

5. PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA DE AISLAMIENTO

En el presente capítulo se procede a describir los ensayos llevado a cabo para las medidas de aislamiento.

Por una parte se realizó el ensayo mediante medidas de presión acústica según procedimientos de la norma ISO 140-4. Una vez obtenidos los parámetros de dicha norma, se compararon con los obtenidos realizando el mismo ensayo pero con medidas de intensidad acústica. Dichas medidas se describen en la norma ISO 15186-2.

En la ISO 15186-2 se definen una serie de parámetros y condiciones que nos determinarán el grado de precisión de las medidas. Dicha norma tiene tres partes, según el método que se utilice para recorrer las superficies de medida. Se comentará la segunda parte (mediciones in situ) que es la que se ha utilizado y en la que se expone la medición por barrido.

5.1 ENSAYO DE AISLAMIENTO POR MEDIDAS DE PRESIÓN ACÚSTICA. NORMA ISO 140-4

Esta norma especifica los métodos aplicables “in situ” para medir el aislamiento a ruido aéreo de particiones interiores, techos, puertas entre locales, en condiciones de campo difuso y determina la protección aportada a los ocupantes del edificio. Los resultados se expresan en intervalos de frecuencia de tercios de octava.

El ensayo que describe la norma ISO 140-4 consiste en la emisión de un ruido rosa en una habitación (habitación 1) y la medición tanto del ruido recibido en la habitación contigua (habitación 2) como del emitido en la habitación primera, analizándose así el aislamiento de la pared que separa ambas habitaciones.

En definitiva, lo que se evalúa es la potencia emitida y transmitida a través de las medidas de presión realizadas en el ensayo.

Para las habitaciones se utilizará la siguiente nomenclatura:

- Habitación 1: Habitación donde se emitirá el ruido rosa
- Habitación 2: Habitación dónde se medirá la recepción del ruido rosa

Los parámetros medidos durante el ensayo fueron:

- El nivel de presión sonora en las habitaciones 1 y 2 (L_{p1} y L_{p2}). El cual, viene dado por la ecuación:

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_j/10} \right) dB$$

(Ecuación 43)

Intensimetría acústica aplicada al aislamiento sonoro

Donde L_j son los niveles de presión sonora L_1 a L_n en n posiciones diferentes dentro del recinto. Según la norma en la habitación 1 debe medirse el nivel de presión sonora al menos tres veces por cada posición de la fuente. En nuestro caso se realizaron las medidas para dos posiciones de la fuente distintas, en total fueron seis medidas de presión sonora en la habitación 1.

También cabe destacar que el espectro sonoro en el recinto emisor no debe tener diferencias de nivel mayores de 6 dB entre bandas de tercio de octava adyacentes.

- El tiempo de reverberación en la habitación 2 (Trev)

El tiempo de reverberación es el tiempo que tarda el sonido en apagarse completamente.

- El ruido de fondo de la habitación 2 (No es necesario medirlo en la habitación 1, puesto que el ruido de fondo es mucho más bajo que el ruido de rosa y no perturbará a la emisión). (L_{2fondo}). La norma especifica que el ruido en el recinto receptor debe ser al menos 10 dB superior al ruido de fondo, en caso contrario, son necesarias algunas correcciones del entorno acústico.

Una vez obtenidos los parámetros anteriores, se procede al cálculo del índice de reducción sonora aparente (R) y a la diferencia de niveles (D).

Previamente es necesario obtener el valor de presión sonora real en la habitación 2 restando el ruido de fondo según la ecuación:

$$L_{FINAL} = 10 \text{LOG} \left(10^{\frac{L_{p2}}{10}} - 10^{\frac{L_{p2fondo}}{10}} \right)$$

(Ecuación 44)

Ahora se calculan los valores de aislamiento D y R. Ambos parámetros se calcularían con las ecuaciones vistas 32 y 33 vistas en los apartados anteriores.

$$R = 10 \log \frac{W_1}{W_2} = L_{p2} - L_{p1} + 10 \log \frac{S_p}{A_2}$$

(Ecuación 32)

$$D = L_{p1} - L_{p2}$$

(Ecuación 33)

S_p sería la superficie de la pared de aislamiento. Y el valor de A_2 vendría dado por la ecuación del tiempo de reverberación:

Intensimetría acústica aplicada al aislamiento sonoro

$$T_{rev} = 0,16 \frac{V}{A_2}$$

(Ecuación 45)

Sustituyendo en esta ecuación el valor del tiempo de reverberación y el valor de V (el volumen de la habitación), se obtendría el valor de A_2 . Con estos datos, ya se calculan los valores de R y de D para las diferentes bandas de octava. ⁽¹⁵⁾

Para el cálculo de los valores globales, se atiende en el siguiente apartado a la norma ISO 717-1. ^{(23) (24)}

5.2 EVALUACIÓN DE AISLAMIENTO EN LOS EDIFICIOS Y DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN . NORMA ISO 717-1

Los valores calculados en la norma anterior se comparan con valores de referencia a las frecuencias de medición en el rango de 100 Hz a 3150 Hz para bandas de tercio de octava y de 125 a 2000 Hz para bandas de octava.

Para valorar los resultados frente a las normas internacionales ISO 140-3, ISO 140-4, ISO 140-5, ISO140-9 e ISO 140-10 en bandas de octava con precisión de 0,1 dB, se desplaza la curva de referencia en saltos de 1 dB hacia la curva medida hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea lo mayor posible, pero no mayor de 10 dB.

Se produce una desviación desfavorable en una determinada frecuencia cuando el resultado de las mediciones es inferior al valor de referencia. Sólo se consideran las desviaciones desfavorables.

El valor, en decibelios, de la curva de referencia a 500 Hz, después del desplazamiento, de acuerdo con este procedimiento, es el valor de R_w o del aislamiento bruto, según los datos de la curva empleados. ⁽²⁵⁾

Una vez calculado este valor, se calculan los coeficientes espectrales, C y C_{tr} . Dichos coeficientes están basados en dos espectros en los rangos de frecuencia anteriormente citados. ⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾

C se refiere al aislamiento de la pared para un ruido rosa y C_{tr} se refiere al aislamiento de la pared para un ruido de tráfico urbano. Para calcular estos coeficientes se precisan las siguientes ecuaciones:

$$C = X_{A1} - D_i \quad (\text{Ecuación 46}) \quad X_{A1} = -10 \text{LOG} \sum 10^{(C_i - D_i)}$$

(Ecuación 48)

$$C_{tr} = X_{A2} - D_i \quad (\text{Ecuación 47}) \quad X_{A2} = -10 \text{LOG} \sum 10^{(C_{tr_i} - D_i)}$$

(Ecuación 49)

Intensimetría acústica aplicada al aislamiento sonoro

El término de D_i hace referencia a los coeficientes de aislamiento anteriores calculados para cada tercio de banda de octava. Los términos C_i y C_{tri} son valores de referencia del espectro de nivel sonoro. En la tabla siguientes aparecen para las bandas de octava.

f(Hz)	C_i	C_{tri}
125	-21	-14
250	-14	-10
500	-8	-7
1000	-5	-4
2000	-4	-6

Tabla 2. Valores de C_i y C_{tri} de las bandas de octava.⁽²⁴⁾

Los valores de los coeficientes espectrales se redondean sin decimales. Una vez calculados estos valores, el resultado suele expresarse de la siguiente forma:

$$R_w(C; C_{tr})$$

Y los valores de la curva de referencia R_w son los siguientes:

f(Hz)	Valor Referencia
100	33
125	36
160	39
200	42
250	45
315	48
400	51
500	52
630	53
800	54
1000	55
1250	56
1600	56

Intensimetría acústica aplicada al aislamiento sonoro

2000	56
2500	56
3150	56

Tabla 3. Valores de referencia de aislamiento de las bandas de tercios de octava.⁽²⁵⁾

Todos los cálculos descritos hasta ahora, en nuestro caso, fueron llevado a cabo por el software del programa dBBATI.

5.3 ENSAYO DE AISLAMIENTO POR MEDIDAS DE INTENSIDAD ACÚSTICA. NORMA ISO 15186-2

El procedimiento de ensayo de la norma ISO-15186 consiste en la medición del nivel de presión sonora medio en el recinto emisor (L_p) y del nivel de intensidad sonora medio en una superficie de medición en el recinto receptor (L_i) para analizar el aislamiento entre las dos habitaciones.

Al igual que anteriormente, en definitiva se pretende medir la potencia sonora, pero esta vez, con medidas de intensidad. Sin embargo, en este caso la potencia emisora no se puede evaluar con medidas de intensidad, por lo que se recurre a medidas de presión.

La medición de L_p se realiza de acuerdo a los procedimientos de la norma 140-4 descritos en el apartado anterior.⁽¹³⁾

La medición de los niveles de intensidad puede realizarse de dos formas: por puntos o por barrido.⁽²¹⁾

5.3.1 MEDICIÓN POR PUNTOS.

Esta metodología consiste en básicamente en realizar medidas con la sonda en una distribución discreta de puntos. Esta forma tiene como ventaja, que proporciona mayor facilidad a la hora de repetir los ensayos, ya que se señalan o marcan los puntos exactos donde se realizan las medidas de manera que una medida se hace exactamente igual a la siguiente, hay menos parámetros a controlar y que, por tanto, puedan perjudicar a la medida.

Su inconveniente es que, requiere de una preparación más compleja y más lenta ya que, en cada medida se necesita la colocación exacta de los micrófonos en los puntos donde se quiera medir. Según la bibliografía, la medición por puntos es más sensible a la distancia de medición.^{(9) (11)}

5.3.2 MEDICIÓN POR BARRIDO

Para la realización de estas medidas, se mueve la sonda de intensidad continuamente a lo largo de trayectorias definidas, sobre cada segmento de la superficie de medida seleccionada. Se regula el instrumento de medida, para obtener la medida temporal de la intensidad acústica y de la presión acústica, sobre la duración total de un barrido sobre un segmento. Se efectúa la operación de barrido de manera que la trayectoria especificada de barrido sea seguida con precisión, que el eje de la sonda se mantenga perpendicular a la superficie de medida en todo momento, y que la velocidad de movimiento de la sonda sea uniforme. Según la norma, dicha

Intensimetría acústica aplicada al aislamiento sonoro

velocidad debe estar entre 0,1 y 0,3 m/s y la duración del barrido no debe ser menor de 20 s. La distancia de medición debe estar entre 0,1 y 0,3 m.

Es importante que durante el barrido manual, el operador no permanezca enfrente del segmento que está siendo barrido, sino a un lado de forma que su cuerpo no interfiera con la radiación del sonido desde la fuente.

El barrido, puede ser mecánico, lo cual favorece las condiciones descritas en la norma. Sin embargo, para un barrido manual, como en nuestro caso, es imposible que las condiciones se cumplan estrictamente. A pesar de ello, el hecho de que la norma haga mención de estas condiciones en estos términos, nos debe hacer ver que realmente es importante cumplir con las especificaciones citadas, por lo que se debe tener sumo cuidado en la realización del ensayo. ⁽²¹⁾

Las trayectorias seguidas durante el ensayo fueron las que se describen en la siguiente figura:

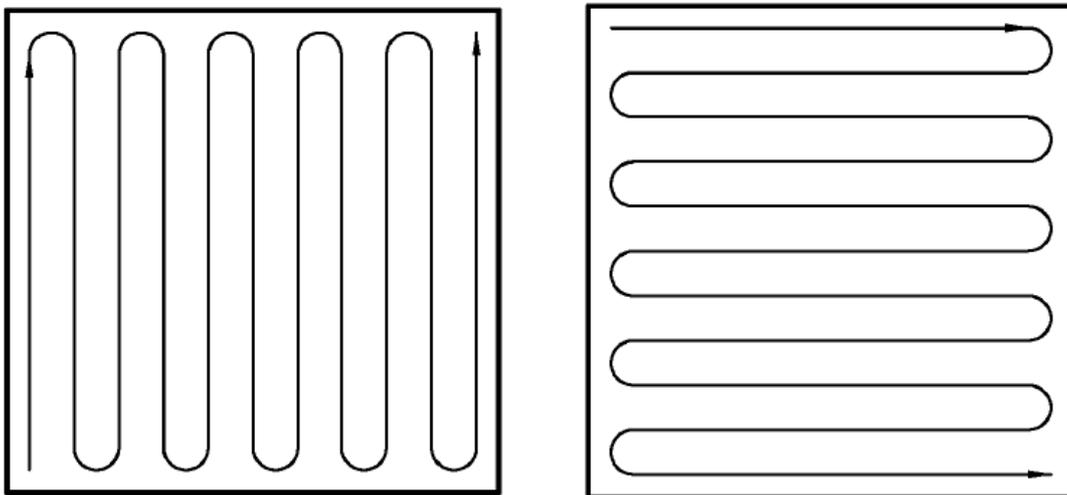
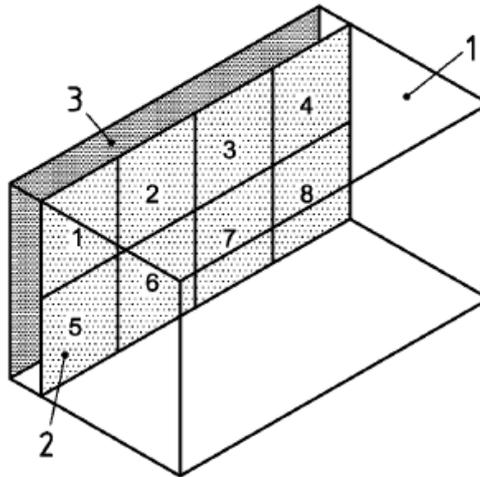


Figura 7. Trayectorias del barrido manual. ⁽⁹⁾

En el presente proyecto, se realizaron tanto ensayos por barrido como ensayos por puntos y se compararon los diferentes resultados obtenidos.

Se procede a continuación a describir la superficie de medición. Dicha superficie debe envolver totalmente al elemento de construcción sometido a ensayo. Se divide la superficie en varias sub-áreas, en cada una de las cuáles se realizan los barridos correspondientes o las mediciones por puntos. En el ensayo de aislamiento, obviamente, la superficie de medición se corresponde con la de la pared de separación entre las dos habitaciones. En la siguiente figura se esquematiza un ejemplo del sistema con ocho sub-áreas de medición:

Intensimetría acústica aplicada al aislamiento sonoro



Leyenda

- 1 Recinto receptor
- 2 Superficie de medición dividida en ocho sub-áreas
- 3 Elemento de construcción sometido a ensayo (zona sombreada)

Figura 10. Superficie de medición dividida en ocho sub-áreas. ⁽²¹⁾

Una vez obtenidos los valores de presión e intensidad, los parámetros a calcular según la norma serían el índice de reducción sonora por intensimetría (R_i), el indicador de presión-intensidad de la superficie (F_{pIn}) y el índice de intensidad-presión residual (δ_{pi0})

Cada uno de ellos viene dado por las ecuaciones anteriormente descritas:

$$R'_I = \left[L_{p1} - 6 + 10 \lg \left(\frac{S}{S_0} \right) \right] - \left[\bar{L}_{In} + 10 \lg \left(\frac{S_M}{S_0} \right) \right]$$

(Ecuación 50)

(NOTA: Esta ecuación se deduce de la número 35 deducida en el apartado anterior)

$$F_{pIn} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{1}{S_M} \sum_{i=1}^M S_{M_i} \times 10^{0,1 \bar{L}_{p_{ij}}} \right] - \bar{L}_{In} \text{ dB}$$

(Ecuación 51)

donde:

L_{p1} : nivel de presión sonora en la habitación emisora

Intensimetría acústica aplicada al aislamiento sonoro

L_{in} : nivel de intensidad sonora medio en la habitación receptora que vendría dado por la ecuación 39 del apartado anterior.

S_M : área total de la superficie de medición (Sumatorio de las áreas de todas las sub-áreas de medición)

S : área del elemento de separación sometido a ensayo o, en el caso de recintos escalonados, esa parte del área común del recinto emisor y receptor

$$S_0 = 1 \text{ m}^2$$

N : Posiciones del altavoz

El indicador de presión-intensidad sirve para calificar el entorno de medición. Un entorno se considera satisfactorio si cumple los siguientes criterios para cada banda de tercio de octava:

$$F_{pIN} < \delta_{pIO} - 7 \text{ dB} \quad \text{Para la muestra de ensayo reflectante}$$

$$F_{pIN} < 6 \text{ dB} \quad \text{Para la muestra de ensayo absorbente}$$

Una muestra de ensayo se considera absorbente si el coeficiente de absorción excede de 0,5.

Según la norma ISO-11654 un material puede considerarse reflectante si su coeficiente de absorción se encuentra entre los valores de 0,1 y 0,05. Los materiales que componen la habitación sometida a ensayo son básicamente: pared de ladrillo, vidrio y madera. Los coeficientes de absorción de cada uno de estos materiales son 0.02, 0.04 y 0.03 respectivamente. Puesto que estos valores están por debajo de los valores anteriores, se considera la habitación reflectante.

Si la intensidad sonora resultase negativa o si no se cumpliesen los criterios previamente descritos es necesario mejorar el entorno de medición aumentando la distancia de medición o añadir material de absorción acústica en la habitación.

Los valores del índice de residual de presión-intensidad vienen dados según la tabla siguiente:

Intensimetría acústica aplicada al aislamiento sonoro

Requisitos mínimos relativos al índice presión-intensidad residual para sondas, procesadores e instrumentos con una separación nominal entre micrófonos de 25 mm, en decibelios

Frecuencia central de la banda Hz	Sonda		Procesador		Instrumento	
	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2
50	13	7	19	13	12	6
63	14	8	20	14	13	7
80	15	9	21	15	14	8
100	16	10	22	16	15	9
125	17	11	23	17	16	10
160	18	12	24	18	17	11
200	19	13	25	19	18	12
250	20	14	26	20	19	13
315	20	15	26	20	19	14
400	20	16	26	20	19	14,5
500	20	17	26	20	19	15
630	20	18	26	20	19	16
800	20	18	26	20	19	16
1 000	20	18	26	20	19	16
1 250	20	18	26	20	19	16
1 600	20	18	26	20	19	16
2 000	20	18	26	20	19	16
2 500	20	18	26	20	19	16
3 150	20	18	26	20	19	16
4 000	20	18	26	20	19	16
5 000	20	18	26	20	19	16
6 300	20	18	26	20	19	16

Tabla 4. Índices residuales de presión- intensidad ⁽⁹⁾

NOTA: Para los requisitos relativos al índice de presión-intensidad residual para separaciones entre micrófonos distintas a 25 cm, añadir $10\log(x/25)$ donde x es la separación entre micrófonos en milímetros a las cifras, en decibelios de la tabla.

Para nuestro caso se escoge la columna de la sonda clase 1 y puesto que tenemos una separación distinta a 25 mm, añadimos $10\log(x/25)$ a los datos que vienen en la tabla, donde x sería 18 mm.

Por último a la ecuación 50 del índice de reducción sonora es necesario añadirle el coeficiente K_c para comparar los resultados de intensidad con los obtenidos con medidas de presión de la norma 140-4. Dicho coeficiente viene dado por la ecuación 42:

$$K_c = 10 \log W_c = 10 \log \left(1 + \frac{S_r \lambda}{8V} \right)$$

Una vez obtenidos estos valores, se añadirían en la ecuación 49 para calcular el aislamiento. ⁽²¹⁾