

Acústica de los espacios cerrados

En este tercer artículo dedicado a temas de acústica procederemos a ampliar algunos conceptos ya enumerados en el artículo anterior e introduciremos algunos nuevos.



Una de las propiedades de las ondas sonoras es la reflexión, entendiendo por tal su rebote sobre una superficie u objeto; parte de su energía se pierde en cada citado rebote, absorbida por la superficie u objeto sobre el que incide, por lo que la onda reflejada posee menos energía que la onda incidente. (Ver Figura 1)

Esta característica de la reflexión tiene una gran importancia arquitectónica, pues permite orientar las reflexiones sonoras en función de la forma de las superficies reflectantes, de tal manera que colocando paneles o lamas de diversos materiales (madera, metacrilato, etc.) y formas apropiadas de los mismos, podemos conseguir orientar las ondas sonoras, hacia zonas de un local en que sin estas disposiciones no les llegaría el sonido o sólo muy debilitado; como se podrá comprender tiene una

importancia capital en el diseño de salas de conciertos, auditorios etc.

La reverberación

La reverberación es otro fenómeno muy relacionado con todo lo anterior; podríamos definirlo como la energía acústica que debido a las reflexiones en un espacio cerrado, se suma a la señal emitida directamente por una fuente emisora de sonido. No debemos confundirlo con el eco, pues éste es percibido con un retardo sobre la señal direc-

MECANISMO DE REFLEXIÓN ACÚSTICA

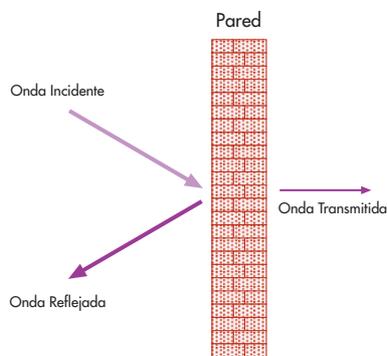


Figura 1

La reflexión

La reflexión de las ondas sonoras cumple las leyes de la óptica geométrica siempre que las dimensiones de las superficies sobre las que inciden sean superiores a su longitud de onda; así como que las rugosidades de dichas superficies sean inferiores a su ya citada longitud de onda (λ); es la distancia entre frentes de ondas consecutivas. (Ver Figura 2)

REFLEXIÓN DE LAS ONDAS SONORAS

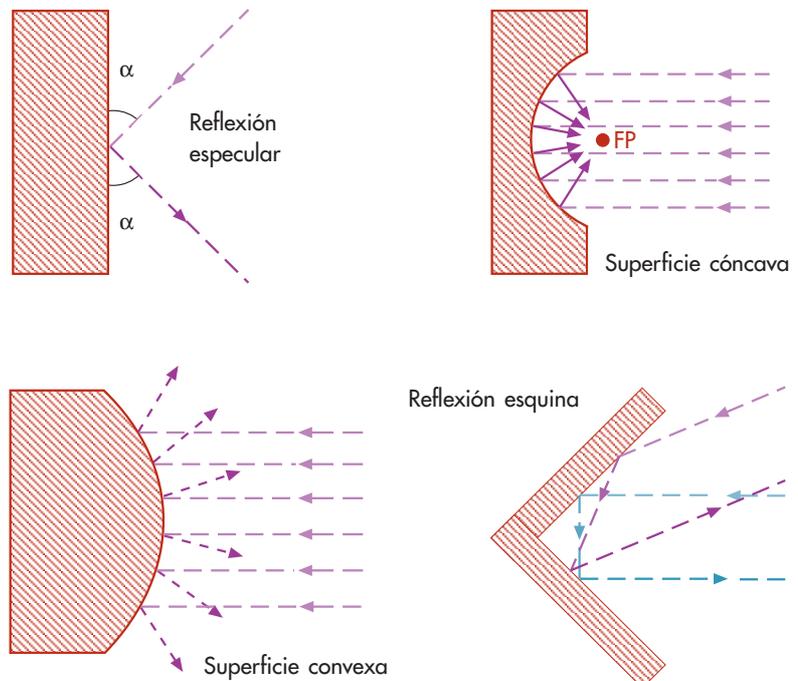


Figura 2

ta, igual o superior a 50 milisegundos (mseg) pudiendo nuestro oído diferenciar ambas señales; si el retardo es inferior a los 50 mseg., la señal directa y la reflejada se confunden produciéndose la reverberación.

Si tenemos en cuenta que la propagación del sonido a través del aire y a una temperatura de 22 °C es de 345 m/seg. deduciremos que en los citados 50 mseg. recorre aproximadamente 17 m.; por lo tanto cuando la señal directa recorre una distancia "D" desde el emisor al receptor, mientras que la reflejada recorre una distancia "r" entre ambos puntos (a causa de las reflexiones), si $(r - D) > 17$ m. se produce eco; en caso contrario ambas señales se confunden en nuestro oído ocasionando reverberación.

Otro concepto con el que deberemos familiarizarnos es el tiempo de reverberación, TR60, que es el que media entre un sonido al cesar y cuando su energía ha caído 60 dB; la reverberación es un factor muy importante en

los temas acústicos, en realidad sería más propio hablar de campo reverberante, considerando como tal el formado por el conjunto de reflexiones que llegan al receptor; en general depende del volumen del recinto y de los diversos coeficientes de absorción de sus superficies referidas a cada frecuencia.

La absorción acústica

Un fenómeno de capital importancia, por su incidencia en la mejora práctica de las condiciones acústicas de un local, es la absorción, cuya unidad es el sabinio. En esencia consiste en que una onda acústica (energía) que incide sobre un elemento, se descompone en una serie de ondas reflejadas, otra parte de su energía es absorbida por el elemento en forma de calor, y por último en la otra cara del elemento en cuestión aparece una onda acústica transmitida (que ha "atravesado" el elemento) y que como se desprende de todo lo anterior, presenta una energía inferior a la de la onda incidente. (Ver Figura 3)

MECANISMO DE ABSORCIÓN EN POROSOS

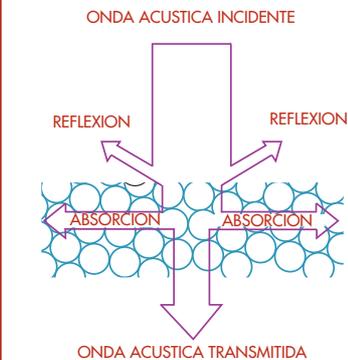


Figura 3

Los elementos que mayor absorción acústica presentan son los porosos (lana de vidrio, lana de roca, etc..) aunque tienen el inconveniente de tanto por estética como por resistencia, no pueden ser dejados vistos; por ello se les emplea con laminas exteriores de protección, alojados en las cámaras de los

En invierno no sólo bajan las temperaturas



Nivel Láser - PVP 110.750
Precisión ± 4 mm en 30 m
Nivel + Trípode + Mira + Receptor

Trimble 3305 - PVP 955.000
10 cc - 1.300 m - 5 mm+3 ppm

Trimble 3303 - PVP 1.095.000
10 cc - 1.500 m - 5 mm+3 ppm

SIEMPRE SIN MEDICIÓN SIN PRISMA
Precio incluye: equipo completo



Oferta válida hasta el 31 de diciembre de 2001

Geo center Tel. 902 19 01 22 - Fax. 902 19 11 81

Consulte su distribuidor más cercano: Madrid, Granada, Barcelona, País Vasco, Valencia

Disponemos de Servicio de Alquiler y Venta de Equipos Nuevos y de Ocasión de: GPS, Estaciones, Niveles Automáticos, Niveles Automáticos, Niveles Láser, Taquímetros, etc.

Disponemos de Servicio Técnico 

muros dobles, o en los falsos techos; también en las llamadas "protecciones acústicamente transparentes". (Ver Figura 4.)

Una protección acústicamente transparente es una placa perforada generalmente mediante huecos circulares, y cuya función es proteger el material acústicamente absorbente que se encuentra tras ella; para que sea efectiva debe cumplir una serie de requisitos:

1. Debe tener una porosidad superior al 30% (relación entre superficie hueca y superficie total).
2. La separación entre los centros de los huecos, debe ser inferior a la mitad de la frecuencia más alta.
3. La profundidad del hueco debe ser inferior a la cuarta parte de la frecuencia más alta.

En cuanto a los materiales porosos debemos de tener en cuenta que dado un elemento a proteger acústicamente (muro, techo etc.) y empleando un espesor fijado de material poroso, la absorción varía en función de la separación entre ambos; en general siempre se consiguen mejoras de absorción separándolos que colocándolos en contacto; dependiendo la separación óptima, de la longitud de onda del sonido incidente, llegándose por este procedimiento a conseguir ahorros de material poroso del orden del 33%.

No obstante todo lo anterior, dicha separación es poco viable en muros de viviendas por razones obvias de pérdida de superficie útil; sin embargo es bastante apropiada para techos (falsos techos de madera o escayola vista con absorbentes porosos en su parte superior) siempre que dejemos una cámara mínima con el forjado de 15 cm.

En el caso de locales públicos destinados a audiciones musicales, conferencias y espectáculos en general, además de los materiales absorbentes "constructivos" incorporados al edificio deberemos considerar otros tales como cortinajes, elementos decorativos etc., habiéndose podido observar variaciones del coeficiente de absorción en función de que las butacas estén tapizadas o no; y como es lógico también el número de espectadores influye en el coeficiente de absorción acústica; no obstante los elementos absorbentes "no

PROTECCIONES ACÚSTICAMENTE TRANSPARENTES (Placas perforadas)

- Deben tener porosidad > 30%
- Separación entre agujeros $L < \lambda/2$
- Profundidad del agujero $G < \lambda/4$

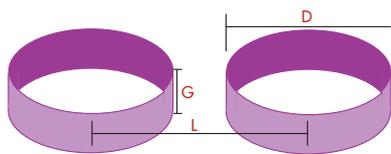


Figura 4

constructivos" tienen una incidencia más pequeña que los primeros.

Incluso el aire tiene capacidad de absorción acústica, pero solamente en recintos de mucho volumen, su absorción depende de la humedad relativa actuando sobre las altas frecuencias.

Resumiendo todo lo expuesto, si en un recinto aumentamos la absorción acústica de sus elementos delimitadores, disminuimos el ruido percibido en su interior por dos conceptos, por la atenuación de los sonidos transmitidos a través de sus citados elementos delimitadores y además por disminuir la reverberación interior.

Esto es muy importante, pues si teniendo un foco emisor de sonido (un grupo de presión por ejemplo), lo aislamos del resto del edificio al colocarlo en un recinto apropiado y dimensionamos sus elementos delimitadores en función del sonido que emitiría en un espacio libre, si realizamos una medición veremos cómo el sonido percibido en el exterior del recinto es superior al calculado; esto es debido a que al encerrarlo en el local hemos aumentado su campo reverberante (aumentamos el ruido dentro del propio local) por lo que deberemos dimensionar sus cerramientos no sólo en función del foco emisor, sino también en cuanto a la reverberación que se produce.

Por todo ello, si analizamos la fórmula del índice de aislamiento acústico adoptada por la Ordenanza Municipal de Medio Ambiente, Ruido y Vibracio-

nes, BOP n.º 174. 23/07/1996, que como recordaremos es la siguiente:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log (S/A)$$

siendo:
 L_1 : Nivel de presión sonora en el recinto emisor.

L_2 : Nivel de presión sonora en el recinto receptor.

S : Superficie del elemento separador en m^2 .

A : Absorción del recinto receptor: $a_m S'$.

a_m : Coeficiente de absorción medio del recinto receptor.

S' : Superficie del recinto receptor en m^2 .

Y para Sabine $A = (0'16 \cdot V) / T$ siendo:

V : El volumen del recinto receptor en m^3 .

T : Tiempo de reverberación del recinto receptor en segundos.

Podremos observar que se contempla el aislamiento de un recinto no dependiendo solamente del aislamiento bruto del elemento separador, $D = L_1 - L_2$, sino también teniendo en cuenta la absorción del propio local que como hemos visto incide sobre la reverberación.

Por último deberemos citar el ruido de fondo, que es el existente cuando no actúa el foco emisor de sonido que estamos estudiando y que se supera durante el 90% del tiempo de observación; como se desprende de lo dicho todo ruido de fondo viene referenciado con un foco de emisión, pero a su vez es producido por otros focos que no se analizan; por ejemplo si estudiamos una vivienda situada sobre una sala de fiestas, el ruido de fondo en la citada vivienda es el que percibimos cuando en la sala de fiestas no se produce actividad alguna; pero está claro que es ocasionado por otros focos emisores (tráfico, ruido producido en otras viviendas...); si entonces decidimos estudiar el tráfico como foco emisor, el ruido de fondo será el detectado si pudiéramos impedir el tránsito de personas y vehículos por la vía pública.

Francisco Lidón Juan
Servicio de Acústica del COATV

* Nota: En el artículo sobre acústica del número de noviembre, se deslizaron involuntariamente dos errores en la fórmula de la atenuación acústica de la vegetación. La fórmula correcta es:

$$q = 2,34 * 10^{-3} * F^{1/2} * d$$