

ESTUDIO DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE AISLAMIENTO POR LA PRESENCIA O AUSENCIA DE UN OPERADOR EN EL RECINTO, SIGUIENDO LOS PROCEDIMIENTOS DESCRITOS EN LA NORMA ISO 16283-1

Fernández Gimeno, Jorge; Sánchez Mestres, Sebastián.
Hottinger Brüel & Kjaer Ibérica, Teide 5, San Sebastián de los Reyes, España, 916590820,
info.ES@hbkworl.com.

Palabras Clave: barrido manual, ISO 16283, aislamiento, sonómetro

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate possible differences in the results of isolation tests produced by the presence or absence of an operator in the test enclosures and also any differences produced by a "manual scanning microphone" compared to measurements traditionally obtained using fixed microphone positions. A study will be carried out in different volumes of enclosures and with some of the manual sweeping methods.

RESUMEN

El objetivo de este estudio es investigar las posibles diferencias en los resultados de los ensayos de aislamiento producidas por la presencia o ausencia de un operador en los recintos de ensayo y también cualquier diferencia producida por un "micrófono de barrido manual" en comparación con las mediciones obtenidas tradicionalmente utilizando posiciones de micrófono fijas. Se realizará un estudio en distintos volúmenes de recintos y con algunos de los métodos de barrido manual.

1. INTRODUCCIÓN

Los nuevos métodos de barrido manual propuestos por la normativa ISO 16283, como alternativa a las medidas de punto fijo, han despertado suficiente interés en la mayoría de los usuarios debido a la reducción de tiempos de medida, así como la simplificación del proceso de adquisición. También elimina la necesidad de llevar un trípode para el sonómetro y el procedimiento de cambio de posiciones.

Lo que representa una ventaja, por requerir un menor número de medidas y menor tiempo en la configuración del espacio, podría ser un problema por el hecho de un muestreo menor del espacio. Es por ello por lo que en este trabajo hemos comenzado un estudio comparativo entre los distintos procedimientos dentro de un recinto único. Aprovechando la nueva instrumentación, como es el sonómetro HBK 2255, de menor peso que otros equipos existentes, y con accesorios tales como una varilla de extensión, hemos iniciado una serie de ensayos con los que podamos tener información real sobre cómo de recomendable es el método de barrido.

Así mismo, trataremos de identificar algo que se demuestra en otros estudios, como es la mayor repetibilidad del ensayo por barrido, sobre todo a bajas frecuencias.

1.1. Descripción de los ensayos

Las mediciones de nivel sonoro mediante barrido manual se indican explícitamente en la serie de normas ISO 16283 para la medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios, con requisitos específicos distintos al método de posiciones de micrófono fijo y de movimiento continuo mecanizado.

Los equipos de medida, tradicionalmente pensados para ser usados sobre trípode, deben evolucionar para permitir realizar de forma cómoda y eficiente este tipo de mediciones, sin complicaciones añadidas, como por ejemplo cables de extensión o accesorios inmanejables.



Figura 1 – configuración típica en medidas de aislamiento acústico mediante barrido manual

Las mediciones de barrido manual se realizan moviendo el micrófono a través de una trayectoria predefinida con el brazo extendido. Cada exploración debe realizarse de manera lenta y suave durante, como máximo, 20 grados por segundo en el barrido en forma de círculo. Para una prueba típica de aislamiento acústico aéreo, se requiere un total de cinco exploraciones: una para cada posición de la fuente en las salas emisora y receptora, más una adicional para el ruido de fondo en la sala receptora. Para un estudio de un edificio que abarque 15 particiones, esto supone más de media hora de tiempo de exploración acumulado, moviendo lentamente el sonómetro con el brazo extendido. Está claro que para esta tarea es deseable un sonómetro ligero de no más de 400 gramos como es el modelo utilizado HBK 2255.

Este sonómetro tiene otra carta en la manga para las mediciones de barrido manual. La norma ISO 16283 define tres trayectorias de exploración para su uso en salas normales: circular, helicoidal y cilíndrica. Tanto la trayectoria circular como la helicoidal requieren que el usuario ajuste la posición de su cuerpo a mitad de trayectoria, y la norma recomienda que el usuario haga una pausa en la medición mientras se reposiciona para minimizar el ruido del operador. Para el barrido cilíndrico no es necesario tal reposicionamiento, pero la norma exige el uso de una barra de extensión para sostener el micrófono. Con la barra de extensión rígida del micrófono del sonómetro, este requisito se cumple a la vez que se mantiene el sonómetro y el micrófono en una sola mano con fácil acceso a los botones de control de la medición.

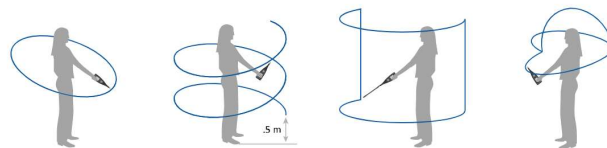


Figura 2 – Técnicas de barrido manual según ISO 16383: círculo, helicoidal y cilindro

Cuando se seleccionan las mediciones de barrido manual en la configuración del proyecto, el número predeterminado de posiciones de medida se ajusta para que coincida, y el tiempo de medición pasa de una duración preestablecida a una ejecución libre, lo que permite detener la

medición cuando haya terminado el barrido, en lugar de al revés. La aplicación también cuenta con un "modo de bolsillo", que le permite realizar mediciones de barrido manual utilizando la interfaz del HBK 2255, al tiempo que recibe una guía de flujo de trabajo enviada desde la aplicación a la pantalla del sonómetro. Cada medición de nivel también incluye un perfil de registro, que le permite ver cómo cambia el nivel con el tiempo durante el barrido, lo que le ayuda a detectar cualquier ruido del operador y a perfeccionar la técnica de barrido.

1.2. Descripción del lugar de medida

Para estos ensayos se utilizó una sala multifuncional de dimensiones 7,60 x 5,48 x 2,74 m. El volumen total del recinto, descontado los volúmenes de los armarios cerrados no absorbentes, es de 110,41 m³, calculado según indica la norma ISO 16283. En este recinto se realizaron los ensayos comparativos de las técnicas de barrido manual y posiciones fijas para poder comprobar la repetibilidad de las mediciones y disponer de mayor espacio para seleccionar los puntos de medida.

Los puntos de medida se seleccionaron a distancias mínimas de 0,7 m entre ellos y alejados de las paredes y fuente sonora de acuerdo con los requisitos de la normativa ISO 16283. En la figura se muestran la numeración de las 51 mediciones, siendo la 0 una posición de referencia posicional que no se utilizó para medir.

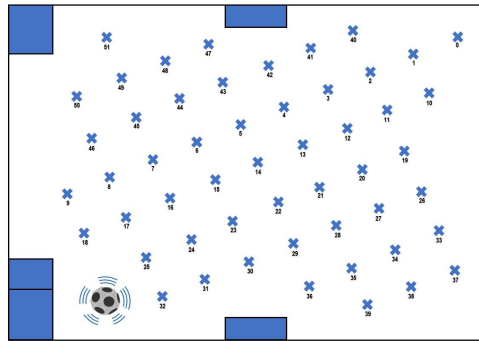


Figura 3 – Disposición de los 51 puntos de medida

Este recinto principal puede ser dividido en dos recintos más pequeños mediante paneles de madera divisorios para realizar ensayos de aislamiento. Las dimensiones de estos dos nuevos recintos son 3,72 x 5,48 x 2,74 m y la segunda sala 3,77 x 5,48 x 2,74 m. Sus volúmenes totales, descontando los volúmenes de los armarios cerrados son 54,8 m³ y 52,9 m³ respectivamente.

La disposición del ensayo fue utilizando dos posiciones de fuente a las distancias, según se indica en la norma ISO 16283, de 0,5 m desde la pared más cercana y objeto cercano. En los ensayos de barrido manual, fueron dos los operadores que usaron trayectorias distintas y realizando ambos dos ensayos.

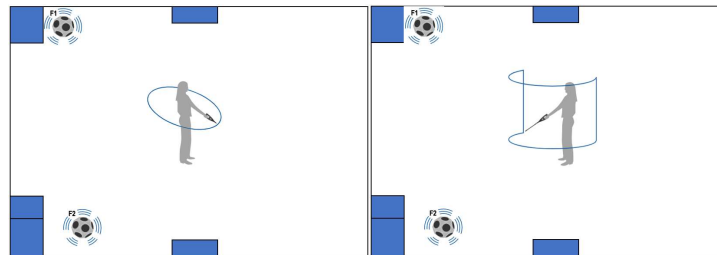


Figura 4 – Técnicas de barrido manual según ISO 16383: círculo y cilindro

Para los ensayos de comparación de la repetibilidad, se muestran únicamente los ensayos en la posición 2 de fuente, para la que se realizaron las siguientes mediciones:

- 51 posiciones fijas repartidas por toda la sala cumpliendo las condiciones indicadas en la norma ISO 16283, cada una a distintas alturas
- 4 ensayos de barrido manual círculo en el centro aproximado de la sala
- 4 ensayos de barrido manual en cilindro en el centro aproximado de la sala

Como se puede observar, los resultados son muy similares, e incluso de mayor repetibilidad en frecuencias bajas.



Figura 5 – Imagen de la sala y operador realizando medida mediante el método manual

1.3. Tablas y figuras

Una de las primeras comprobaciones que quisimos realizar es la variabilidad de 2 mediciones realizadas por el mismo operador en el mismo punto de medida. Los resultados son concluyentes de todos los ensayos realizados. Se comprueba que la repetibilidad es muy alta y aquí mostramos los resultados de esta comprobación:

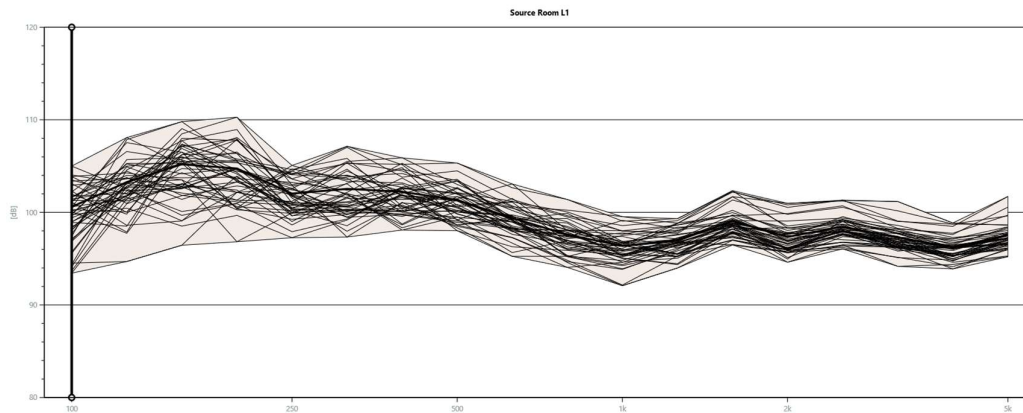
Tabla 1 – Resultados de barrido en círculo

Frecuencia	Operador 1 Fuente 1	Desv Est.	Operador 1 Fuente 2	Desv Est.	Operador 2 Fuente 1	Desv Est.	Operador 2 Fuente 2	Desv Est.
100	101,4	0,2	101,6	0,1	100,6	0,2	102,9	0,2
125	104,2	0,2	103,8	0,1	104,6	0,1	104,1	0,3
160	107,0	0,7	103,3	0,1	106,1	0,4	104,6	0,0
200	102,0	0,6	103,7	0,0	102,1	0,0	104,3	0,0
250	102,4	0,4	101,6	0,2	102,0	0,3	101,9	0,5
315	101,8	0,4	100,9	0,2	102,3	0,2	101,6	0,1
400	101,6	0,3	100,6	0,2	102,0	0,1	101,3	0,2
500	101,6	0,3	100,9	0,1	101,5	0,3	101,0	0,1
630	99,6	0,2	99,0	0,1	99,5	0,1	99,3	0,0
800	97,6	0,1	97,0	0,1	97,7	0,0	97,8	0,2
1 k	96,7	0,2	95,9	0,0	97,0	0,1	96,5	0,0
1,25 k	97,6	0,1	97,1	0,1	97,4	0,0	97,3	0,2
1,6 k	99,4	0,1	99,1	0,1	99,6	0,1	99,4	0,1
2 k	97,6	0,1	97,3	0,0	97,9	0,1	97,7	0,1
2,5 k	99,0	0,1	98,8	0,0	99,3	0,1	99,1	0,0
3,15 k	97,8	0,1	97,5	0,0	98,1	0,0	97,8	0,1
4 k	96,8	0,1	96,4	0,0	97,0	0,1	96,6	0,0
5 k	97,8	0,0	97,6	0,0	98,0	0,1	97,9	0,1

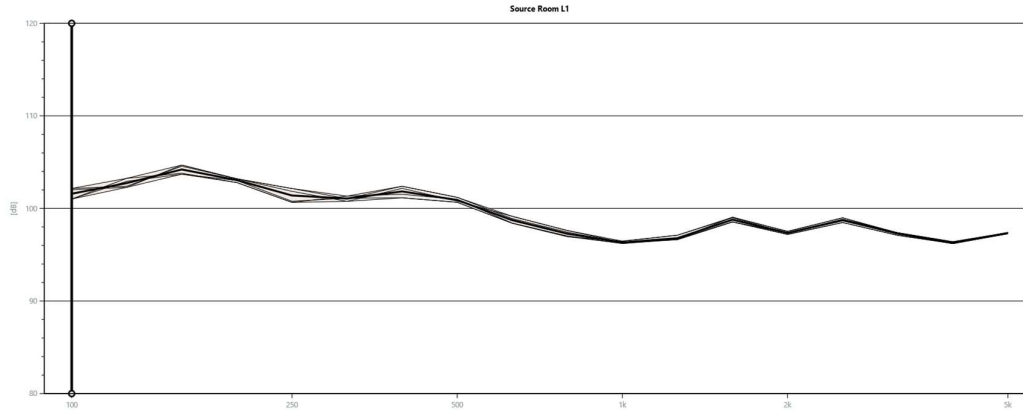
Tabla 2 – Resultados de barrido en cilindro

Frecuencia	Operador 1 Fuente 1	Desv Est.	Operador 1 Fuente 2	Desv Est.	Operador 2 Fuente 1	Desv Est.	Operador 2 Fuente 2	Desv Est.
100	103,4	0,0	101,0	0,0	102,2	0,3	102,1	0,1
125	105,2	0,3	103,01	0,2	105,1	0,1	102,3	0,1
160	107,5	0,2	103,8	0,1	106,7	0,0	104,6	0,1
200	103,2	0,0	102,9	0,1	102,8	0,3	103,2	0,0
250	102,0	0,0	100,7	0,1	102,6	0,2	102,0	0,2
315	103,0	0,2	101,2	0,1	102,6	0,1	100,9	0,2
400	102,9	0,3	101,3	0,2	102,0	0,3	102,3	0,1
500	102,0	0,3	100,8	0,2	101,4	0,1	101,0	0,2
630	101,0	0,3	98,4	0,0	99,7	0,1	99,0	0,1
800	98,3	0,0	97,0	0,0	97,6	0,3	97,5	0,1
1 k	97,4	0,0	96,3	0,1	97,0	0,3	96,3	0,0
1,25 k	98,6	0,0	96,9	0,2	97,8	0,2	96,7	0,0
1,6 k	100,2	0,0	99,0	0,0	99,8	0,1	98,6	0,0
2 k	98,3	0,0	97,4	0,1	98,2	0,2	97,3	0,1
2,5 k	99,5	0,0	98,9	0,1	99,3	0,2	98,6	0,1
3,15 k	98,2	0,1	97,3	0,1	98,0	0,1	97,2	0,2
4 k	97,2	0,0	96,2	0,0	97,0	0,1	96,3	0,1
5 k	98,3	0,0	97,3	0,0	98,1	0,0	97,4	0,0

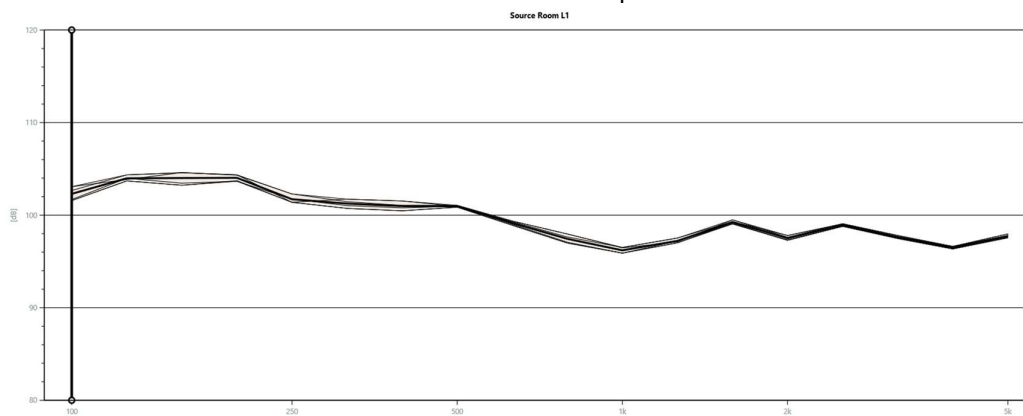
A modo de resumen comparamos los resultados obtenidos en una de las posiciones de fuente (F2) para los 3 métodos de ensayo: posiciones fijas, barrido círculo y cilindro.



Gráfica 1 – 51 mediciones fijas en posición de fuente F2



Gráfica 2 – 4 barridos en círculo en posición de fuente F2



Gráfica 3 – 4 barridos en cilindro en posición de fuente F2

De formar tabular, los promedios y desviaciones estándar obtenidas son:

Tabla 3 – Resultados promedios L1 para posición de fuente F2

Frecuencia	51 posiciones fijas	Desv Est.	4 barridos manuales círculo	Desv Est.	4 barridos manuales cilindro	Desv Est.
100	100,6	2,9	101,6	0,5	102,3	0,6
125	103,3	2,6	102,7	0,4	104,0	0,2
160	105,2	2,9	104,2	0,4	104,0	0,6
200	104,8	2,7	103,1	0,2	104,0	0,3
250	102,3	2,1	101,4	0,7	101,7	0,4
315	102,7	2,4	101,1	0,2	101,3	0,4
400	102,3	1,9	101,8	0,5	101,0	0,4
500	101,4	1,7	100,9	0,2	101,0	0,1
630	99,7	1,8	98,7	0,3	99,2	0,2
800	97,8	1,8	97,3	0,3	97,4	0,4
1 k	96,6	1,8	96,3	0,1	96,2	0,3
1,25 k	97,2	1,6	96,8	0,2	97,2	0,2
1,6 k	99,3	1,6	98,8	0,2	99,3	0,2
2 k	97,5	1,6	97,4	0,1	97,5	0,2
2,5 k	98,7	1,5	98,7	0,2	98,9	0,1
3,15 k	97,4	1,4	97,3	0,1	97,6	0,1
4 k	96,3	1,3	96,3	0,1	96,5	0,1
5 k	97,7	1,4	97,3	0,1	97,7	0,2

2. MEDIDAS DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO

Otro de los objetivos de este estudio era investigar las posibles diferencias en los resultados de los ensayos de aislamiento producidas por la presencia o ausencia de un operador en los recintos de ensayo. Para ello, dividimos la sala para simular una sala emisora y otra sala receptora mediante los paneles de madera de 10 cm de anchura.

2.1. Resultados de los ensayos de aislamiento con la ausencia de un operador

En un primer momento, realizamos el cálculo del aislamiento de la pared separadora mediante el método tradicional de situar el sonómetro en posiciones fijas. Las posiciones de la fuente elegidas fueron 2: cerca de las esquinas de la sala emisora no coincidentes con la superficie de separación. Se tomaron 5 puntos de medición del sonómetro sobre trípode escogidos de los 51 puntos del primer ensayo:

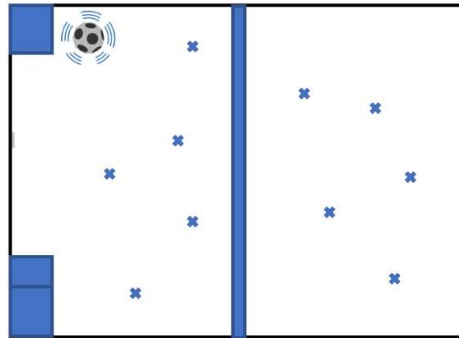


Figura 6 – Disposición del ensayo de aislamiento a ruido aéreo sin la presencia de un operador

Una de las ventajas de la instrumentación utilizada, basada en el sonómetro HBK 2255 y el amplificador de potencia HBK 2755, es que se puede usar de manera completamente inalámbrica desde un smartphone. De esta manera, solo hay que entrar en las salas para mover el sonómetro, pero la medición se puede iniciar a distancia sin que el operador esté en la sala evitando cualquier tipo de influencia en el campo acústico.

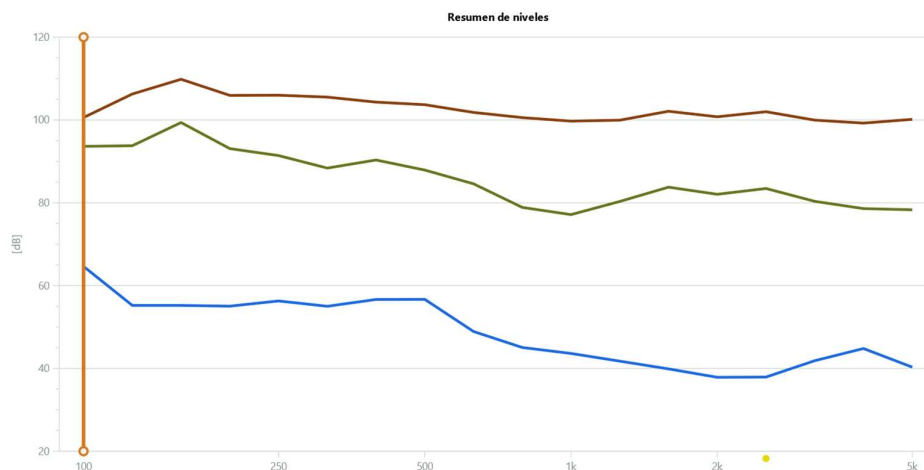


Figura 7 – Resultados del ensayo de aislamiento a ruido aéreo sin la presencia de un operador: L1, L2 y B2

2.2. Resultados de los ensayos de aislamiento con la presencia de un operador

Posteriormente, se realizó el ensayo de aislamiento con la presencia de un operador mediante el barrido manual (círculo).

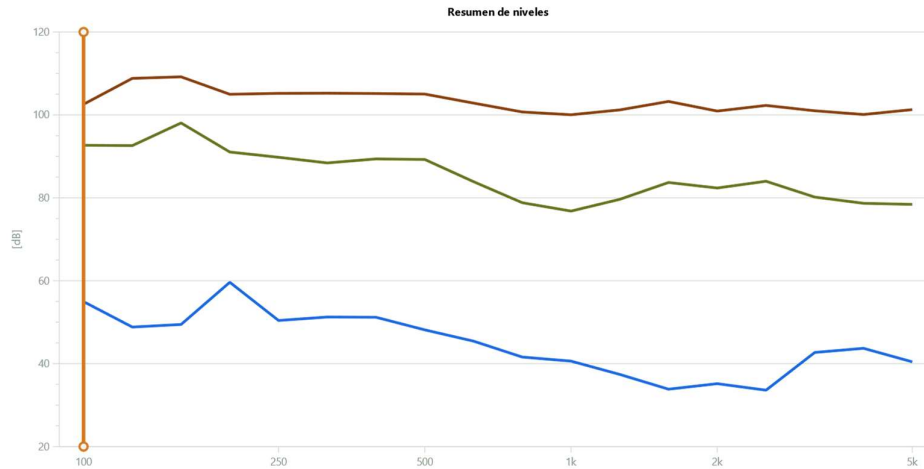


Figura 8 – Resultados del ensayo de aislamiento a ruido aéreo con la presencia de un operador: L1, L2 y B2

Los resultados globales de cada uno de los ensayos se corresponden con un DnTw de 20 dB para el ensayo con barrido manual y de 19 dB en ensayo con posiciones fijas. A continuación, se detallan los resultados por frecuencias para ambos ensayos.

Tabla 4 – Diferencias de resultados entre ensayo de aislamiento sin presencia de operador y con presencia de operador

Frecuencia	DnT ensayo barrido manual	DnT ensayo posiciones fijas	Diferencia
100	11,2	8,9	2,3
125	15,8	11,3	4,5
160	10,4	10,6	-0,2
200	15,7	13,4	2,3
250	15,9	15,3	0,6
315	17,5	17,8	-0,3
400	15,7	15,2	0,5
500	16,1	15,9	0,2
630	20,6	19,3	1,3
800	23,1	23,1	0,0
1 k	24,6	23,5	1,1
1,25 k	22,0	20,3	1,7
1,6 k	19,5	18,8	0,7
2 k	18,1	18,1	0,0
2,5 k	18,4	18,8	-0,4
3,15 k	21,0	20,3	0,7
4 k	21,9	21,4	0,5
5 k	23,2	22,8	0,4

Como se observa en la tabla de resultados, existen diferencias algo mayores en algunas frecuencias, pero hay una uniformidad bastante clara en la mayoría de ellas.

3. CONCLUSIONES

Los nuevos métodos de barrido manual propuestos por la normativa ISO 16283 reducen notablemente los tiempos de medida y simplifican el proceso de adquisición. Aunque este estudio puede ser tomado como un primer paso para verificar la repetibilidad de estos nuevos métodos, sí ofrece ciertas conclusiones preliminares que apuntan a que sus ventajas compensarán en muchas circunstancias los métodos tradicionales que no están exentos de problemas por muestreo inadecuado, número limitado de puntos, posiciones cercanas a determinados elementos, etc.

Mediante este estudio se ha comprobado que los barridos realizados con distintos métodos y distintos operadores proporcionan resultados muy similares, lo que representa una ventaja al poderse realizar ensayos con dos personas distintas para evitar la fatiga de los operadores. Otros beneficios (como la reducción de tiempo y el consiguiente ahorro económico, de recursos y disponibilidad de los espacios) son ventajas que destacan al asumir esta forma de medir.

Además, la comparación entre las medidas con barrido y la presencia del operador, respecto a las medidas en posiciones fijas sin la presencia de éste, no ofrecen apenas diferencias tanto para caracterizar una sala como para calcular el aislamiento de un elemento separador.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del jefe de producto de Hottinger Brüel & Kjaer (HBK), Michael Whiteman, así como de los compañeros que ha participado en la elaboración de los ensayos, Mario Menéndez y Harald Muñoz.

REFERENCIAS

- [1] Iain Critchley MIOA MInstSCE for Peninsular Acoustics (ANC) Philip Dunbavin MSc, FIOA, MIOSH, MSEE, MInstSCE for RDL. An empirical study of the effects of occupied test rooms and a moving microphone when measuring Airborne Sound Insulation, February 2008
- [2] ISO 16283-1:2014, Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation
- [3] ISO 140-4:1998, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building Elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms
- [4] ISO 717-1:2013, Acoustics – rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation
- [5] Manual de Usuario software de Building Acoustics Partner HBK 2255 – Brüel & Kjaer