas formulaciones de predicción y control del ruido, p.ej. la de reducción de ruido de un recinto, modificando las características absorbentes del mismo .

$$RR = 10 \log \frac{A_1}{A_2} \quad (3)$$

En la que : A_1 = Área de absorción del local, m²
 A_2 = Área modificada de la absorción del local, m²

O la expresión que relaciona el nivel de presión sonora en un punto del local con el nivel de potencia sonora de la fuente, la posición de la misma, la distancia a la fuente y las características absorbentes del local .

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi d^2} + \frac{4}{A} \right) \quad (4)$$

en la que :

L_p = Nivel de presión sonora, dB
 L_w = Nivel de potencia sonora, dB
 Q = Factor de directividad
 d = distancia a la fuente, en m
 A = Absorción del local, en m²

Se podrían poner más ejemplos, pero no es el objetivo de esta comunicación .

En febrero de 2004 se publica la Norma UNE-EN ISO 354, que es la versión oficial, en español, de la Norma Internacional ISO 354:2003, en la que se establece la medición de la absorción acústica en una cámara reverberante .

En ella se define el coeficiente de absorción sonora α_S , como el cociente entre el área de absorción sonora equivalente de una muestra de ensayo A_T y el área de la muestra de ensayo, S .

$$\alpha_S = \frac{A_T}{S} \quad (5)$$

A_T = Diferencia entre las áreas de absorción sonora equivalente de la cámara reverberante con o sin muestra de ensayo, en m²
 S = Área del suelo o pared cubierta por la muestra de ensayo, en m²

El cálculo del área de absorción equivalente A_T , se realiza midiendo el tiempo de reverberación promedio en la cámara reverberante con y sin la muestra de ensayo y utilizando la ecuación de Sabine

$$A_T = A_2 - A_1 = 55,3 V \left(\frac{1}{c_2 T_2} - \frac{1}{c_1 T_1} \right) - 4V(m_2 - m_1) \quad (6)$$

A_1 = Área de absorción sonora equivalente de la cámara reverberante vacía, m^2

A_2 = Área de absorción sonora equivalente de la cámara reverberante con la muestra, m^2

c_1 y c_2 = Velocidades de propagación del sonido en el aire a las temperaturas t_1 y t_2 , m/s

V = Volumen de la cámara reverberante, m^3

T_1 y T_2 = Tiempos de reverberación en la cámara reverberante vacía, y con la muestra de ensayo, s .

m_1 y m_2 = Coeficientes de atenuación sonora, en metros recíprocos.

El coeficiente de absorción α_s lleva el subíndice "s", para evitar confusión con el coeficiente de absorción sonora α definido anteriormente, el cual se obtiene por la incidencia de una onda plana sobre una superficie plana con un cierto ángulo de incidencia.

El coeficiente de absorción sonora α_s evaluado a partir de las mediciones del tiempo de reverberación puede tomar valores superiores a la unidad (p.ej. a causa de efectos de difracción) y, por lo tanto, no se puede expresar como porcentaje.

Por lo expuesto, y del análisis de la documentación técnica facilitada por diversos fabricantes, respecto a los coeficientes de absorción de sus materiales, observamos que en algunos casos reflejan valores superiores a la unidad, lo que nos hace pensar, ya que no indican el método de ensayo utilizado, que dichos coeficientes se han obtenido realizando las mediciones en una cámara reverberante. Esta circunstancia genera un problema a la hora de realizar predicciones en el control del ruido, pues la mayoría de las formulaciones que se utilizan están preparadas para utilizar el coeficiente de absorción α y no el α_s .

2.2 Materiales aislantes

Los materiales aislantes son aquéllos que se utilizan para oponerse al paso del sonido; se caracterizan por sus coeficientes de transmisión, definido como la relación de la energía transmitida y la incidente.

$$\tau = \frac{W_T}{W_i} \quad (7)$$

Coficiente que en la práctica no se utiliza, debido a que tiene valores muy pequeños que van desde 10^{-4} a 10^{-12} . En su lugar se emplea lo que conocemos como aislamiento acústico específico o índice de aislamiento, que es diez veces el logaritmo decimal de la inversa del coeficiente de transmisión.

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau} = 10 \log \frac{W_i}{W_T} = L_{pi} - L_{pT} \quad (8)$$

donde

L_{pi} = Nivel de presión sonora incidente, dB
 L_{pT} = Nivel de presión sonora transmitida, dB

Por lo tanto, también podemos definir el índice de aislamiento acústico como la diferencia entre el nivel de presión sonora incidente y el transmitido, expresado en decibelios .

En estos materiales hay que destacar dos frecuencias características: una es la de resonancia, entendiendo como tal aquella que es capaz de acumular energía, o de mayor facilidad de vibración, que de producirse destruiría el material, y otra la crítica o de coincidencia, que aparece cuando se produce un acoplamiento entre la onda aérea y la de flexión del material, lo que motiva una pérdida de aislamiento importante a dicha frecuencia .

Estas frecuencias dividen el espectro de frecuencias en tres zonas de comportamiento acústico . La frecuencia de resonancia es, en general, inferior a los 100 Hz, lo que motiva que al estudio del aislamiento acústico por debajo de dicha frecuencia se le de el tratamiento de vibración y la solución del problema como tal .

Entre la frecuencia de resonancia y la frecuencia crítica, los materiales se comportan según la ley de masas, que dice que cada vez que se duplica la masa o la frecuencia, se obtiene una ganancia del aislamiento de 6 dB, y su expresión es :

$$R = 20 \log M \cdot f - 42 \quad (9)$$

M = Masa superficial , kg/m²
 f = Frecuencia, Hz

El número 42 de la fórmula, aparece en diversas publicaciones o traducciones con otro valor, lo que motiva confusión en la utilización de la misma, si se entiende como una constante . Ese número se debe obtener por la expresión :

$$R' = 20 \log \frac{\pi}{\delta c} \quad (10)$$

δ = Densidad del aire = 1,2 kg/m³ en condiciones normales

c = Velocidad del sonido = 340 m/s

La velocidad del sonido, para temperaturas entre 15 y 30°C puede obtenerse mediante la fórmula :

$$c = (333 + 0,64 t \text{ } ^\circ\text{C}) \quad \text{m/} \quad (11)$$

La expresión general para la obtención de la frecuencia crítica es:

$$f_c = 0,55 \frac{c^2}{e} \sqrt{\frac{\delta}{E} (1 - \mu^2)} \quad (12)$$

En la que :
 f_c = frecuencia crítica, en Hz
 c = velocidad del sonido en el aire, en m/s
 e = espesor del material, en m
 δ = densidad del material, en kg/m³
 E = módulo de elasticidad, en Kg/m²
 μ = coeficiente de Poisson

Puede también utilizarse la expresión simplificada :

$$f_c = 0,55 \frac{c^2}{ec_p} \quad (13)$$

En la que : c y e tienen el mismo significado que en la anterior fórmula

c_p = velocidad del sonido en el material, en m/s

De las expresiones anteriores se deduce que a igualdad de las propiedades elásticas y densidad de un material, la frecuencia crítica es inversamente proporcional al espesor del material, lo que significa que las paredes delgadas tendrán una frecuencia crítica en la región de las altas frecuencias y las gruesas en la de las bajas .

Debido a que en esta frecuencia aparece una pérdida de aislamiento considerable, es importante su determinación, para tratar de situarla fuera del campo de frecuencias utilizadas en los tratamientos de aislamiento acústico .

La mayor dificultad para la obtención de dicha frecuencia, es encontrar los valores que se solicitan en la misma . Los términos del módulo de elasticidad, densidad y coeficiente de Poisson, se determinan experimentalmente, y no se dispone de sus valores en una gran parte de los materiales : las mismas dificultades aparecen para la obtención de la velocidad del sonido en los materiales .

A partir de la frecuencia crítica, el aislamiento de una pared puede obtenerse por la siguiente expresión :

$$R = 20 \log Mf + 10 \log \frac{f}{f_c} + 10 \log \eta - 44 \quad (14)$$

En la que :

M = masa superficial, en kg/m²

f = frecuencia, en Hz

f_c = frecuencia crítica, en Hz

η = factor de amortiguamiento interno

De la expresión anterior se deduce que a igualdad de masa y amortiguamiento, si se duplica la frecuencia el aislamiento aumenta entre 9 y 10 dB . De aquí se deduce la importancia de proyectar paredes con suficiente espesor para bajar la frecuencia crítica por debajo de 125 Hz , aunque esto no siempre es posible debido a las dimensiones que requerirían los elementos constructivos .

El factor de amortiguamiento interno se interpreta como la resistencia a la fuerza dinámica de excitación y es propio de cada material, y en general, es función decreciente de la frecuencia, y se determina experimentalmente .

La dependencia del factor de amortiguamiento interno con la frecuencia no se conoce para la mayoría de los materiales; por otra parte, en un estudio realizado por Craig para paredes de construcción gruesas, se establece que este factor depende también del acoplamiento de la pared con los elementos estructurales que conforman su perímetro, lo que complica más la obtención del mismo .

Los factores de amortiguamiento interno para materiales de construcción de que se dispone pueden variar desde $\eta = 0,00005$ a $0,1$, usándose frecuentemente el valor de $\eta = 0,01$

3 Valoración global del aislamiento en paredes simples

La Norma Básica de Edificación NBE-CA-88 establece un método de valoración global del aislamiento acústico de los distintos elementos constructivos, con independencia del tipo de ruido. Es de aplicación sencilla, utilizándose fórmulas que dependen solamente del valor de la masa superficial “m”, aportando datos suficientes de los materiales empleados en la construcción. Así, p.ej., para los elementos constructivos verticales, los valores del aislamiento acústico proporcionados por estos parámetros se obtienen utilizando las siguientes fórmulas:

$$m \leq 150 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow R = 16,6 \log m - 2, \text{ en dB (A)} \quad (15)$$

$$m \geq 150 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow R = 36,5 \log m - 41,5, \text{ en dB (A)} \quad (16)$$

Estas ecuaciones no sirven para particiones prefabricadas con elementos blandos a la flexión (frecuencia crítica $f_c \geq 2000$ Hz), como fibras o virutas aglomeradas, cartón yeso, etc.

En la Norma también se fijan las condiciones acústicas exigibles a los elementos constructivos, así p.ej., el aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a las particiones anteriores se fija en 30 dBA para las que compartimentan áreas del mismo uso y en 35 dBA para las que separan áreas de uso distinto.

Esta Norma, que en principio, proporciona un método de predicción sencillo para obtener las exigencias mínimas del aislamiento acústico de los distintos elementos que intervienen en la construcción, en la práctica es de eficacia nula, porque no se respeta la estanqueidad que deben tener los paramentos y elementos constructivos proyectados para reducir la transmisión acústica. Esto se puede comprobar fácilmente visitando una obra y viendo como las paredes están llenas de rozas y agujeros, realizados para instalar enchufes, cableado eléctrico y de TV, etc.

4 Predicción del aislamiento acústico en viviendas

La Norma UNE EN 12354 en sus partes de 1 a 6 describe los procedimientos para estimar las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos.

La parte 1 describe modelos de cálculo diseñados para estimar el aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos de edificios, utilizando primero medidas de la transmisión directa e indirecta a través de los elementos constructivos del edificio.

En esta parte se describe un modelo detallado para el cálculo en bandas de frecuencia, que permite obtener el índice global a partir de los resultados.

Es el primer modelo que aparece en la normativa española para la predicción del aislamiento del ruido aéreo, que tiene en cuenta las transmisiones indirectas o pérdidas por flancos. Su desarrollo está orientado a expertos en acústica debido a su complejidad.

La precisión de los modelos de predicción presentados en la norma dependen de muchos factores, tales como: la exactitud de los datos de entrada, la adecuación de la situación concreta al modelo, el tipo de elemento y uniones involucrados, la geometría de la situación y la ejecución de la obra; por lo tanto, no es posible especificar la exactitud de las predicciones para todos los tipos de situaciones y aplicaciones en general.

Para elementos básicos estructurales homogéneos, como las paredes de ladrillo, hormigón, bloques de yeso, etc., la predicción del índice global de aislamiento es buena, debido a que los datos de entrada de las características acústicas de estos materiales se pueden

encontrar con cierta facilidad, no ocurriendo lo mismo para otros elementos estructurales, para los cuales no se conocen los datos de entrada .

La parte 2 de la Norma establece modelos de cálculo para determinar el aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos; la parte 3 para el ruido aéreo frente al ruido del exterior; la parte 4 para la transmisión del ruido interior al exterior; la parte 5, aún sin editar, tratará del ruido de las instalaciones técnicas y equipos, y por último, la parte 6 trata la absorción acústica en espacios cerrados .

Las limitaciones que presentan estos modelos de cálculo descritos en las Normas son :

Sólo se pueden utilizar para combinaciones de elementos en que el índice de reducción vibracional es conocido o puede estimarse a partir de datos conocidos .

Sólo son aplicables a elementos estructurales básicos que tengan aproximadamente las mismas características de radiación por ambas caras .

Con forjados muy grandes, forjados con columnas y paredes interiores ligeras, el forjado de un recinto ya no puede ser considerado como un elemento independiente, y por tanto, su consideración según el modelo sólo puede hacerse a efectos de estimación .

Se desprecia la contribución de caminos de transmisión secundarios que involucran más de una unión . Esto se compensa parcialmente mediante los valores del índice de reducción vibracional, ya que están basados en medidas in situ, pero podrían ser causa de una subestimación de la transmisión por flancos con elementos homogéneos .

El modelo de cálculo para recintos interiores, sólo describe la transmisión entre recintos adyacentes .

En el modelo de cálculo para el ruido de impacto entre recintos, los elementos deben tener aproximadamente las mismas características de radiación hacia ambas caras, y la reducción del nivel de presión acústica de impactos medida sobre un forjado no puede utilizarse en combinación con suelos de madera u otros suelos mixtos ligeros .

5 Valoración global del aislamiento en paredes dobles

El sistema de pared doble está constituido por dos paredes, en general de espesores distintos , para evitar el efecto de coincidencia de la frecuencia de resonancia de las mismas, separadas por una cavidad de aire que parcial o totalmente rellena de material absorbente .

El sistema así construido funciona como un sistema mecánico básico masa-muelle-masa, en el que el aire o material absorbente de la cavidad actúa como un muelle virtual, de rigidez :

$$K = \frac{\delta c^2}{e} \quad (17)$$

En la que : δ = densidad del aire, en kg/m^3
 c = velocidad del sonido, en m/s
 e = espesor de la cavidad, en m .

Existirá, por tanto, una frecuencia de resonancia f_0 del sistema de acoplamiento mecánico entre las masas a través del muelle virtual, y otra propia de la cavidad que denominaremos frecuencia límite de cavidad, f_L , que dividen el espacio de frecuencia en tres regiones con comportamiento de aislamiento acústico distinto, análogamente a como ocurre en paredes simples.

Estos tipos de paredes dobles deben proyectarse para que la frecuencia crítica sea elevada y se sitúe fuera del campo de frecuencias de análisis acústico . De no ser así, cuando

la frecuencia es mayor que la crítica, las expresiones que determinan el aislamiento dependen también del factor de amortiguamiento interno .

6 Recomendaciones constructivas

En la construcción de las paredes simples homogéneas, como las de ladrillo macizo, hormigón, yeso, etc., debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos :

Se deben enlucir por ambas caras, con objeto de cubrir las diferencias de porosidad de los intersticios de las uniones .

Cuando la frecuencia crítica se encuentra en la región central de frecuencias, como puede ocurrir para determinados espesores de paredes, convendrá aplicar un material que incremente el factor de amortiguamiento de la pared, lo cual no siempre es posible .

Para las paredes simples no homogéneas, como son los bloques de hormigón, forjados de bovedilla, ladrillos perforados, etc., se deben tener en cuenta los siguientes aspectos :

Se debe revocar o enlucir por ambas caras con espesores que superen los 2 cm.

En los materiales con huecos, como los bloques de hormigón, o forjados de bovedilla, se puede mejorar el aislamiento acústico, rellenando con material absorbente dichos huecos .

Para las paredes dobles o triples, aparte de las consideraciones dadas para las paredes simples, se debe tener en cuenta lo siguiente :

Se deben construir totalmente independientes entre sí y de las paredes perimetrales que definen su contorno .

Si son ligeras se deberán soportar con entramados de perfiles aislados elásticamente . Si son lo suficientemente gruesas como para poder soportarse, sólo deberán cuidarse los aspectos elásticos en las paredes perimetrales .

Las cavidades se deben rellenar con material absorbente en su totalidad; cuando no sea posible, como ocurre con las ventanas, se realizará parcialmente en su contorno .

Cuando la cavidad esté rellena de aire, se debe proyectar el espesor de la misma de tal forma que la frecuencia de resonancia no esté dentro del campo de frecuencias del análisis acústico .

Deben evitarse las uniones rígidas, que originan puentes acústicos .

7 Pantallas acústicas

Una pantalla o barrera acústica se obtiene interponiendo un objeto entre la fuente sonora y el receptor . Estas actúan reflejando gran parte de la energía que las incide, absorbiendo una fracción de la misma y difractando el resto .

La atenuación de ruido que pueden proporcionar depende de los siguientes parámetros :

- dimensiones de la barrera
- situación de la fuente sonora y el receptor
- espectro de frecuencias del sonido
- características intrínsecas acústicas del entorno en que se sitúa
- del material de construcción de la pantalla

Existen varios métodos para el cálculo de pantallas acústicas, como el de Mackewa, el de la altura efectiva, el de Moreland, etc., lo que indica que no hay ninguno bueno, pues de existir uno realmente fiable, sería el único en aplicarse .

El modelo de Mackewa se basa en el Número de Fresnel, el cual relaciona la diferencia entre el camino acústico más corto entre la fuente sonora y el receptor, la distancia en línea recta entre ambos y la longitud de onda del sonido .

El segundo método citado se basa en determinar la altura efectiva, entendiendo como tal la mínima distancia existente entre el punto más elevado de la pantalla, que es el ángulo formado por las líneas que unen el receptor con el punto más alto de la pantalla .

El modelo de Moreland, aunque tiene un desarrollo más complicado, tiene la ventaja de que puede utilizarse para pantallas de tamaño finito y situadas en locales reverberantes .

Ninguno de los modelos citados tiene en cuenta el material de construcción de la pantalla, ni las condiciones acústicas del entorno ni las dimensiones de la misma .

7.1 Recomendaciones para el cálculo de pantallas acústicas

El aislamiento sonoro proporcionado por una pantalla acústica será válido siempre que se cumpla que el aislamiento acústico de la pantalla sea superior a la atenuación prevista para la misma , y que la propia pantalla no suponga una fuente de sonido secundaria debida a una excitación mecánica como consecuencia de una transmisión estructural procedente de la misma . Para ello indicaremos las siguientes recomendaciones :

- el material se elegirá con la suficiente masa superficial, generalmente superior a 20 kg/m^2 , de tal forma que el aislamiento del material sea como mínimo 5 dB mayor que la atenuación requerida por la pantalla .
- el tamaño debe ser mayor que la más baja longitud de onda significativa del sonido emitido por la fuente .
- la forma se diseñará de manera que cubra lo más posible a la fuente sonora
- su situación será lo más próxima posible a la fuente sonora .
- se debe colocar material absorbente en la parte próxima a la fuente sonora
- la superficie no debe tener agujeros o pequeñas aberturas, por muy pequeñas que sean, pues se pierden valores de aislamiento superiores al 70% .

Otro sistema para generar un apantallamiento es colocar un entramado de obstáculos que formen una red suficientemente densa. Según Dumery, cuanto más tupida es la red de obstáculos menor será la transmisión del sonido y, por tanto, mayor el aislamiento conseguido

8 Normativa

El Código Técnico de la edificación se ha publicado el año pasado, con la ausencia del Reglamento Básico dedicado a la acústica de la edificación .

En la actualidad cada Comunidad Autónoma tiene su propia legislación en temas acústicos. Estas circunstancias dan origen, con más frecuencia de la que desearíamos, a que viviendas o locales próximos, pero pertenecientes a Ayuntamientos limítrofes, tengan diferente grado de exigencia, lo que produce indignación social al respecto .

9 Conclusiones

1. No existe garantía de que las propiedades acústicas ofertadas por los fabricantes sean correctas .

2. No existe un modelo de predicción acústica, sencillo de utilización, que garantice que los elementos constructivos van a cumplir los valores exigidos .

3. No se han establecido para las medidas in situ, al menos para los casos más comunes, condiciones de tiempo de integración para la obtención del nivel equivalente de ruido, posiciones de la fuente sonora, número de medidas, etc, es decir, no se han concretado los valores mínimos indicados en la Norma UNE EN ISO 140-4 .

4. El Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico dedicado a la Acústica, probablemente solucione, cuando se publique, los problemas planteados, si no en su totalidad, al menos en gran parte .

Referencias

Beranek, L.L.: “Noise and Vibration Control” . Mc Graw Hill . Año 1971

Bruel & Kjaer : “Noise Control” Año 1982

Hoppe, C; Rioyo, J :”Medida y Control de Ruido y Vibraciones” . Servicio Publicaciones Universidad de Cantabria, 1988

Llinares, J; Llopis, A : “Acústica arquitectónica “ Servicio Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia . Año 1987

UNE-EN 12354-1: “Aislamiento acústico del ruido aéreo entre edificios”

UNE-EN 12354-2 : “Aislamiento acústicos ruido de impacto entre recintos”

UNE-EN 12354-3: “Aislamiento acústico a ruido aéreo frente al ruido exterior”

UNE-EN 12354-4: “Transmisión de ruido interior al exterior”

UNE-EN 12354-6: “Absorción acústica en espacios cerrados”

UNE-EN ISO 354: “Medición de absorción acústica en cámara reverberante”

UNE-EN ISO 140-4:“Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo entre locales”

UNE-EN ISO 140-5:“Medición in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas”

ISO 11654: “Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica

ISO 3382: “Medición del tiempo de reverberación de recintos con referencia a otros parámetros acústicos”

NBE CA-88 “Condiciones acústicas en los edificios”