

Ficha Técnica N° 4

AISLAMIENTO AÉREO DE SONIDOS CON MAMPOSTERÍA CERÁMICA

CÁMARA INDUSTRIAL DE CERAMICA ROJA

Septiembre 2005

- 1- Introducción
- 2- Algunos aspectos de la física del sonido
- 3- Puertas y ventanas
- 4- Aislamiento acústico de muros de mampostería cerámica

AISLAMIENTO AÉREO DE SONIDOS CON MAMPOSTERÍA CERÁMICA

1-Introducción

Para algunas personas la acústica puede resultar una ciencia misteriosa.

Entre las causas encontramos que el manejo de magnitudes logarítmicas y conceptos tales como de aislación, absorción y resonancia acústica no son siempre intuitivos.

Contribuyen a la confusión que a veces se toman pequeñas verdades que son incorrectamente utilizadas y finalmente a que algunas creencias equivocadas se repiten una y otra vez hasta que se convierten en práctica standard.

Esta Ficha técnica intenta aclarar y desmitificar algunas de estas creencias y dar un panorama de las características acústicas de la mampostería cerámica de nuestro país.

Para el logro de este objetivo hemos tratado de describir los fenómenos acústicos con un lenguaje sencillo tratando de emplear la menor cantidad posible de fórmulas matemáticas.

Al final de este informe se dan las características acústicas de los muros de mampostería que habitualmente se emplean en la práctica de obra.

2-Algunos aspectos de la física del sonido

2-1 ¿Que es el sonido y como se genera?

Moviendo el aire hacia adelante y hacia atrás (por ejemplo con el parche de un tambor) se cambia por un instante la presión de una porción de aire que empuja parte del aire que lo rodea hacia delante y luego hacia atrás, este proceso se repite con el aire circundante generando una onda de presión que se propaga hasta impactar a nuestro oído que lo capta como sonido.

No todas las variaciones de presión ambiental son percibidas como sonidos.

El oído humano percibe las variaciones de presión cuando la frecuencia está entre 20 y 20000 hz (Ciclos por segundo) y su intensidad o volumen está entre 0 y 120 db (Decibeles)

2-2 ¿Que es la frecuencia?

La frecuencia es un parámetro que nos indica lo rápido que son los cambios de presión en el aire. Nuestro oído percibe a las frecuencias bajas como sonidos graves y a las frecuencias altas como sonidos agudos.

Una manera de clasificar los sonidos según su frecuencia es la siguiente:

20-300 Hz	300-2000 Hz	2000-20000 Hz
Sonidos graves	Sonidos medios	Sonidos agudos

2-3 ¿Que es la intensidad?

La intensidad es un parámetro que indica la magnitud de los cambios de presión, es lo que nuestro oído percibe como volumen.

El volumen o intensidad de sonido se mide en decibeles.

En la escala de intensidades se usa como valor de referencia al decibel cero que es la menor cantidad de sonido en el aire perceptible por el oído humano (Umbral de audición).

Nuestro oído percibe entre 0 y 120dB

Técnicamente se define al decibel con la siguiente expresión:

$$L(\text{dB}) = 20 \log P/P_0 \quad \text{En donde } P \text{ Intensidad acústica en consideración (Presión acústica)} \\ \text{y } P_0 \text{ Intensidad acústica del umbral de audición} = 2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$$

El concepto de medición del volumen de sonido no es tan fácil como el de frecuencia.

En primer lugar el rango de sonido que el oído humano puede percibir es enorme; desde un concierto de rock hasta el tic-tac de un reloj pulsera.

El mayor volumen que el oído puede captar si sufrir daños es aproximadamente 10 billones de veces más fuerte (en términos de nivel de presión) que el mínimo volumen que puede detectar. Esta es una de las razones por la que los científicos tuvieron que recurrir a la escala logarítmica. La otra razón es que nuestro oído también percibe los sonidos en la escala logarítmica. Por ejemplo: para el oído humano una sensación de aumento de volumen de 1 a 2 significa en términos de aumento de presión de 10 a 100

Debemos reconocer que la escala logarítmica no es intuitiva, por ejemplo 40 dB no es la mitad de 80dB sino que es 10.000 veces menor en términos de presión.

2-4 Aislamiento sonoro

El aislamiento sonoro de un muro es la resistencia al paso de un sonido de un recinto a otro.

Los cambios de presión del aire mueven a los objetos. El impacto de una onda de presión sonora sobre un tabique provoca la vibración del mismo. Este movimiento es tan pequeño que normalmente no es visible, sin embargo es suficiente para provocar sonido que es irradiado al local vecino.

Para hacer vibrar un muro se requiere un esfuerzo y a mayor masa se requerirá mayor esfuerzo para moverlo y atravesarlo. Parte de ese esfuerzo se disipará en forma de calor, resultando un menor volumen del sonido en el local receptor. Es por ello que los materiales aislantes deberán tener masa.

El resto de la energía sonora se reflejará. (Fig. 2)

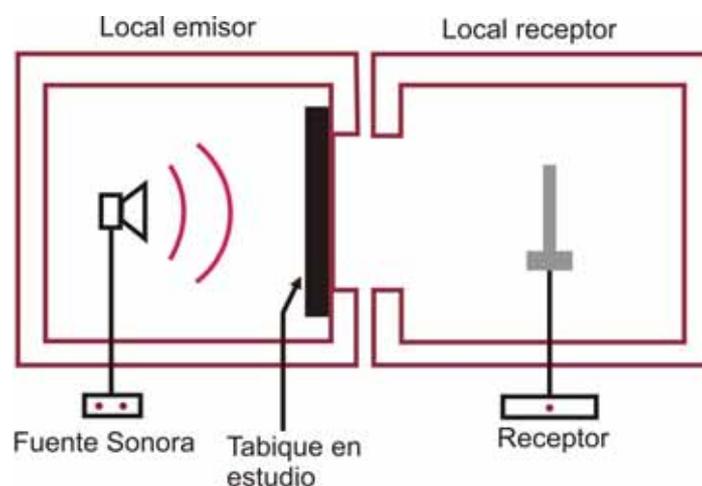


Fig. 1



Fig. 2

Para determinar la aislación sonora de un tabique que divide a 2 ambientes contiguos (Ver Fig. 1) se coloca una fuente sonora en uno de los locales y se mide la intensidad sonora en el otro. La relación entre ambas energías sonoras es lo que se conoce como índice de reducción sonora.

La norma IRAM lo define así; “Índice de Reducción Sonora R” es 10 veces el logaritmo decimal del cociente entre la potencia sonora W_1 que impacta sobre el panel bajo estudio y la potencia sonora W_2 transmitida a través de la muestra. $R = 10 \log W_1/W_2$

La aislación varía con la frecuencia, o sea que un mismo tabique tiene distinta aislación sonora para cada frecuencia.

A los fines prácticos y con el objeto de comparar el comportamiento de distintos tipos de tabiques, los especialistas en sonido crearon un parámetro denominado “Índice compensado de reducción sonora R_w ” consistente en un número que resume el comportamiento del tabique para distintas frecuencias

Por ejemplo: Un R_w de 40 significa que si en un local existe un equipo musical sonando a 100 dB en el local vecino se escuchará con un nivel de 60 dB ($100-40 = 60$)

2-5 Ley de masas y frecuencias

La ley de masas y frecuencias dice que el aislamiento acústico de un tabique es mayor cuanto mayor sea su masa superficial (Kg/m^2) y también es mayor para frecuencias altas.

Por ello la primera variable a considerar para predecir la aislación sonora de un tabique es medir la masa por unidad de superficie ($Kg./m^2$) pues a mayor masa será más denso el panel y por lo tanto será más difícil de mover y atravesar por la acción de la presión del aire.

En términos generales se calcula que cada vez que duplicamos la masa se consigue una mejora de 6dB en la aislación acústica.

Esta ley se cumple entre 2 frecuencias que son la frecuencia natural (f_0) y la frecuencia crítica también llamada de coincidencia (f_c). Todos los tabiques presentan una menor aislación en las cercanías de estas frecuencias.

En la figura 3 se representa la variación de la aislación acústica de un panel en función de la frecuencia, se observa que a muy bajas frecuencias la rigidez del tabique es el factor controlante de la aislación sonora, hasta llegar a las inmediaciones de la frecuencia natural en donde la aislación es mínima, a partir de este punto se cumple la ley de masas (a mayor masa y frecuencia mayor aislación) hasta llegar al entorno de la frecuencia de coincidencia.

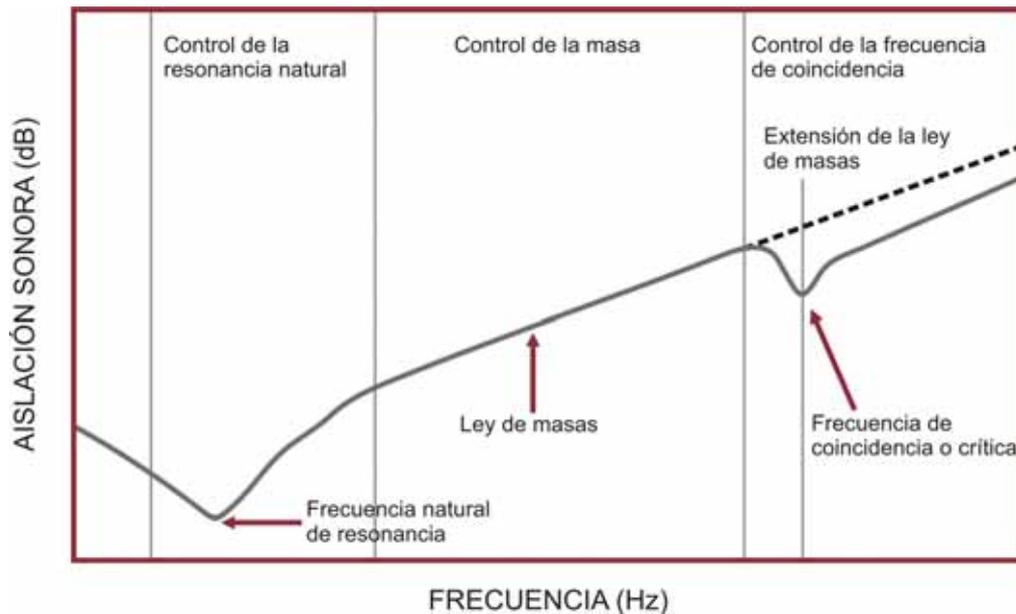


Fig. 3

2-6 Frecuencia natural

Cada tabique tiene una frecuencia natural de vibración. Esto no quiere decir que el material vibra por sí mismo sin necesidad de una excitación externa sino que cuando el panel es impactado por una onda sonora de una determinada frecuencia (f_0) el panel responde por simpatía con la misma frecuencia regenerando el sonido del otro lado.

Contrariamente en otras frecuencias las vibraciones serán detenidas pues el tabique opondrá resistencia al movimiento.

La frecuencia natural de un tabique depende de su masa, rigidez, vinculación en su perímetro, medidas (largo, ancho, espesor) y forma

En general la transmisión del sonido por causa de la frecuencia natural ocurre a bajas frecuencias.

2-7 Frecuencia crítica o de coincidencia

La aislación acústica varía también con la dirección de incidencia de las ondas sonoras. Existe una frecuencia y ángulo de incidencia de la onda sonora sobre el tabique en donde la longitud de onda incidente proyectada coincide con la longitud de onda de flexión del panel entrando las ondas en fase y reforzándose. El resultado es una menor aislación acústica.

Si bien el resultado final es similar al de la frecuencia natural (Menor aislamiento sonoro), las causas son distintas.

Este fenómeno ocurre generalmente a frecuencias altas.

La norma IRAM define a la frecuencia crítica f_c como la coincidente con la longitud de onda del tabique cuando flexiona libremente.

El índice R_w de aislación acústica es un parámetro adecuado para medir la aislación, pero en algunos casos particulares será necesario analizar el comportamiento de los cerramientos para las

distintas frecuencias. Por ejemplo: si estamos frente a un sonido que tiene una frecuencia conocida (Sala de máquinas) convendrá asegurarse que no existe un agujero de aislación justo para esa frecuencia en particular.

2-8 Absorción:

La absorción es la reducción del sonido reflejado dentro de un recinto. Tiene por objeto minimizar la reflexión del sonido de manera que el ruido generado dentro del propio ambiente sea controlado.

La absorción es importante cuando se requiere controlar el sonido producido dentro de un local. Por ejemplo: Mejoramiento de las condiciones laborales dentro de un taller con intensos ruidos producidos por maquinaria. Control de las condiciones de sonido dentro de un teatro o sala de conferencias etc.

La absorción se logra mediante el empleo de materiales absorbentes. Generalmente consisten en materiales porosos y livianos. Se trata de estructuras con elevadas cantidades de intersticios y poros (Ej. Lana de vidrio) comunicados entre sí.

Al incidir una onda acústica, las fibras vibran produciendo pérdidas por rozamiento y calor. Son efectivos a altas frecuencias.

2-9 Aislación vs. absorción

Estos términos a veces se los confunde y son causa de muchos de los errores que se cometen en materia acústica.

Dijimos que la energía sonora al impactar un panel, parte se refleja y parte se transmite al local del otro lado.

La presión sonora en un punto del panel depende de la intensidad de la fuente sonora y de su distancia a la misma, pues a medida que se aleja se producen pérdidas acústicas pues el aire también tiene algo de masa y el movimiento de sus partículas provoca pérdidas por fricción.

Por más material absorbente que coloquemos el aislamiento que se logrará en el recinto de al lado será mínimo pues los materiales absorbentes minimizan la reflexión del sonido mejorando la audición dentro del mismo local pero no afectan la transmisión a través del muro.

Los materiales absorbentes son estructuras con elevada cantidad de intersticios y poros vinculados entre sí, los mismos dejan pasar el sonido incidente fácilmente a través de ellos, permitiendo a la onda impacte al tabique pero producen una disminución de la onda reflejada.

Esto no es muy intuitivo y el razonamiento habitual es el siguiente:

La absorción significa reducir el sonido ¿Correcto?, entonces poniendo algún material fibroso sobre el muro lograremos mantener felices a nuestro vecinos ¿Correcto? Lamentablemente, no es correcto.

Es cierto que cuando una onda sonora impacta una superficie parte de la energía es transmitida y parte reflejada y uno se siente tentado a creer que absorbiendo la totalidad del sonido incidente el mismo no tendría adonde ir, pero la colocación de absorbentes sólo será útil con el sonido reflejado pero no con el incidente y el transmitido siendo este último dependiente de la masa.

2-10 Aislamiento en pared simple

Una pared simple puede ser homogénea o sea construida con un solo material Ej. plomo, o puede ser heterogénea si está formada por varias capas y/o estratos Ej. muros de ladrillos huecos revocados. La condición para que sea considerada como simple es que los puntos situados sobre

una misma normal no modifiquen su distancia mutua al realizar vibraciones. Es decir, tanto la pared de plomo como la de ladrillos huecos se consideran como simples.

2-11 Tabiques dobles con cámara de aire

El sonido que impacta a un tabique doble con cámara de aire produce una vibración en la placa expuesta, esta transmite parte de la energía a la cámara de aire que a su vez transmite vibraciones a la segunda placa quien finalmente irradia energía vibracional al recinto receptor.

Debido a que solo una fracción de la energía sonora es transmitida en cada una de estas etapas, los tabiques múltiples (Dobles, triples.. etc) con cámara de aire permiten obtener mayores valores de aislación acústica a igualdad de masa.

Para que una pared doble con cámara de aire sea efectiva como aislante sonoro las placas deben actuar independientemente, de no se así se comportarán como un tabique simple de masa igual a la suma de sus caras.

Este tipo de paredes logran ventajas en las frecuencias altas.

Para obtener altas aislaciones se es necesario que las hojas no se acoplen. Para lograr un elevado aislamiento acústico es de fundamental importancia un diseño y correcta ejecución del tabique, y un relleno con material adecuado. Veamos este tema más en detalle:

2-11-1 Hojas independientes

Las placas de un tabique doble con cámara de aire deben estar montadas independientemente una de otras evitando todo tipo de unión estructural entre ellas, incluido la estructura perimetral.

Por ejemplo: Si se quiere adosar una placa de yeso a una hoja de mampostería habitualmente se coloca un montante metálico o un listón de madera que se fija mediante tornillos metálicos, en este caso la transmisión sonora se efectuará a través del montante y de la estructura perimetral y el relleno de la cámara de aire servirá de poco pues la unión rígida de los tabiques provocará un corto circuito acústico, dando una aislación igual a una pared simple de la misma masa.

2-11-2 Onda estacionaria o de resonancia masa-aire-masa

Cuando se trata de paredes simples la frecuencia natural o de resonancia generalmente cae fuera del campo audible por lo que no es un problema. Pero en el caso de paredes dobles la frecuencia de resonancia es mayor que la de una hoja simple de igual masa pasando a ser un problema.

El aire atrapado entre las hojas actúa como un resorte neumático transfiriendo energía vibratoria de una hoja a la otra. Hay una frecuencia específica en donde el sonido rebota sobre las paredes opuestas y se combina reforzándose y haciendo que las placas entran en resonancia transfiriendo fácilmente la energía vibratoria de una placa a la otra.

Estas ondas se quedan reflejándose una y otra vez formando una onda estacionaria.

La formación de ondas estacionarias es inversamente proporcional al espesor de la cámara de aire y a la masa de las placas; a mayor tamaño de la cámara y mayor masa de placas será menor la posibilidad de formación de ondas estacionarias. Se mejora llenando la cámara con materiales absorbentes y construyendo las hojas de distinta masa.

3- Puertas y Ventanas

Las juntas y rendijas pueden producir resultados catastróficos en el aislamiento acústico. Una plancha de plomo de 25 mm de espesor y 0,5 m² produce una reducción sonora de 50 dB, pero si en ella le perforamos 3 agujeros de 12 mm de diámetro que representan sólo el 0,1% de su superficie la aislación se reducirá a 20dB.

No se logrará una buena aislación a menos que se sellen cuidadosamente todas las ranuras y agujeros de las aberturas y tabiques. Si el aire puede pasar también lo hará el sonido.

Reemplazando una puerta de madera por otra de plomo macizo no se incrementará significativamente la aislación sonora si el principal problema consiste en la transmisión sonora a través del perímetro. Este inconveniente se resuelve mediante el sellado con juntas de goma que se comprimen al cerrar la puerta (Aunque pueden aumentar el esfuerzo para cerrarla.) y un correcto diseño.

La transmisión del sonido a través de las ventanas está regida por los mismos principios. Se mejorará la aislación incrementando el espesor de los vidrios, utilizando vidrios laminados, vidrios dobles con cámara de aire etc.

Debido a la gran variedad de diseños y soluciones, la aislación sonora de puertas y ventanas deberá ser consultada con los fabricantes.

También será importante la fijación de marcos y pre-marcos al muro y el sellado de las rendijas.

En nuestro país se acostumbra especificar la aislación sonora de los muros, que es importante para el caso de las medianeras y muros ciegos pero se ignoran los problemas de la aislación acústica a través de puertas y ventanas que son más significativos.

4- Aislamiento acústico de muros de mampostería cerámica

Cuando consideramos muros de una sola hoja la variable que determina el aislamiento sonoro es la masa por unidad de superficie. A mayor masa mayor aislación.

Un muro de una sola hoja construido con bloques cerámicos y revocado es lo suficientemente pesado para proveer suficiente aislamiento sonoro en la mayoría de las aplicaciones.

En caso de necesitarse mayor aislación se deberá recurrir a bloques de mayor espesor y/o muros dobles con cámara de aire.

También puede emplearse un muro de mampostería cerámica con una hoja de placa de yeso y una cámara de aire entre ambos.

4-1 Ensayos

Los valores provenientes de cálculo teóricos deberán tomarse como una guía orientativa pero no garantizarán los valores exactos de la realidad.

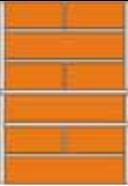
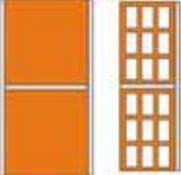
Debido a las numerosas variables que controlan la aislamiento acústico, en algunos reglamentos prevalecen los valores provenientes de ensayo de laboratorio sobre los de cálculo.

A continuación se detallan los resultados correspondientes a distintas configuraciones de muros.

Para la realización de los mismos hemos utilizado principalmente los datos del trabajo más importante sobre el tema de aislamiento acústico en la construcción realizado en nuestro país (1) y al mismo lo hemos completado con otros provenientes de ensayos realizados por nuestros socios y con ensayos de otros países realizados con materiales similares a los locales.

(1) Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As, laboratorios de acústica del LEMIT - "Investigación sobre acústica y sus aplicaciones en la vivienda urbana" (Programa de Investigación Técnica Nro18).

TABLA 1

AISLAMIENTO ACÚSTICO DE MUROS CERÁMICOS			
Tipo de muro	Denominación y tamaño en cm	Espesor del muro revocado en cm	Aislamiento acústico aéreo Rw en dB
	Ladrillos huecos de cerramiento 8x18x33	11	35
	Ladrillos huecos de cerramiento 12x18x33	15	37
	Bloque portante de 12x19x33	15	44
	Bloque portante de 18x19x33	21	46
	Ladrillo macizo de 11x24x5,5	14	40
	Ladrillo macizo de 22x24x5,5	25	48
	Bloque portante de 18x19x33 Ladrillo hueco de cerramiento 12x18x33	41	50