

Capítulo 3

Medidas de Aislamiento Acústico

1 LA MEDIDA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

1.1 Procedimiento general para la medida del aislamiento acústico a ruido aéreo

Después de todo lo explicado en los capítulos anteriores, nos queda un punto fundamental en el que se va a desarrollar de manera descriptiva y detallada cómo se realizan en la práctica las medidas de aislamiento acústico a ruido aéreo tanto de una estructura que separe dos estancias dentro de un edificio, como de una fachada del mismo. Se intentarán abarcar la mayoría de las situaciones que nos podamos encontrar en la realidad. La ley dicta unas normas a seguir en estos casos y nos obliga a proceder de una manera determinada por lo que haremos constante referencia a la Normativa vigente en esta materia.

Todos los procedimientos descritos están recogidos en la Norma Internacional de medidas acústicas *ISO-140*, en materia de aislamiento acústico. Así pues comenzaremos este apartado viendo cómo se estudia el aislamiento acústico suponiendo primero el caso sencillo y general de un recinto emisor de ruido y otro receptor. La manera de calcular el aislamiento acústico que existe entre ambas estancias es muy intuitiva, si bien hay que tener en cuenta una serie de puntualizaciones. Si en el recinto emisor colocamos una fuente generadora de ruido, medimos el nivel de presión sonora en dicho recinto así como en el receptor, y restamos ambos niveles tenemos la primera idea de cómo se puede abordar el problema. Esta idea se plasma directamente en la magnitud de **Aislamiento Bruto D** , que recordaremos ahora:

$$D = L_1 - L_2 \quad (dB)$$

donde L_1 y L_2 son los niveles de presión sonora en los recintos emisor y receptor respectivamente. Cabe recordar que estos niveles se calculan para cada banda de frecuencia, tercios de octava al menos entre 100 y 3150 Hz.

El tiempo de promediado para los niveles, L_{eq} , ha de ser de al menos 6 seg. para las bandas inferiores a 400 Hz y de 4 seg. como mínimo para las bandas de frecuencias superiores.

La fuente emite ruido rosa, cuyas características ya han sido explicadas, con una potencia tal que el nivel en la sala receptora esté 15 dB por encima del ruido de fondo en todas las bandas. La fuente debe ser situada de manera que provoque un campo lo más difuso posible y a una distancia de la partición tal que la radiación directa sobre ella no sea la dominante. Si recordamos lo explicado en el apartado 1.2.3, sabremos que hay que hacer un promediado en espacio de los niveles sonoros en los recintos, ya que el campo acústico que se forma en una sala no es constante en la totalidad de la misma cuando se la excita de la forma aquí especificada. Así pues hay que colocar el micrófono en varias posiciones y promediar las medidas recogidas en cada una. La Norma ISO-140 especifica que se han de recoger al menos 5 medidas en 5 posiciones diferentes, cumpliendo lo siguiente:

- Al menos 0.7 m de separación entre cada posición de micrófono;
- Al menos 0.7 m de separación entre cualquier posición de micrófono y alguna superficie limitadora de la sala;
- Al menos 1 m de separación entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora;
- Al menos 1 m de separación entre cualquier posición de micrófono y la estructura sometida a test.

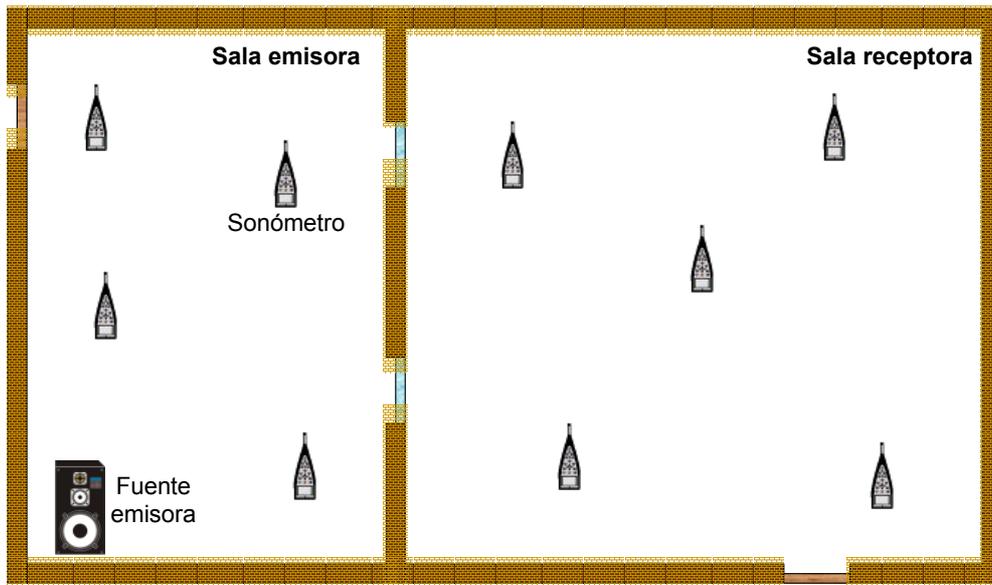


Figura 1: Esquema de medida de aislamiento.

La Figura 1 nos muestra una posible configuración en cuanto a posiciones de la fuente sonora y micrófonos de medida en dos habitaciones separadas por un tabique (croquis de la planta). La medida en cada sala se realiza en diversas posiciones con el fin de evaluar el valor cuadrático medio de la presión sonora promediado espacialmente en cada recinto. Si se dispone de un solo micrófono deberá desplazarse de posición en posición, almacenar cada medida para posteriormente realizar el promediado; conviene contar con un equipo de medida que almacene estos resultados y facilite la labor de los cálculos de aislamiento. También se puede realizar la medición con un array de micrófonos fijos o con uno sólo pero moviéndolo de manera continuada. En este caso, entre el equipo de medida debe contarse con un multiplexor (que permite adquirir señal de varios micrófonos simultáneamente) o de una jirafa giratoria; estos equipos no suelen ser habituales en medidas *in situ*, aunque son altamente recomendables para los ensayos en laboratorio. Recordemos que la manera de promediar las medidas de todas las posiciones fijas es mediante la ecuación

$$L = 10 \cdot \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \quad (dB)$$

donde L_i simboliza los niveles de presión sonora L_1, \dots, L_N para cada posición dentro de la sala.

Si tenemos en cuenta el tiempo de reverberación en la sala receptora en la medida de aislamiento acústico podremos independizar el resultado de las condiciones acústicas de la cámara receptora, como ya explicábamos en el apartado 1.2.3. Así para medidas *in situ* utilizaríamos el **Índice de Aislamiento Acústico Aparente**:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A} \quad (dB)$$

- L_1 y L_2 : Niveles promediados en cada sala.
- S : Superficie en m^2 de la partición sometida al test.
- A : Área de absorción de sonido equivalente en m^2 de la sala receptora.

Necesitaremos conocer la superficie S de la partición en cuestión, así como el tiempo de reverberación en la sala receptora, para a partir de la ecuación de Sabine, que recordaremos a continuación, calcular el valor de A .

$$A = \frac{0.16 \cdot V}{T}$$

Como se puede observar en la ecuación de Sabine, además del tiempo de reverberación T será preciso medir el volumen de la sala receptora para poder calcular el área A .

El número mínimo de medidas del Tiempo de Reverberación ha de ser de 6 para cada banda de frecuencia. Si medimos en tres posiciones, será suficiente con hacer dos lecturas en cada una.

Para completar el estudio es necesario medir el ruido de fondo existente en la sala receptora, para asegurarse de que el nivel recogido en dicha sala no se ve afectado por ruidos ajenos al procedente de la sala emisora. El ruido de fondo debe ser al menos 6 dB y preferiblemente 15 dB inferior al nivel sonoro recogido en la sala receptora, que combinará señal y ruido de fondo. Existe una manera de corregir el efecto de ruido de fondo pero no se insistirá más en ello pudiéndose consultar en la ISO-140-3.

El avance de la tecnología simplifica enormemente el trabajo a la hora de medir y calcular todo lo explicado anteriormente. Hoy disponemos en el mercado de un sonómetro-analizador integrado que, además de medir simultáneamente en todas las bandas de frecuencia posee un software capaz de realizar todos los cálculos necesarios para obtener la medida correcta de aislamiento acústico. Además permite seleccionar la Norma a seguir, por ejemplo la ISO en nuestro caso, con lo cual realizará los cálculos adecuados al efecto en cuanto a tiempo de reverberación, ruido de fondo etc. Nosotros deberemos introducirle los datos que precise para dichos cálculos como por ejemplo la superficie de la partición o el volumen de la sala receptora.

Antes de pasar a detallar algún ejemplo práctico que ilustre todo el procedimiento descrito con anterioridad es preciso comentar una serie de cuestiones que juzgamos útiles a la hora de afrontar un problema de aislamiento en una construcción:

Es importante tomar buena nota del entorno en el que se va a actuar dentro del edificio en cuestión. Por ejemplo, sería absurdo presentar un resultado del aislamiento acústico de un tabique que tenga una puerta con una grieta por la cual pasase todo el sonido sin obstáculo alguno, sin especificar dicha característica. O pretendamos tomar conclusiones sobre los resultados de la medida en una fachada sin describir por ejemplo el estado de las ventanas u otros objetos que pueda presentar. En general un resultado puede prestarse a confusión si no se especifican las condiciones y la descripción del entorno de medida.

1.2 Estimación del ruido radiado por un local hacia el exterior.

En aquellos casos donde se requiera la evaluación del ruido emitido de un local hacia el exterior (discoteca hacia calle por ejemplo), se puede recurrir a una medida que no está contemplada en las normas acústicas. Evaluando el aislamiento bruto D , se puede evaluar qué nivel de presión sonora se recibirá en la calle dado un nivel de ruido determinado en el interior del local. Para ello, el procedimiento de medida será el siguiente:

1. Emplazar la fuente sonora en el interior del local, a ser posible en una esquina (excitación de todos los modos propios del local).
2. Medir la presión sonora promediada espacialmente, exactamente igual que en el procedimiento descrito anteriormente.
3. Medir el nivel medio radiado al exterior, a una distancia de la fachada. La distancia de medida deberá especificarse en el informe.

Las distancias entre las posiciones de medida y los contornos (local o fachada) deberán ser superiores a la mitad de la longitud de onda de la frecuencia más baja que se desee medir, en el caso en que sea posible. A menudo en ciudades antiguas el ancho de la calle no permite mantener esta distancia. Deberá medirse entonces lo más alejado posible cualquier muro o fachada, es decir, en puntos situados en la mitad del ancho de la calle.

Una vez obtenido el nivel en el interior del local, L_1 y el nivel en el exterior, L_2 , se calculará la diferencia normalizada. El valor aproximado del nivel radiado por el local se puede estimar simplemente calculando:

$$L_2 = L_1 - D \text{ (dB)}$$

De este modo, se puede estimar, por ejemplo, que un local con licencia para radiar 80 dBA, con un aislamiento medido $D=50$ dBA, radiará al exterior unos 30 dBA.

1.3 Equipo de medida

En este apartado se describirá un equipo de medida básico tal y como se muestra en el siguiente diagrama de bloques:

Sonómetro

Receptor FM

Fuente omnidireccional

Amplificador

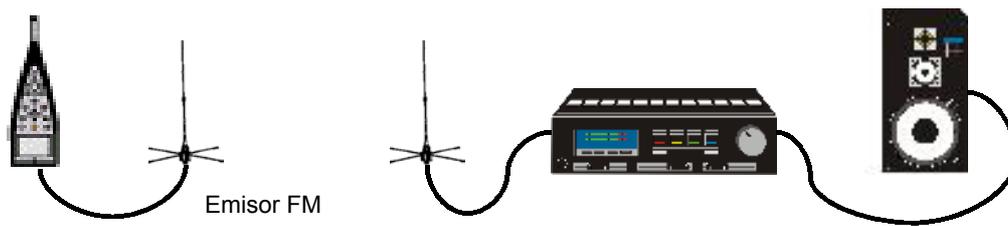


Figura 2: Esquema básico del montaje para medidas de aislamiento.

- **Sonómetro - Analizador:** Es el encargado de medir los niveles de presión sonora. Además puede ser el encargado de generar la señal acústica, por ejemplo *ruido rosa*, que va a emitir la fuente, como en el caso de la figura. Cada vez son más sofisticados, pudiendo realizar los cálculos necesarios y cuentan con una memoria para almacenar software y datos.
- **Transmisor – Receptor FM:** Se encargan de comunicar el sonómetro – analizador con el amplificador, por radio, evitando así el uso del cable que en muchos casos dificultaría enormemente la conexión.
- **Amplificador:** Recibe la señal generada por el sonómetro – analizador y la amplifica al nivel necesario para enviarla a la fuente.
- **Fuente Omnidireccional:** Emite el sonido en todas direcciones con lo que no es necesario moverla y repetir medidas.

Se ha descrito un equipo de medida válido, aunque no es el único posible para la realización de un estudio de aislamiento acústico.

A dicho equipo se le pueden añadir una serie de complementos útiles en la práctica. Por ejemplo, es aconsejable disponer de varios metros de cable para enchufar a la red eléctrica pues es posible que el lugar de medida esté alejado de la toma de corriente. Además es preciso contar con una cinta métrica, en el caso de no poder disponer de los planos de la edificación, para medir las dimensiones de las salas o particiones que sean necesarias.

1.4 Ejemplos prácticos

A continuación se detallan algunos ejemplos prácticos de medidas de aislamiento. Se incluyen ejemplos de medida de fachadas y forjados.

1.4.1 Ejemplo de medida de aislamiento de fachada

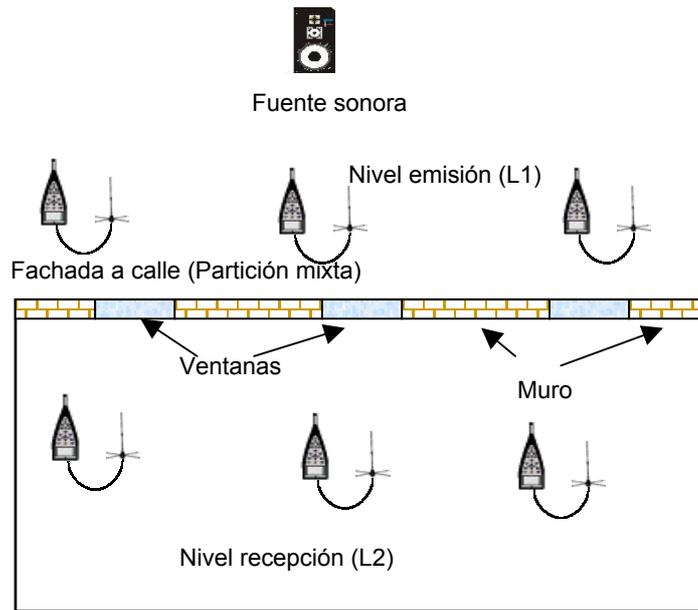


Figura 17: Ejemplo de Medida de Fachada.

En este ejemplo se aborda la medida de una fachada. La figura muestra el esquema general. La fuente sonora se emplaza en el exterior y se promedia el nivel incidente sobre la fachada. En general, las fachadas son particiones mixtas constituidas por un muro (ladrillo, mampostería etc.) con ventanas o puertas (balcones) al exterior. En la siguiente gráfica se muestra el resultado del ensayo de una vivienda con muro de mampostería y ventanas de madera con vidrio simple.

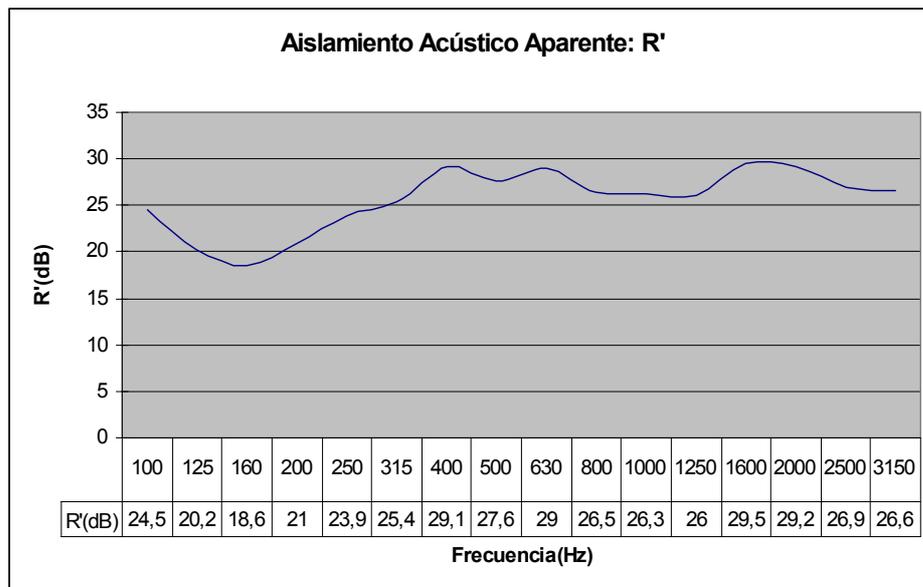


Figura 18: Aislamiento a ruido aéreo de una fachada (mampostería+ventana madera simple)

Este ejemplo seleccionado representa el comportamiento de este tipo de particiones. En baja frecuencia (bandas de 100, 125, 160, 200, 250 y 315 Hz), domina el comportamiento del muro, presentando un incremento de aislamiento con la frecuencia similar a la ley de la masa (incremento en 6dB al duplicar la frecuencia). A partir de esta frecuencia, aparecen los problemas derivados del pobre aislamiento de las ventanas de madera con vidrio simple: las pérdidas debidas a las resonancias del vidrio simple y a los desajustes de la ventana, se manifiestan en la curva de aislamiento como un "achataamiento", es decir, la curva deja de ser creciente para presentar una comportamiento anómalo. Debido a este comportamiento, el aislamiento de esta fachada nunca supera los 30 dB, siendo claramente insuficiente.

1.4.2 Aislamiento a ruido aéreo de forjados.

A continuación se comentan dos ejemplos de forjados; la comparación de ambos ejemplos permite comentar algunos defectos constructivos habituales. Para medir el aislamiento a ruido aéreo de un forjado, se debe situar la fuente sonora en el piso inferior y promediar espacialmente el nivel emitido. Con el mismo nivel en emisión se debe medir el nivel de presión sonora recibido en el piso superior. Si se desea calcular además del aislamiento bruto, la curva del índice de aislamiento a ruido aéreo, se debe medir el tiempo de reverberación en el piso superior (receptor), como se ha comentado en apartados anteriores.

Las figuras 19 y 20 muestran dos casos de forjado de tarima de madera. En el primer caso, el techo del piso emisor (piso inferior) contaba con un falso techo de escayola aunque en mal estado.

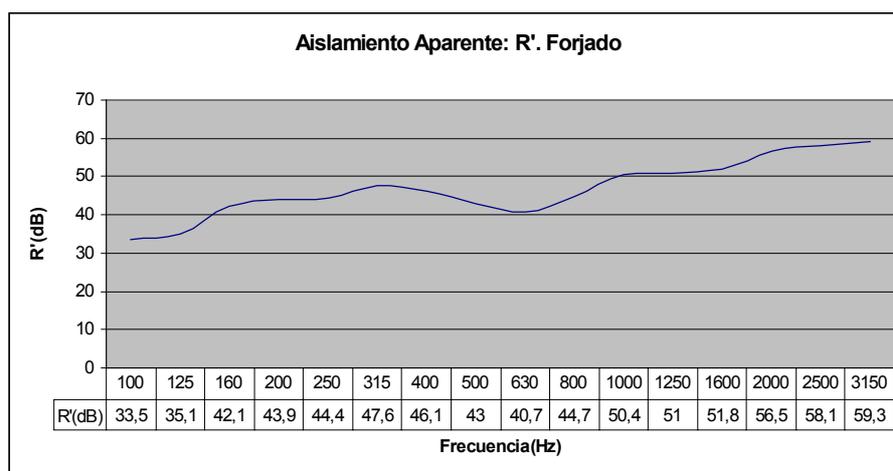


Figura 19: Aislamiento de forjado de madera y falso techo de escayola.(R(dBA)=54.82 dBA).

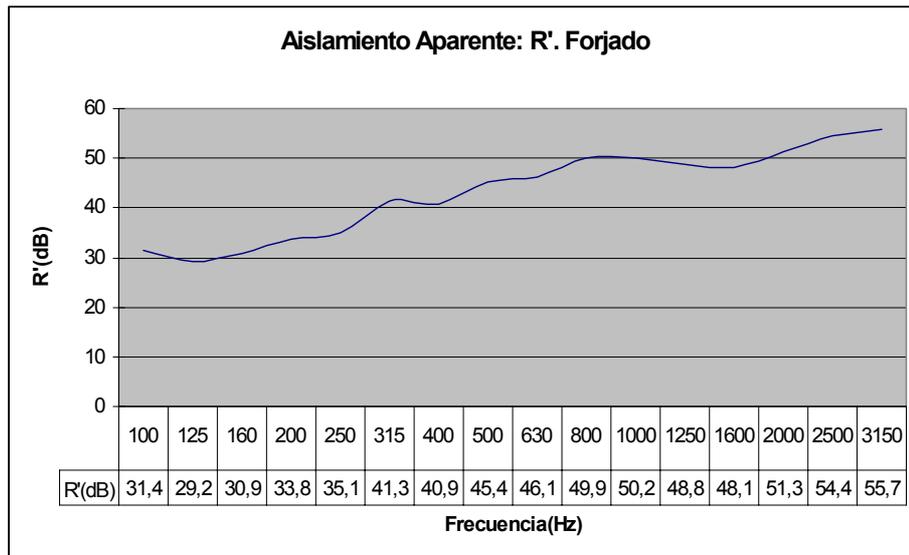


Figura 20: Aislamiento a ruido aéreo de un forjado (entaramado de madera). (R(dBA)=51.5 dBA).

Comparando ambas gráficas puede observarse:

- En ambos casos, en altas frecuencias el aislamiento no crece siguiendo la ley de la masa debido a la transmisión sonora a través de los desajustes entre los largueros de la tarima de madera.
- En el primer caso, se observa como el falso techo de escayola aporta un incremento en el aislamiento medio de 3 dB, aunque presenta una banda de frecuencias problemática: a 630 Hz, el aislamiento presenta un mínimo, 40.7 dB, frente a los 46.1 dB del segundo caso. Este mínimo afecta también a bandas adyacentes, en las que el aislamiento del forjado + falso techo es inferior al forjado solo. Esta diferencia que puede resultar sorprendente se ha explicado en el apartado 3.4. En este caso no existía trasdosado de absorbente acústico entre el falso techo y el forjado, por lo se forma una onda estacionaria entre ambas estructuras que da lugar a un máximo de transmisión sonora para estas frecuencias y por tanto un mínimo en el aislamiento. Colocando una manta de fibra de vidrio entre ambas estructuras se solventaría este efecto y las prestaciones acústicas del primer caso se aprovecharían mejor.