

# PROCESO DE MEJORA DEL CONFORT ACÚSTICO EN EDIFICIOS

**Azucena Cortés**  
Unidad de Construcción  
y Medio Ambiente  
Labein. Tecnalia Corporación  
Tecnológica

## INTRODUCCIÓN

¿Quién no ha deseado en algún momento aislarse del "mundanal ruido"? y ¿quién no es consciente de la necesidad de mejorar el aislamiento al ruido de nuestros hogares, centros de enseñanza, hospitales, recintos públicos, etc?

Quizá lo difícil sea coordinar todos los esfuerzos de los agentes implicados en esta meta tan ambiciosa. Agentes tales como la Administración que debe velar por los intereses de los ciudadanos siendo responsable de legislar; los fabricantes de productos de Construcción que deben preocuparse por la calidad cada vez mayor de sus productos con mejores prestaciones acústicas; los diseñadores (arquitectos y aparejadores, etc.) que son los responsables finales del diseño de los edificios para reunir las condiciones de habitabilidad demandadas en cuanto al confort acústico; y los centros de I+D+I (Investigación + Desarrollo + Innovación) que deben desarrollar conocimiento y herramientas suficientes para hacer realidad las necesidades del ciudadano a través de su apoyo a los responsables de legislar, a los diseñadores y a los fabricantes de productos de Construcción.

Actualmente todos los agentes implicados están sensibles a su labor en este proceso de mejora del confort acústico en edificios y están realizando avances en esta materia.

## AVANCES EN MATERIA DE LEGISLACIÓN ACÚSTICA

En marzo de 1999, el Gobierno aprobó el proyecto de *Ley de Ordena-*

*ción de la Edificación LOE* en la que se regulan las actividades y responsabilidades de los agentes participantes en la edificación.

Su entrada en vigor se produjo el 6 de mayo de 2000. El único desarrollo que la ley requiere de forma explícita es la aprobación por el Gobierno del denominado *Código Técnico de la Edificación CTE*. Este Código se define como el marco normativo que es-



*ción-Condiciones Acústicas NBE-CA 88)* de obligado cumplimiento, en vigor hasta que se apruebe el nuevo Código Técnico de la Edificación, este nuevo marco normativo ofrece un cambio de enfoque importante: la tendencia más moderna consiste en enfocar los Reglamentos de Edifica-



Figura 1.- Proceso de mejora del confort acústico en los edificios y agentes involucrados

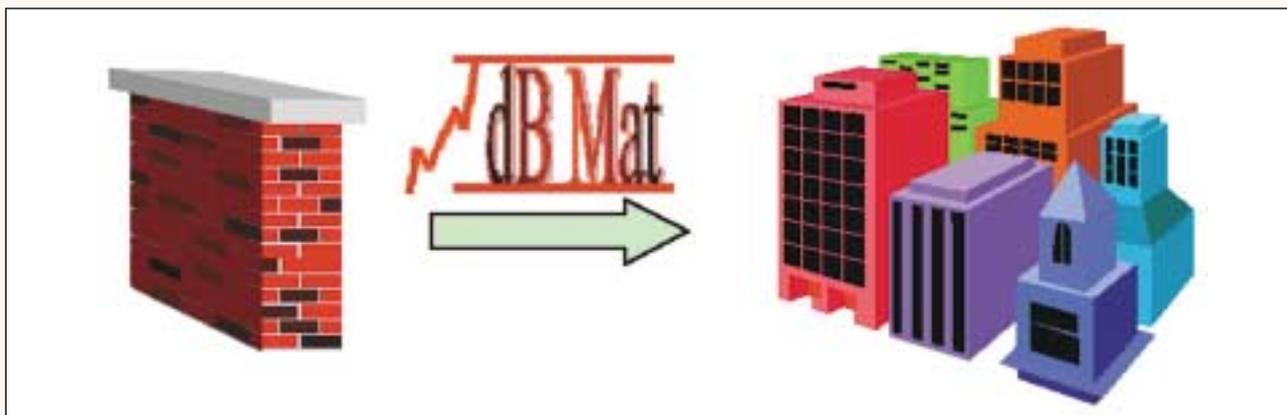
tablece las exigencias básicas de calidad de los edificios y de sus instalaciones de tal forma que permita cumplir los requisitos básicos que enuncian la LOE.

Dentro de los requisitos básicos que enuncia la Ley se hace referencia a los relativos a la habitabilidad en los cuales se enmarca la protección contra el ruido, de tal forma que *"el ruido percibido no ponga en peligro la salud de las personas y les permita realizar satisfactoriamente sus actividades"*.

Frente a las normas básicas de la Edificación (Norma Básica de Edifica-

ción basándose en prestaciones, es decir, expresando los requisitos que se deben satisfacer considerando el edificio como producto final a controlar.

La futura reglamentación (de la cual ya existe un Borrador en fase de discusión) introduce un cambio importante en la cultura acústica de los edificios: a diferencia de las normas básicas actuales, las cuales regulan el confort acústico de los edificios a partir del cumplimiento de ciertos requisitos exigidos al comportamiento acústico de los elementos de construcción ensayados en un laboratorio,



la futura reglamentación aplicará los requisitos de confort al edificio terminado.

Estos nuevos requisitos aportarán un incremento notable en la mejora del aislamiento acústico entre recintos adyacentes de al menos 10 dB, tanto en la transmisión de ruidos aéreos como de ruidos de impactos. También el aislamiento de las fachadas contra el ruido exterior será objeto de mejora ya que deberá ser diseñado en función de los niveles de ruido existentes en el medio ambiente que rodea al edificio. Y la nueva reglamentación también recogerá una mejora en cuanto a la transmisión de ruidos de las instalaciones del edificio y condiciones de reverberación de los recintos públicos. A diferencia de la normativa actual, los requisitos establecidos por la nueva normativa son en edificios terminados, estableciendo la verificación *in situ* de los mismos en determinados supuestos.

Por lo tanto, será responsabilidad del diseñador combinar adecuadamente los elementos de Construcción para garantizar el confort de la obra final.

Además, dado que los requisitos futuros serán más exigentes y acordes con criterios de confort acústico europeos, esto va a suponer un reto en la mejora de prestaciones acústicas de materiales de Construcción y en el desarrollo de herramientas de cálculo que faciliten el diseño de los edificios en fase de proyecto.

### MEJORA DE PRESTACIONES ACÚSTICAS DE ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Según análisis obtenidos en la Base de Datos del Comportamiento

Acústico de los Materiales "dBMAT" elaborada por el Área de Acústica del Gobierno Vasco, las prestaciones acústicas de los elementos de Construcción empleados de forma habitual en el diseño de los edificios (en cumplimiento con la NBE-CA-88) conducen a la siguiente reflexión: *"será necesario avanzar en la mejora de dichas prestaciones para el futuro cumplimiento del nuevo Código Técnico de la Edificación"*.

En el caso concreto de tabiques separadores de distintos propietarios los cuales aportan un aislamiento actualmente del orden de 45 dB medidos en un laboratorio, deberán ser mejorados para cumplir con las especificaciones futuras en el edificio terminado en el cual las exigencias serán en torno a los 50 dB.

Asimismo, en el caso de comportamiento al ruido de impactos de forjados, los actuales requisitos de no transmitir niveles superiores a 80 dBA al recinto inferior (ensayado en un laboratorio) se verán reducidos a valores al menos 10 dB (determinados en el edificio terminado). Habitualmente los forjados no contemplan el diseño de ninguna medida para atenuar este tipo de transmisión de impactos, con lo cual en el futuro próximo se requerirá un cambio en el diseño de los mismos para cumplir los nuevos requisitos.

Una investigación acústica dirigida al análisis de las propiedades físicas que influyen en el comportamiento acústico de un elemento constructivo permite identificar cómo repercute el cambio en cada uno de estos parámetros físicos en el aislamiento acústico aportado y, por lo tanto, las limitaciones de mejora del

producto y las vías garantizadas de conseguir la mejora deseada.

Esto se puede abordar mediante el desarrollo de modelos matemáticos que permiten relacionar para cada tipo de producto el aislamiento acústico con sus propiedades físicas (densidad superficial, espesor, módulo de Young, rigidez a flexión, amortiguamiento, eficiencia de radiación, velocidad longitudinal de propagación de las ondas, etc.).

Este análisis (teórico-experimental) permite acometer mejoras en el producto con las garantías previas antes de fabricar los prototipos finales.

El comportamiento de los materiales al ruido (Figura 2) depende de la frecuencia del sonido, incrementándose en general el aislamiento ofrecido al incrementar la frecuencia; la excepción se presenta en una zona de frecuencias (denominada frecuencia crítica o de coincidencias  $f_c$ ) donde el aislamiento del elemento decrece de manera abrupta, en la cual la velocidad de propagación de las ondas de flexión coincide con la velocidad de propagación del sonido en el aire ( $C_0 = 344$  m/s).

La frecuencia crítica de cada material establece la barrera física entre dos tipos de comportamiento acústico: la zona en frecuencias inferiores a la de coincidencia controlada por el efecto de la densidad superficial (conocida como *"Ley de masas"*) y la zona en frecuencias superiores a la zona de frecuencia crítica controlada por el amortiguamiento del material.

La expresión matemática que rige el comportamiento acústico del material es:

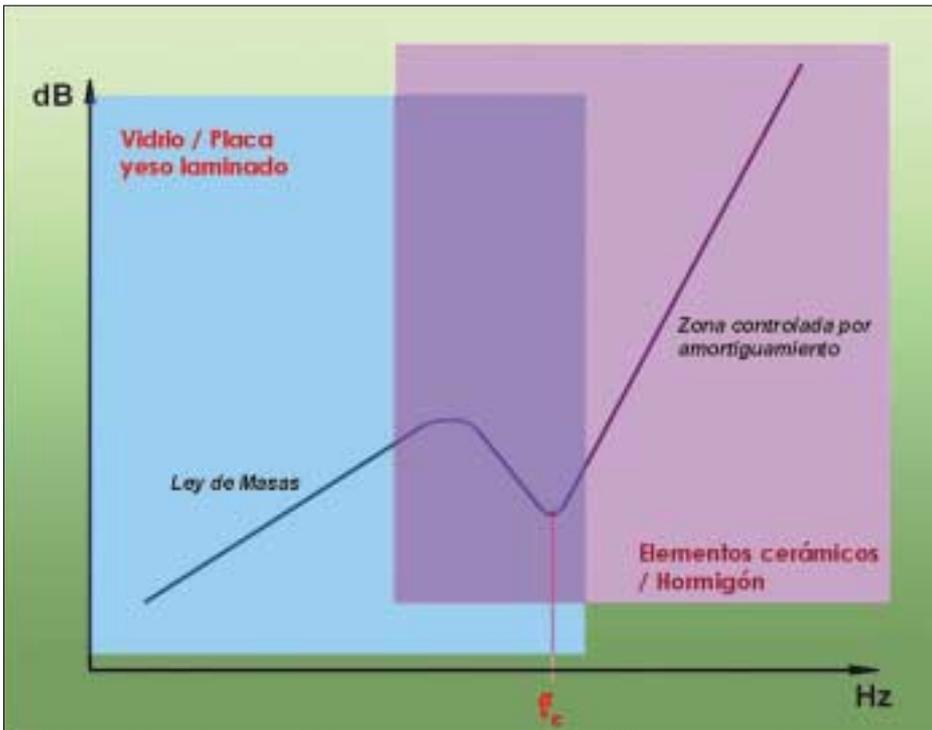


Figura 2.- Zonas que rigen el comportamiento acústico de materiales

$$E = \rho \cdot C_L^2 \cdot \frac{(1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu)}{(1 - \mu)}$$

siendo  $\mu$  el módulo de Poisson y  $E$  el módulo de Young.

Tanto la velocidad de propagación longitudinal de las ondas ( $C_L$ ) en un material como su amortiguamiento pueden obtenerse mediante medidas experimentales. El amortiguamiento se obtiene a partir de la reverberación estructural del material.

La combinación del conocimiento teórico-experimental para facilitar el diagnóstico de alternativas de mejora de prestaciones acústicas de elementos de construcción jugará un papel importante en el futuro de las mejoras del confort acústico de edificios.

### AVANCES EN HERRAMIENTAS DE DISEÑO PARA LA PREDICCIÓN DE LAS CONDICIONES ACÚSTICAS

La transmisión del ruido en un edificio se produce mediante mecanismos de intercambio de energía entre los elementos constructivos que constituyen el edificio.

El ruido generado en un recinto se transmite al adyacente no sólo a través del elemento separador de los recintos, sino también mediante transmisiones a través de todos los elementos constructivos (tal y como se

$$R = 20 \cdot \log \frac{\omega \cdot \rho_s}{2 \cdot \rho_0 \cdot C_0} + 10 \cdot \log \frac{2 \cdot f \cdot \eta_{total}}{\pi \cdot f_c \cdot \sigma^2}$$

Siendo

$w$ :  $2\pi f$

$\rho_s$ : densidad superficial del material

$\rho_0$ : densidad superficial del aire

$C_0$ : velocidad de propagación del sonido en el aire

$h$ : amortiguamiento

$s$ : eficiencia de radiación

Según se observa en la Figura 2, que representa la curva de aislamiento para diferentes tipos de materiales, la zona de interés en cuanto al aislamiento en el espectro audible de frecuencias se encuentra en diferentes zonas de la curva de aislamiento para cada tipo de material: tal es así que materiales tipo cerámicos, hormigón, etc. presentan una curva de aislamiento donde la frecuencia crítica se establece en el rango entre 100 -200 Hz presentando un debilitamiento en esta zona de baja frecuencia, completada con un aislamiento en frecuencias medias y altas controladas por el amortiguamiento del material. Otros materiales tales como vidrio, placa yeso laminado, etc. presentan una curva de aislamiento donde participan tanto la zona de masa como la de amortiguamiento.

Es decir, cada tipo de material requiere un análisis individualizado para conocer las propiedades físicas que influyen en su aislamiento y cuáles y cómo se deben modificar para repercutir en un incremento deseado en decibelios.

La frecuencia crítica de un material ( $f_c$ ) depende de la velocidad longitudinal de propagación de las ondas ( $C_L$ ) en el material que, a su vez, se relaciona con la rigidez a flexión ( $B=E \cdot I$ ) y, por lo tanto, con el momento de inercia ( $I$ ) relacionado con la estructura del material.

$$f_c = \frac{c_0^2}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{\rho_s}{E \cdot I}}$$



Medida de la velocidad de propagación longitudinal de las ondas en un material.

Instalaciones acústicas del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco

identifica en la Fig. 3). La cantidad de energía sonora transmitida entre dos recintos es función del nivel generado en el recinto emisor, de las prestaciones acústicas de cada elemento constituyente de la estructura del edificio (función de su capacidad para transmitir energía sonora) y del acoplamiento entre elementos.

Para garantizar las condiciones acústicas óptimas de un edificio, ya en su fase de proyecto es importante disponer de herramientas que permitan valorar la transmisión por los diferentes caminos de transmisión y así poder seleccionar adecuadamente los elementos constructivos y sus acoplamientos.

Teniendo en cuenta que los modelos de predicción son herramienta indispensable para poder abordar este tipo de problemática, la Organización para la Normalización Europea (CEN) comenzó hace más de diez años las tareas dirigidas a crear modelos de diferentes aspectos sobre la transmisión de ruido en edificios tales como transmisión de ruido aéreo entre recintos adyacentes, ruido de impactos, absorción en recintos públicos, transmisión de ruido a través de fachadas y ruido de instalaciones. El objetivo final es facilitar herramientas que permitan a partir de las características de los elementos de

*Medida experimental del amortiguamiento de un elemento constructivo analizando la respuesta mediante acelerómetros a una excitación controlada. Instalaciones acústicas del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco*

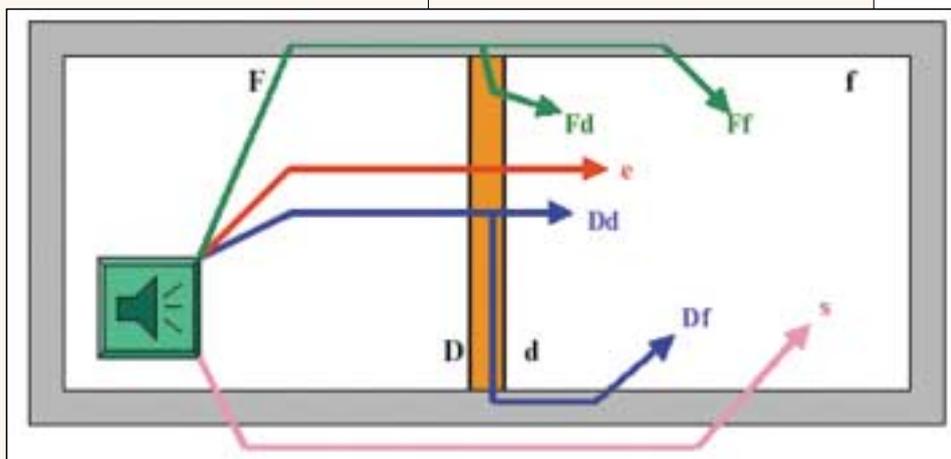


Construcción predecir el comportamiento de los edificios. Actualmente el esfuerzo está dirigido a completar estos modelos, verificando su comportamiento para diferentes tipologías constructivas en los diferentes países y armonizar técnicas de medida

para obtener los datos de entrada necesarios para que los modelos realicen estimaciones válidas.

Los modelos seleccionados se basan en la aplicación simplificada de los modelos más generales SEA (*Statistical Energy Analysis*. Ref. B. Craik).

Actualmente estos modelos simplificados han sido recogidos en la serie de normas europeas EN 12.354 ya adoptadas recientemente por el sistema de normalización español UNE. En este momento se encuentra en fase de desarrollo la parte correspondiente a la transmisión de ruido de instalaciones y de absorción de recintos.



*Figura 3.- Caminos de transmisión del ruido en un edificio. Modelos SEA*

El esfuerzo futuro está siendo dirigido a la obtención de los datos necesarios de entrada de dichos modelos en función de los sistemas constructivos típicos de cada país y en la validación de dichos modelos a situaciones reales y desarrollo de herramientas simplificadas (modelos comerciales) para aplicar estos modelos simplificados a las características de las construcciones de cada país. En todo caso, es importante conocer con todo detalle las posibilidades de aplicación, las limitaciones y la validez de las estimaciones de dichas herramientas. ■

