



GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

-TRABAJO FIN DE GRADO-

ANÁLISIS ACÚSTICO DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE ACUERDO AL DB-HR

Elena Rodríguez Hernández

Tutor: Dra. María Machimbarrena

Universidad de Valladolid, Septiembre 2015.

RESUMEN

En el presente trabajo sobre aislamiento acústico se resumen, en primer lugar, los conceptos básicos para comprender los principios del aislamiento. En segundo lugar, se analiza un edificio de viviendas existente, con aparentes deficiencias de aislamiento, tanto a través de la medición *in situ* como mediante la Herramienta Oficial de Cálculo del DB-HR. Finalmente, se realizan propuestas de rehabilitación acordes a las deficiencias observadas.

PALABRAS CLAVE: Acústica arquitectónica, restauración vivienda, aislamiento acústico.

ABSTRACT

This dissertation deals with sound insulation. Firstly, basic concepts about insulation are explained briefly. Secondly, an existent housing building is analysed in order to test its insulation. Those test consist in both "*in situ*" measurement and software modelling. The software used is the one which is provided as a tool to calculate acoustic insulation according to the Spanish norm CTE DB-HR. Finally, restoration solutions are proposed, always matching the weak points observed in the insulation system.

KEYWORDS: Architectural acoustics, housing rehabilitation, acoustic insulation.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	01
2. CONCEPTOS FÍSICOS PREVIOS	02
2.1. El sonido, definición y características	
2.2. La percepción del sonido	
3. INTRODUCCIÓN AL AISLAMIENTO ACÚSTICO	08
3.1. Definiciones	
3.2. Cuantificación del aislamiento	
3.3. Medida del aislamiento	
4. NORMATIVA VIGENTE	16
4.1. CTE DB-HR	
4.2. Normativa de medida y evaluación del aislamiento	
4.2.1. Procedimiento de medida para ruido aéreo	
4.2.2. Procedimiento de medida para ruido de impacto	
4.2.3. Procedimiento de medida para tiempo de reverberación	
5. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO	22
5.1. Documentación básica del inmueble	
5.2. Metodología	
5.3. Toma de datos y resultados	
5.4. Aplicación herramienta oficial de cálculo del DB-HR	
5.6. Análisis del cumplimiento del CTE con los datos obtenidos y propuesta de solución	
6. CONCLUSIONES	65
7. BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXO: TABLAS DE DATOS	

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Aunque tradicionalmente en el campo de la edificación el aislamiento acústico ha recibido menor atención que algunos otros de los parámetros que garantizan la calidad y el confort de la vivienda, se trata de una materia que está experimentando notables avances. Por ello, se hace cada vez más necesario para el arquitecto el conocer los conceptos básicos sobre acústica y su aplicación arquitectónica, tanto lo relacionado con el acondicionamiento acústico como con el aislamiento. El presente Trabajo de Fin de Grado se centra exclusivamente en el aislamiento acústico, en concreto, en el aislamiento acústico de viviendas.

De manera general, se intenta profundizar en los conocimientos sobre un tema que, si bien de manera breve, ya comenzó a tratarse en el último curso del Grado (en concreto, en la asignatura de "Evaluación y Actuación en Edificios").

- Objetivos específicos:

Se pretende, en primer lugar, conocer y sintetizar los conceptos básicos sobre acústica, el aislamiento acústico en edificación, y la normativa por la que se ve afectado.

El fin último de estos conocimientos previos es el de llegar a aplicarlos a un caso práctico de aislamiento en vivienda, a lo que se llegará mediante la consecución de los siguientes objetivos:

- Por un lado, efectuar la medida del aislamiento acústico *in situ* en un edificio existente.
- Por otro, aprender a utilizar el programa facilitado por el Ministerio como Herramienta de Cálculo del DB-HR para realizar una estimación del aislamiento del mismo edificio. El modelo se validará posteriormente aproximándolo a los datos medidos.
- Finalmente, realizar una evaluación del cumplimiento de la normativa en vigor, realizando, en los casos necesarios, propuestas de mejora para cada esta situación particular en función de las deficiencias observadas.

2. CONCEPTOS FÍSICOS PREVIOS

Antes de centrarnos en las cuestiones que atañen de manera específica a la acústica arquitectónica, resulta conveniente realizar una breve descripción de algunos de los conceptos físicos relacionados con la naturaleza del sonido. En este apartado se pretende por tanto sintetizar algunas de las nociones básicas, a fin de facilitar la comprensión del resto del trabajo.

2.1. El sonido, definición y características

Cuando un cuerpo vibra en un medio elástico (como es el caso del aire), produce una perturbación mecánica que se propaga a través de éste. Esta propagación consiste únicamente en una transmisión de energía, y no de materia, a través de variaciones de presión en el medio. En estos cambios de presión, las partículas del medio se desplazan infinitesimalmente, volviendo después a su posición de equilibrio. El sonido es, por tanto un movimiento ondulatorio, y podemos definirlo como una "onda de presión". Además *"La perturbación, o la onda, se propaga en sentido longitudinal, dado que la velocidad de las partículas tienen la misma dirección que la propagación de la onda"*.

Si tomamos una onda armónica y representamos las variaciones de esta presión sonora en función del tiempo, la propagación de la onda toma forma de función sinusoidal. Por tanto, una determinada onda sonora tendrá, como todo movimiento ondulatorio, las siguientes características definitorias:

- Velocidad: La velocidad de propagación de la onda acústica depende de las características del medio en que se propaga. Dependerá de la densidad y del módulo de compresibilidad¹ (que mide la resistencia que ofrece a la compresión uniforme). La velocidad del sonido en el aire, a temperaturas ordinarias, está en torno a los 340 m/s (variando en función de la temperatura, presión y contenido de humedad).
- Longitud de onda: *"Distancia mínima recorrida en el espacio hasta que la función de onda se repite"* ²

¹ TIPLER, P.A., MOSCA, G. *Física para la Ciencia y la Tecnología, Vol.1. 5ª edición*. Editorial Reverté, Barcelona, 2005. pág.434

² TIPLER, P.A., MOSCA, G. *Física.. Op. Cit.* pág.439

- **Frecuencia:** Número de ciclos completos realizados en la unidad de tiempo. Se mide en Hercios (Hz), que indica el número de movimientos completos que se producen en un segundo. De la definición de los conceptos de longitud de onda (λ) y frecuencia, se deduce fácilmente que la relación entre ambos es de proporcionalidad inversa, y dependerá de la velocidad de propagación de la onda. De esta manera:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1)$$

Donde v es la velocidad de propagación del sonido en el aire y f su frecuencia.

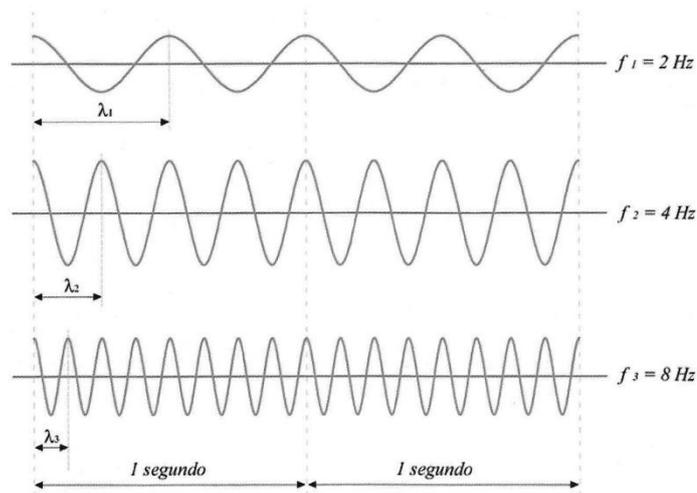


Figura 1. Relación entre longitud de onda (λ) y frecuencia

Fuente: RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J., DE LA PUENTE CRESPO, J. *Guía Acústica de la Construcción*.

- **Periodo:** Inverso de la frecuencia, indica la duración de un ciclo de vibración³.
- **Presión sonora:** Variación de la presión en el medio respecto a la presión atmosférica debida a la presencia de una onda acústica⁴.
- **Nivel de presión sonora:** Medición de la presión sonora mediante una escala logarítmica, y que parte de la necesidad de comprimir la escala de medida, debido a que la alta sensibilidad del oído

³ RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J., DE LA PUENTE CRESPO, J. *Guía Acústica de la Construcción*. Editorial CIE DOSSAT, Madrid, 2006. pág.19,20

⁴ RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J., DE LA PUENTE CRESPO, J. *Guía Acústica...* Op.Cit, pág.23

humano hace que el margen entre el umbral de audición y el umbral de dolor sea demasiado grande para que su contabilización en Pascales resulte comprensible⁵.

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0} \text{ (dB)} \quad (2)$$

Donde P_0 es una presión de referencia, que haremos corresponder con el umbral de audición, de manera que éste coincida con un valor de presión sonora de 0 dB.

- **Intensidad:** Supongamos un foco puntual en un medio elástico e isótropo. En este caso, la propagación del sonido se producirá en las tres dimensiones, en forma de esfera. Al alejarnos del centro, que sería en este caso el foco emisor, la energía se reparte en una mayor superficie. Denominamos intensidad a "la potencia media por unidad de área que está incidiendo perpendicularmente a la dirección de propagación" ⁶.

$$I = P_m / A \quad (3)$$

Así, para un foco puntual:

$$I = P_m / 4\pi r^2 \quad (4)$$

Donde P_m es la potencia media, y A es el Área.

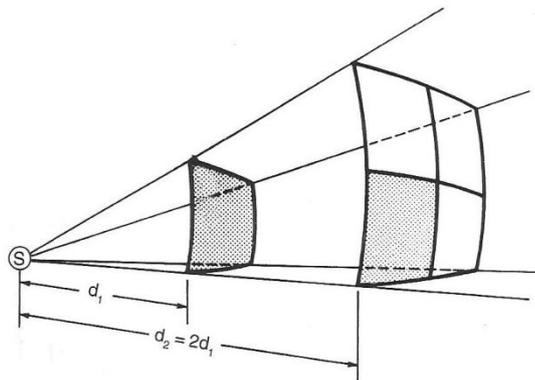


Figura 2. Variación de la intensidad al duplicarse la distancia a una fuente puntual.

Fuente: ARAU, HIGINI, ABC de la Acústica Arquitectónica.

⁵ <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/comite/niveles.htm>

⁶ TIPLER, P.A., MOSCA, G. Física.. Op. Cit. pág.444

- Nivel de intensidad acústica: La percepción de la intensidad sigue, al igual que en el caso de la presión, una progresión logarítmica.

$$L_i = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (dB)} \quad (5)$$

"Donde I es la intensidad física del sonido, e I_0 es un nivel de referencia, que tomaremos como umbral de audición"⁷.

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad (6)$$

Puesto que se trata de una expresión logarítmica, la adición de niveles de intensidad sonora (al igual que ocurre en el caso de los niveles de presión sonora) no puede hacerse de forma directa, sino que los decibelios totales deberán obtenerse mediante la expresión matemática correspondiente.

$$L_t = 10 \log(10^{n_1} + 10^{n_2} + \dots + 10^{n_n}) \quad (7)$$

2.2. La percepción del sonido

Si bien los parámetros anteriores son objetivos y extrapolables a todo movimiento ondulatorio, la percepción que tenemos de la sensación sonora es subjetiva, y no sigue una proporcionalidad directa con respecto a la variación del estímulo.

- Percepción de la frecuencia: El tono

El oído humano es sensible a estas diferencias en la velocidad en que se producen las perturbaciones, que generan una sensación de tono. Es capaz de apreciar sonidos comprendidos entre los 16 y los 20000 Hz⁸. Sin embargo, la percepción tonal no es directamente proporcional a la frecuencia, sino que la sigue una progresión logarítmica.

"Por convención, en acústica arquitectónica en correspondencia a las escalas musicales, se denominan:

⁷ TIPLER, P.A., MOSCA, G. *Física..* Op. Cit. pág.446

⁸ RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J., DE LA PUENTE CRESPO, J. *Guía Acústica...* Op.Cit, pág.30

- Tonos graves: las dos octavas centradas sobre las frecuencias de 125 y 250 Hz.
- Tonos medios: las dos octavas centradas sobre las frecuencias de 500 y 1000 Hz.
- Tonos agudos: las dos octavas centradas sobre las frecuencias de 2000 y 4000 Hz."⁹

- Percepción de la sonoridad: Curvas isofónicas

Para una misma intensidad, la sensibilidad del oído humano es mayor en los rangos de frecuencias medios. Por tanto, para percibir un sonido a igual volumen, necesitaremos intensidades mayores en los rangos de frecuencias extremos. La representación de estas variaciones de sensibilidad da como resultado un diagrama de curvas isofónicas, líneas que, sobre dos ejes que muestran la variación de frecuencias e intensidades, unen puntos en los que se produce una misma sensación sonora.

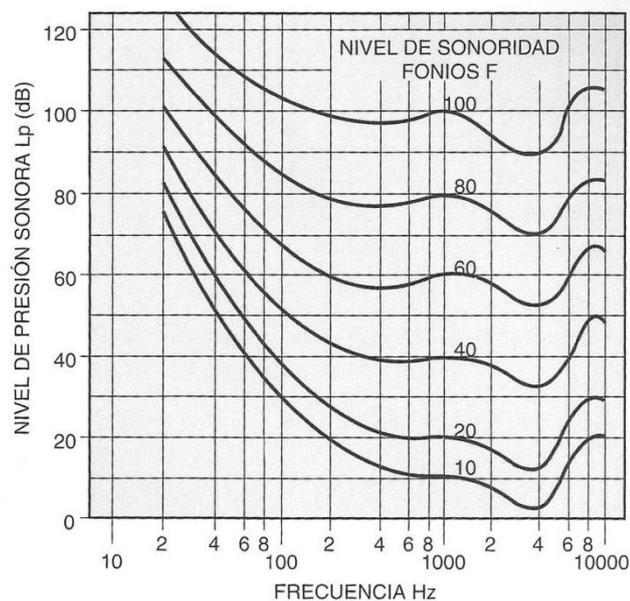


Figura 3. Curvas isofónicas de Fletcher-Munson.

Fuente: ARAU, HIGINI, *ABC de la Acústica Arquitectónica*.

⁹ ARAU, HIGINI, *ABC de la Acústica Arquitectónica*. Editorial CEAC, Barcelona, 1999. pág.12

Al no poder medirse la sonoridad de manera absoluta, se crea la unidad de media del fonio o fon, que "está definido arbitrariamente como la sonoridad de un sonido sinusoidal de 1 kHz con un nivel de presión sonora (intensidad) de 0 dB. Así, 0 dB es igual a 0 fon y 120 dB es igual a 120 fon"¹⁰. De esta manera un sonido o ruido tendrá un nivel de sonoridad de "n" Fonios cuando por comparación resulte equivalente a un sonido de 1000 Hz y "n" dB de presión acústica¹¹.

- Curvas de ponderación: Correcciones que se aplican al nivel de presión sonora con el objetivo de obtener niveles que reflejen la respuesta del oído humano, puesto que la sensibilidad de éste varía con la frecuencia¹². Una de las más utilizadas es la Curva de Ponderación A, que atenúa considerablemente los niveles para las bajas frecuencias, en menor medida los que se corresponden con frecuencias altas, y aumenta ligeramente los niveles para las frecuencias medias, comprendidas entre 1000 y 4000 Hz. La curva A se emplea en estudios de contaminación acústica, mientras que otras curvas de ponderación, como la B o C, son de uso ocasional¹³.

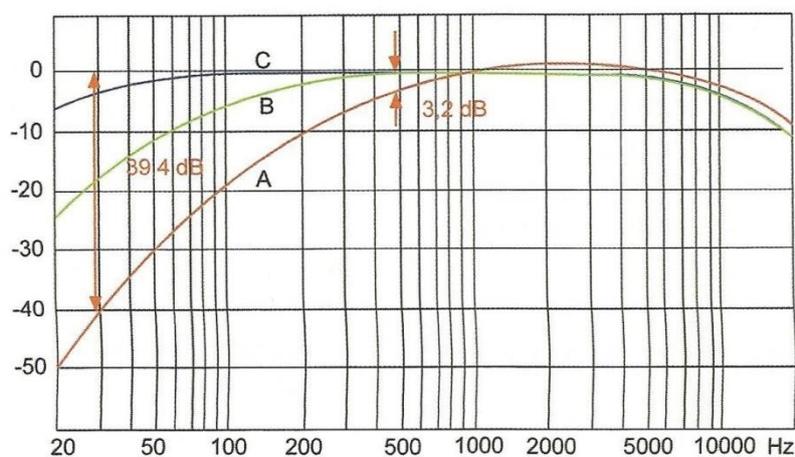


Figura 4. Curvas de ponderación

Fuente: RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J., DE LA PUENTE CRESPO, J. *Guía Acústica de la Construcción*.

¹⁰ <http://www.inasel.com/Acustipedia/Conceptos-generales/Que-es-la-sonoridad-Como-oye-el-oido-humano.html> 10/08/2015

¹¹ MARQUÉS, A., SÁNCHEZ, J.F. *Acústica Arquitectónica Básica*. Gráficas OGGI. Instituto Oficial de Radio y Televisión, Madrid, 1987. pág.33

¹² Guía de Aplicación del DB-HR, Anejo 1, pág.6

¹³ RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J., DE LA PUENTE CRESPO, J. *Guía Acústica...* Op.Cit. pág.32

3. INTRODUCCIÓN AL AISLAMIENTO ACÚSTICO

Aplicada a nuestro campo de estudio, la acústica nos resulta de interés en cuanto a el acondicionamiento de un espacio arquitectónico, y al aislamiento acústico entre dos ambientes diferenciados. El presente trabajo se centra únicamente en lo referente al aislamiento. Los conceptos desarrollados a continuación tienen como objetivo definir y explicar algunos de los términos utilizados en acústica arquitectónica, que serán necesarios para abordar la cualquier trabajo práctico.

3.1. Definiciones

- Recinto emisor y recinto receptor: Al hablar de aislamiento entre dos recintos, consideraremos uno de ellos como *recinto fuente* o *recinto emisor*, y al otro como *recinto receptor*. "El problema esencial consiste en determinar (y/o reducir) los niveles de presión sonora producidos en el recinto receptor debidos a una fuente que actúa en el recinto fuente. El caso más sencillo a considerar es aquel en el que los dos recintos tienen un elemento divisor común: una pared o un suelo/techo"¹⁴.

- Absorción acústica: Al incidir una onda acústica sobre una superficie la energía incidente da lugar a tres componentes: energía reflejada, energía absorbida y energía transmitida¹⁵.

Denominamos absorción acústica a la disminución de la energía que incide en una superficie, al disiparse parte de ella en forma de energía calorífica al ser absorbida por el medio que atraviesa. La absorción acústica en un recinto dependerá de las características de sus superficies, mobiliario, y presencia o no de personas en la sala¹⁶.

- Tiempo de reverberación: En un recinto, la energía reflejada en las paredes se propaga en forma de ondas en todas direcciones, produciendo un nivel sonoro suplementario al nivel del sonido de partida. Este fenómeno se conoce como reverberación.

¹⁴ RECUERO LÓPEZ, M., GIL GONZÁLEZ, C. *Acústica Arquitectónica*. Imprime Izquierdo S.A, Madrid, 1991. pág.292

¹⁵ RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J., DE LA PUENTE CRESPO, J. *Guía Acústica...* Op.Cit. pág.48

¹⁶ Guía de Aplicación del DB-HR, Anejo 1, pág.23.

La mayor o menor reverberación de un recinto no sólo será relevante de cara a su acondicionamiento acústico, sino que también afectará a las medidas de aislamiento en los recintos receptores. Es por ello necesario poder medir la cantidad de reverberación que se produce en un recinto.

El tiempo requerido para que, después de haber cesado la fuente, un sonido en una frecuencia determinada disminuya 60 dB, o bien se reduzca a una millonésima parte de su valor inicial¹⁷.

$$E_0: \text{Energía}(T_r) = 10^{-6} \cdot E_0 \quad (8)^{18}$$

- Campo difuso: De manera ideal se define como un campo sonoro homogéneo, en "el que la densidad de energía es uniforme en todo el espacio"¹⁹, debido a las reflexiones que se producen sobre las paredes del recinto (si bien en la práctica siempre existe disipación de energía). Aunque para las medidas en casos reales se suponen condiciones de campo difuso, no siempre es así, y las condiciones de campo difuso generalmente no se presentan cuando se trata de recintos pequeños y para bajas frecuencias.

- Aislamiento acústico: "Entendemos por aislamiento acústico la protección de una sala contra la penetración de sonidos [...] o ruidos"²⁰ El aislamiento contra la transmisión de ruidos hacia el interior del recinto puede ser de dos tipos:

- a) Aislamiento a ruido aéreo: Aislamiento frente a las fuentes que generan sonido directamente en el aire, sin impacto en sólido, y que puede ser transmitido por vía aérea, por vía estructural o por una combinación de ambos fenómenos físicos.
- b) Aislamiento a ruido de impactos: Aislamiento frente a los sonidos que, producidos sobre un sólido, se propagan a través de la estructura, llegando al oído mediante ondas aéreas²¹.

¹⁷ Guía de Aplicación del DB-HR, Anejo 1, pág.23.

¹⁸ MACHIMBARRENA, M., *Apuntes del Máster en Ingeniería Acústica y Vibraciones*, Universidad de Valladolid y Universidad de León.

¹⁹ MACHIMBARRENA, M., *Apuntes del Máster en Ingeniería Acústica...*

²⁰ RECUERO LÓPEZ, M., GIL GONZÁLEZ, C. *Acústica Arq...* Op. Cit. pág.291

3.2. Cuantificación del aislamiento

- **Cuantificación del aislamiento a ruido aéreo:** Existen diferentes maneras de cuantificar aislamiento. A continuación se definen las más utilizadas en España:

- Índice de reducción acústica sonora, R, es el aislamiento acústico (en dB) de un elemento constructivo empleado como elemento separador (medido en laboratorio), y viene dado por la expresión:

$$R = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{\tau} \right) \quad (9)$$

Donde τ es el coeficiente de transmisión acústica (el cociente entre la potencia transmitida por la muestra, W_t , y la potencia que incide originalmente sobre ella W_i)²².

$$\tau = \frac{W_t}{W_i} \quad (10)$$

El valor R' , índice de reducción sonora aparente, se corresponde con el aislamiento acústico de un elemento constructivo, en este caso, medido *in situ*.

- Diferencia de niveles entre recintos, D, o aislamiento acústico bruto, es la diferencia entre niveles medios de presión sonora del recinto receptor (L_1) y el emisor (L_2).

$$D = L_1 - L_2 \quad (11)$$

- Diferencia de niveles estandarizada, D_{nT} : "Parámetro de aislamiento, también basado en la definición de aislamiento acústico bruto, en la cual el término corrector (encargado de independizar el aislamiento de la solución constructiva de la influencia del sonido reflejado en el local receptor) depende del tiempo de reverberación T en el recinto receptor y de un Tiempo de reverberación de referencia T_0

²¹ MACHIMBARRENA, M., *Apuntes del Máster en Ingeniería Acústica...*

²² ARAU, HIGINI, *ABC...* Op. Cit. pág.115

(normalizado a 0,5 segundos, aproximación al existente en una sala media de una vivienda)".²³

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \text{ dB} \quad (12)$$

- Diferencia de niveles estandarizada en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior, $D_{2m,nT}$: En el caso del aislamiento de recintos frente al ruido exterior, se hace necesario definir un parámetro que relacione el ruido exterior con el que se recibe en el interior²⁴. Tendremos, por tanto, una expresión que cuantifica un aislamiento a ruido aéreo, donde para la obtención de la diferencia de niveles la medida del nivel de ruido exterior se realiza, por convenio, a dos metros de la fachada. Por lo tanto:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \text{ dB} \quad (13)$$

- **Cuantificación del aislamiento a ruido de impacto:**

- Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado, L_{nT} : En el caso del ruido de impactos, no cuantificaremos el aislamiento, sino el nivel de presión de ruido de impacto medido en la sala receptora, ya que la fuente es una máquina de impactos normalizada²⁵. El nivel de presión de ruido de impactos estandarizado añade, al igual que la diferencia de niveles estandarizada D , un término corrector que depende del tiempo de reverberación de la sala T , y un tiempo de reverberación de referencia T_0 de 0,5 segundos, en viviendas.

$$L_{nT} = L_i + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \quad (14)$$

(Donde el subíndice "i" hace referencia a la máquina de impactos)

²³ RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J., DE LA PUENTE CRESPO, J. *Guía Acústica...* Op.Cit. pág.85

²⁴ MACHIMBARRENA, M., *Apuntes del Máster en Ingeniería Acústica...*

²⁵ MACHIMBARRENA, M., *Apuntes del Máster en Ingeniería Acústica...*

- **Evaluación de valores globales**: Aunque el aislamiento (y por tanto las magnitudes mencionadas anteriormente) depende de la frecuencia, y en principio deberían evaluarse los resultados observando todo el espectro, es práctica común expresar los resultados obtenidos mediante un valor único, con el fin de ofrecer una lectura más sencilla.²⁶ Existen diversos procedimientos para transformar los espectros de aislamiento en valores globales, y esto generalmente queda reflejado mediante un subíndice adecuado (w, A, \dots)

- a) Subíndice "w": Índice global ponderado para la valoración del aislamiento de acuerdo al procedimiento normalizado de cálculo de valores globales UNE EN ISO 717-1. Frecuentemente va acompañado de uno o dos "términos de adaptación espectral". Estos valores son términos que corrigen los valores globales en función de las frecuencias predominantes en la fuente de ruido. En aislamiento a ruido aéreo aparecen los términos de adaptación espectral C (ruido rosa) y C_{tr} (ruido de tráfico, que presenta una mayor emisión de frecuencias bajas). En ruido de impacto C_i sirve para evaluar el comportamiento de forjados ante frecuencias bajas.²⁷
- b) Subíndice "A": Subíndice que indica que se ha realizado, en el rango de frecuencias de interés, una ponderación espectral basada en las curvas normalizadas de ruido rosa y de ruido de automóviles, ponderadas A. *"Está demostrado que al sumar los términos de adaptación espectral C y C_{tr} a los valores globales de aislamiento obtenidos por el procedimiento normalizado, los resultados son prácticamente idénticos a los obtenidos cuando se efectúa una ponderación espectral basada en las curvas normalizadas de ruido rosa y ruido de automóviles ponderadas*

²⁶ Guía de Aplicación del DB-HR, Anejo 1, pág.14

²⁷ MACHIMBARRENA, M., RASMUSSEN, B. y FAUSTI, P. *"Evolución del marco normativo internacional en acústica de la edificación"*, IX Congreso Iberoamericano de acústica, FIA2014, Valdivia, Chile.

A, siempre y cuando el rango de frecuencias utilizado en ambos casos sea el mismo".²⁸

ISO 717:2013 Descriptorios para la evaluación in situ del aislamiento acústico	Aislamiento a ruido aéreo entre recintos (ISO 717-1)	Aislamiento a ruido aéreo de fachadas (ISO 717-1)	Nivel de ruido de impacto (ISO 717-2)
Descriptorios básicos (valores numéricos únicos)	R'_{w} $D_{n,w}$ $D_{nT,w}$	$R'_{45,w}$ $D_{2m,n,w}$ $D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$ $L'_{nT,w}$
Términos de adaptación espectral	Sin corrección C $C_{50-3150}$ $C_{100-5000}$ $C_{50-5000}$	Sin corrección C C_{tr} $C_{50-3150}$ $C_{tr,50-3150}$ $C_{100-5000}$ $C_{tr,100-5000}$ $C_{50-5000}$ $C_{tr,50-5000}$	Sin corrección C_I $C_{I,50-2500}$
Número total de descriptorios	$3 \times 5 = 15$	$3 \times 9 = 27$	$2 \times 3 = 6$

Tabla 1. Ofertas de indicadores de aislamiento según ISO 717

Fuente: MACHIMBARRENA, M., RASMUSSEN, B. y FAUSTI, P. "Evolución del marco normativo internacional en acústica de la edificación", IX Congreso Iberoamericano de acústica, FIA2014, Valdivia, Chile.

3.3. Medida del aislamiento

Una vez comprendidos los conceptos y procesos definidos en los apartados anteriores, podremos finalmente abordar la medición *in situ*²⁹. Los datos que tendremos que recoger para medir el aislamiento son los siguientes (la parte de normativa de medida que nos afecta se trata en el apartado 5.1, y el procedimiento se precisa en el 5.2) :

Para ruido aéreo:

- En el recinto emisor, los niveles de ruido emitidos por la fuente para las diferentes frecuencias. Lo denominaremos, de ahora en adelante, "ruido emitido", y aparecerá reflejado en gráficas y tablas de esta manera.

²⁸ MACHIMBARRENA, M., RASMUSSEN, B. y FAUSTI, P. "Evolución del marco normativo internacional..."

²⁹ Los contenidos sobre normativa y procedimiento se detallan en el apartado 4, y la metodología seguida se desarrolla en el apartado 5.2

- En el recinto receptor:
 - a) El ruido presente en la sala antes del encendido de la fuente, aquel que existe debido al tráfico exterior, instalaciones, habitantes del inmueble, etc., y que medimos con el fin de que no interfiera con el cálculo del aislamiento. Se trata del denominado "ruido del fondo".
 - b) El ruido que medimos en el recinto receptor debido a la fuente en el recinto emisor, o "ruido recibido"
 - c) El tiempo de reverberación del recinto, que como hemos visto anteriormente, resulta necesario para el cálculo de los parámetros que cuantifican el aislamiento.

Para ruido aéreo, estas medidas, que realizaremos con un sonómetro, podrán ser tomadas tanto realizando un muestro por puntos fijos como mediante un único barrido. El barrido consiste en realizar una única medida, en la que se desplaza el micrófono de manera uniforme a lo largo de una trayectoria definida. Las diferentes formas de medida por barrido permitidas por la norma son las siguientes:

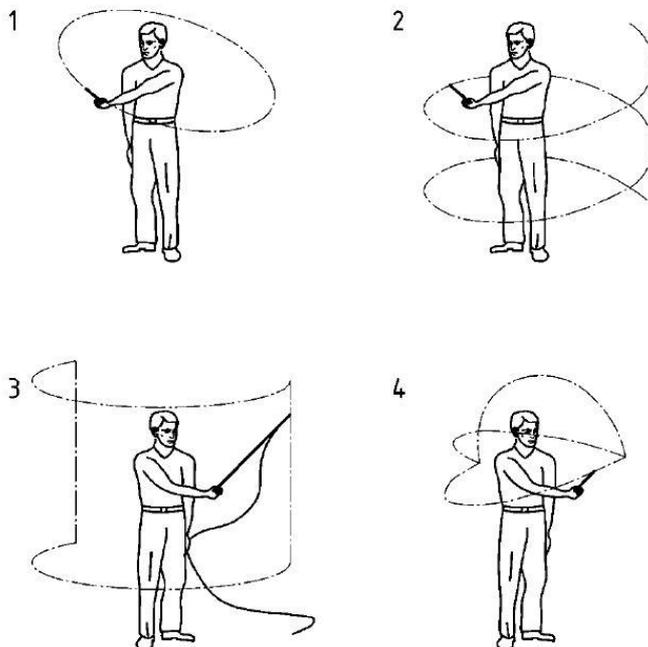


Figura 5. Trayectorias de barrido manual permitidas por la norma UNE EN ISO 16283-1

- 1. Círculo
- 2. Helicoide
- 3. Cilíndrica
- 4. Tres semicírculos

Fuente: UNE EN ISO 16283-1

Para ruido de impactos:

- En el recinto receptor, se miden ruido de fondo y ruido recibido. No es necesario medir el ruido emitido en el recinto emisor puesto que la fuente ya se encuentra calibrada, conociéndose de entrada el ruido que se emite.

En ruido de impactos las medidas se realizarán únicamente por puntos.

Otras consideraciones:

- En el caso del aislamiento a ruido aéreo, la fuente emitirá en ruido rosa o blanco, y será necesario esperar unos segundos tras el encendido de la fuente para que el campo acústico se estabilice. La nueva norma plantea además la posibilidad de realizar medidas adicionales en recintos menores de 25 m³ para ajustar su comportamiento ante bajas frecuencias (bandas de octava de 50, 63 y 80 Hz), para las que no suelen cumplirse las condiciones para generar un campo difuso³⁰ (ver definición de campo difuso en el apartado 3.1). Si bien uno de los recintos medidos presentaba un volumen menor al mencionado, no se ha realizado el procedimiento, y aunque la fuente se ha utilizado con un rango de frecuencias que bajaba hasta los 50 Hz, en el cálculo posterior se han considerado tan sólo frecuencias por encima de los 100 Hz.
- Existe un caso en particular en el que se deben aplicar correcciones a las medidas, y se produce cuando, para una o varias bandas de frecuencia, el nivel de ruido de fondo medido se aproxima al nivel de ruido recibido, siendo la diferencia entre ellos menor de 6 dB. Si bien al trabajar los datos el programa localizó dos o tres situaciones en las que esto ocurría (antes de realizar la media) se ha considerado que el software ha realizado las correcciones pertinentes³¹.

³⁰ <http://www.noisess.com/une-en-iso-16283-1/>

³¹ UNE-EN ISO 16283-1

4. NORMATIVA VIGENTE

Por lo que respecta a la normativa de aplicación, ésta puede clasificarse en dos grupos: la normativa que regula las exigencias básicas en edificación, y la normativa para la medida *in situ* y evaluación del aislamiento acústico.

4.1. CTE DB-HR

En el ámbito nacional, las exigencias básicas en cuanto a aislamiento acústico están reguladas en el CTE DB-HR (Documento Básico de Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación). Este trabajo parte, como indica su propio título, del estudio del cumplimiento de los requisitos establecidos por esta norma. Las siguientes tablas extraídas del DB-HR, resumen las exigencias de aislamiento acústico en edificios residenciales.

L _d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
L _d ≤ 60	30	30	30	30
60 < L _d ≤ 65	32	30	32	30
65 < L _d ≤ 70	37	32	37	32
70 < L _d ≤ 75	42	37	42	37
L _d > 75	47	42	47	42

Tabla 2. Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, D_{2m,nT,Atr}, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d// Fuente: CTE DB-HR

RECINTO EMISOR EXTERIOR A LA UNIDAD DE USO	RECINTOS DE UNA UNIDAD DE USO		
	Recinto receptor		
	Protegido Ruido aéreo, D _{nT,A} (dBA)	Habitable Ruido aéreo, D _{nT,A} (dBA)	
Otros recintos del edificio ⁽¹⁾ si ambos recintos no comparten puertas o ventanas	50	45 ⁹	
si comparten puertas:	Condiciones del cerramiento opaco y de la puerta o ventana R _A (dBA)		
	Puerta o ventana en recinto protegido		Cerramiento opaco
	30	20	50

⁽¹⁾ Siempre que este recinto no sea de instalaciones, de actividad o no habitable
⁽⁹⁾ Solamente si se trata de edificios de uso residencial (público o privado) u hospitalario

Tabla 3. Exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos. // Fuente: Guía de aplicación del DB-HR

RECINTO EMISOR EXTERIOR A LA UNIDAD DE USO	RECINTOS DE UNA UNIDAD DE USO	
	Recinto	
	Protegido Impactos ^(I) $L'_{nT,w}$ (dB)	Habitable Impactos ^(I) $L'_{nT,w}$ (dB)
Otros recintos del edificio ^(III)	65	-

^(I) Esta exigencia no es de aplicación en el caso de recintos protegidos colindantes con una caja de escaleras.
^(II) Siempre que éste recinto no sea de instalaciones, de actividad o no habitable.

Tabla 4. Exigencias de aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos. // Fuente: Guía de aplicación del DB-HR

4.2. Normativa de medida y evaluación del aislamiento

Aquella que regula el procedimiento de medida para la realización de mediciones *in situ*. El procedimiento está regulado por las siguientes normas:

- UNE-EN ISO 140-5: *Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.* 1999.
- UNE-EN ISO 140-7: *Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 7: Medición in situ del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos.* 1999.
- UNE-EN ISO 16283-1: *Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.* 2014.
- UNE-EN ISO 3382-2: *Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.* 2008.
- UNE-EN ISO 717-1: *Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.* 1996
- UNE-EN ISO 717-2: *Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.* 1996

4.2.1. Procedimiento de medida para ruido aéreo:

Las medidas de aislamiento a ruido aéreo se han realizado de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 16283-1, que describe los procedimientos para las mediciones *in situ* del aislamiento acústico en edificios, sustituyendo a la anterior UNE EN ISO 140-4³². Las partes 2 y 3 de esta norma, correspondientes a aislamiento a ruido de impactos y aislamiento de fachadas, respectivamente, se encuentra aún en desarrollo.

Los procedimientos así normalizados se aplican a recintos de volumen comprendido entre 10 y 250 m³, y en un rango de frecuencias de 50 a 5000 Hz (siendo obligatorio un rango de frecuencias entre 100 y 3150 Hz) ³³.

Previamente a la medición deberá comprobarse que la precisión del equipo de medida del nivel de presión acústica cumple con los requisitos de precisión especificados para los instrumentos de clase 1. Esta comprobación se realiza mediante un calibrador acústico, y deberá repetirse tras la medición, permitiéndose entre ambas lecturas una diferencia máxima de 0,5 dB.

Se resumen a continuación las disposiciones más importantes a considerar para la medición:

Tiempo de medida: La duración de las mediciones será de al menos 6 segundos para medidas puntuales, y de un mínimo de 30 segundos en el caso de medidas con barrido³⁴.

Posición de la fuente:

- Puesto que en nuestro caso se utilizará una única fuente (altavoz), ésta deberá colocarse al menos en dos posiciones.
- La distancia entre el centro de la fuente y los bordes del recinto no será menor a 0,5 m, y debe ser de al menos un metro cuando dicho borde es el elemento separador (incluido el suelo, si se trata de recintos superpuestos, caso en el que la altura mínima de la fuente es también de 1m).

³² <http://www.noisess.com/une-en-iso-16283-1/> 29/07/2014

³³ UNE-EN ISO 16283-1, pág.8

³⁴ UNE-EN ISO 16283-1, pág.19

- Las distintas posiciones de fuente deben encontrarse a una distancia mínima de 0,7 m.
- Al menos dos posiciones de fuente deben encontrarse a una distancia mínima de 1,4 m.

Posición del micrófono (sonómetro):

- Para cada posición de fuente se realizarán al menos 5 medidas de ruido emitido, o una sola medida con barrido (siendo ésta última una opción que se plantea por primera vez con esta nueva norma). Los conjuntos de posiciones del micrófono pueden no coincidir para cada posición de fuente, pero deberán distribuirse de manera uniforme en todo el espacio permitido, sin generar retículas regulares ni planos paralelos respecto a los límites del recinto.
- Si se realizan medidas con barrido, deben realizarse en una posición diferente para cada posición de fuente.

Distancias mínimas para la colocación del micrófono:

- Entre la fuente y el micrófono: 1 m
- Entre cualquier posición del micrófono y los límites del recinto: 0,5 m
- Entre posiciones de micrófono: 0,7

4.2.2. Procedimiento de medida para ruido de impacto:

En el caso del aislamiento frente a ruido de impacto, sigue vigente la anterior norma ISO-140-7, a la espera de ser sustituida por la UNE-EN-ISO 16283-2, aún en desarrollo.

Rango de frecuencias mínimo: entre 100 y 3150 Hz

Tiempo de medida: La duración de las mediciones será de al menos 6 segundos para medidas puntuales, y de un mínimo de 30 segundos en el caso de medidas con barrido.

Posición de la fuente³⁵:

- Deberán emplearse al menos cuatro posiciones de fuente.
- La distancia entre el centro la fuente y los bordes del recinto no será menor a 0,5 m.
- Para suelos anisótropos (como es el caso, al tratarse de un forjado de vigas y viguetas), la máquina de impactos deberá colocarse de manera que la línea de cabezas de los martillos forme un ángulo de 45° con la dirección de las vigas.

Posición del micrófono (sonómetro):

- *El número mínimo de medidas utilizando un micrófono fijo es seis, y deberá utilizarse una combinación de al menos cuatro posiciones de micrófono y al menos cuatro posiciones de la máquina de impactos.*

4.2.3. Procedimiento de medida para evaluar tiempo de reverberación de un recinto³⁶:

Para las medidas de los tiempos de reverberación en los recintos receptores, la norma vigente es la UNE-EN ISO 3382-2, parte que se corresponde con la medida del tiempo de reverberación en recintos ordinarios.

Existen dos procesos de medición aceptados por la norma, el "Método de ruido interrumpido" y el "Método de respuesta impulsiva integrada". Nosotros emplearemos el segundo, por lo que todas las consideraciones que se mencionarán a continuación harán siempre referencia a este método.

Método de respuesta impulsiva integrada: Consiste en la generación de un ruido impulsivo, como puede ser un disparo de pistola o cualquier fuente que no sea en sí misma reverberante, y capaz de generar una curva de decrecimiento (caída) de al menos 35 dB sobre el nivel de ruido de fondo de la sala. Para nuestro análisis, realizaremos los "disparos" estallando globos.

³⁵ UNE-EN ISO 140-7, pág.7

³⁶ UNE-EN ISO 3382-2

Condiciones:

- Se permite un número máximo de dos personas en el recinto, puesto que el número de personas puede alterar notablemente el tiempo de reverberación de la sala.
- Número de medidas: Existen tres métodos para la medida del tiempo de reverberación, que difieren entre sí en el número mínimo de posiciones y mediciones. Para nuestra medición tomaremos el llamado "Método de Ingeniería". Empleando este sistema se requieren seis combinaciones diferentes de fuente-micrófono, con al menos dos posiciones de fuente.
- Rango de frecuencias: Tanto para los métodos de ingeniería como de control, deberán cubrirse al menos las frecuencias comprendidas entre los 100 y 5000 Hz para bandas de un tercio de octava.

5. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

El objetivo último de los conceptos previamente expuestos es el de llegar a analizar un caso práctico real de acuerdo a la normativa vigente, con el fin de proponer soluciones de mejora del aislamiento acústico.

Para ello se ha escogido un edificio de viviendas de Valladolid, construido en los años 70 y con aparentes deficiencias de aislamiento. Si bien el Código Técnico es posterior a la fecha de construcción del inmueble y por lo tanto su cumplimiento no resulta obligatorio, resulta interesante comparar el caso planteado con las actuales exigencias de aislamiento, además de permitir la realización de una propuesta de mejora.

El análisis se realizará por un lado de manera experimental, mediante medición *in situ* para aislamiento a ruido aéreo y de impacto, y por otro, a partir de la Herramienta Oficial de Cálculo del DB-HR, para el caso de aislamiento de fachada. Además, en base a los resultados de los casos anteriores se utilizará la Herramienta de Cálculo para proponer una solución de aislamiento en aquellas situaciones en las que el aislamiento presente no cumpla las deficiencias del DB-HR.

5.1. Documentación básica del inmueble:

- Dirección: Calle Nueva del Carmen 15³⁷, Valladolid
- Fecha de proyecto: 1974
- Fecha de construcción: 1975
- Licencia de habitación: 1976
- Descripción tipológica y características básicas: Vivienda entre medianeras con patio interior. Vivienda subvencionada. Inmueble de Planta Baja+6, con un total de 24 viviendas y dos locales. Misma planta tipo en todas las plantas de vivienda.
- Acceso para las mediciones: Las mediciones se han realizado entre viviendas adyacentes (5ºA-5ºB) y superpuestas (6ºA-5ºA).

³⁷ Los documentos gráficos de proyecto y la memoria constructiva se refieren al inmueble con el número 29.



- Memoria constructiva:

Se han extraído de la memoria constructiva original los datos que tienen influencia directa en el comportamiento acústico del edificio:

ESTRUCTURA AÉREA		Pilares y vigas de hormigón armado. Se ha supuesto un forjado de semivigüeta de hormigón y bovedilla cerámica.
PARTICIONES	FACHADA	Media asta de ladrillo macizo y panderete ³⁸ de ladrillo hueco doble, con cámara.
	MEDIANERA	Media asta para enfoscar y panderete de ladrillo, con cámara de aire.
	SEPARACIÓN ENTRE VIVIENDAS	Panderete de ladrillo hueco doble.
	PARTICIONES INTERIORES	Panderete de ladrillo hueco sencillo.
PAVIMENTOS		Originalmente de terrazo, si bien en los espacios en los que se han realizado las mediciones habían realizado cambios, teniendo en todos los casos suelos de madera.

- Documentación gráfica:

Se presentan a continuación la planta tipo y sección del proyecto original.

³⁸ Aparejo en panderete: aparejo de espesor igual al grueso de la pieza.

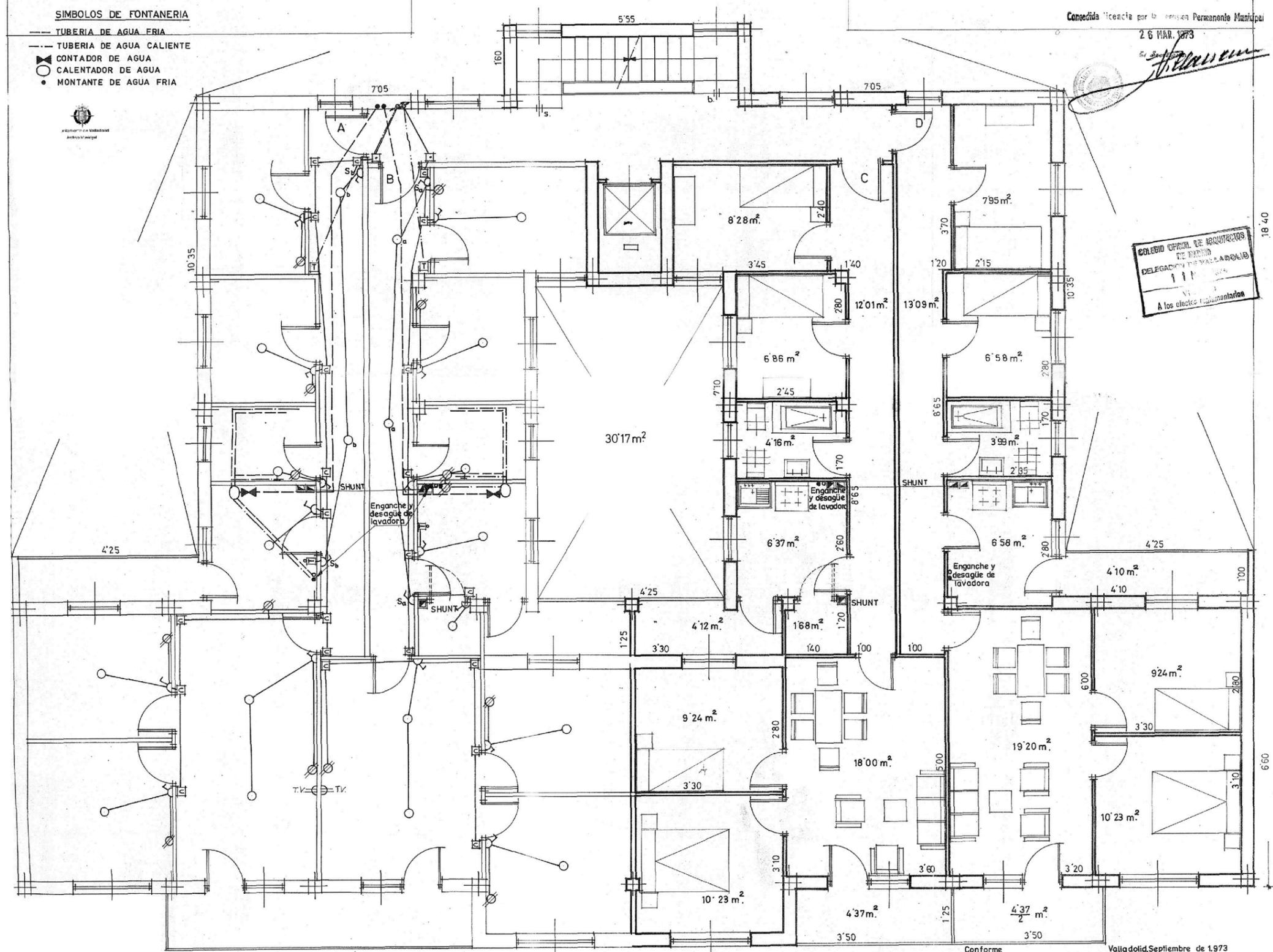
- PUNTO DE LUZ EN PARED.
 - ⊕ TOMA DE CORRIENTE DE 220 V. MONOFASICA.
 - ⊕ TOMA DE CORRIENTE DE 320 V. TRIFASICA.
 - S₁ INTERRUPTOR BASCULANTE. LA LETRA MINUSCULA INDICA EL PUNTO DE LUZ A QUE CORRESPONDE.
 - ⊞ PULSADOR DE TIMBRE
 - ⊞ TUBO ASCENDENTE Y DESCENDENTE.
 - ⊞ TIMBRE O ZUMBADOR.
 - TV TOMA ANTENA VHF-UHF.
 - LINEA TELEFONICA
 - PUNTO DE TELEFONO
- SIMBOLOS DE FONTANERIA**
- TUBERIA DE AGUA FRIA
 - TUBERIA DE AGUA CALIENTE
 - ⊞ CONTADOR DE AGUA
 - CALENTADOR DE AGUA
 - MONTANTE DE AGUA FRIA

S. 276'33 m.²

	SUPERFICIES M2	
	UTIL	CONST.
A - D	83'14	106'69
B - C	85'32	109'49



Concedida licencia por la Comisión Permanente Municipal
26 MAR. 1973



PLANTA TIPO

EDIFICIO DE VIVIENDAS EN CALLE NUEVA DEL CARMEN, 15, VALLADOLID



ESCALA_1.100

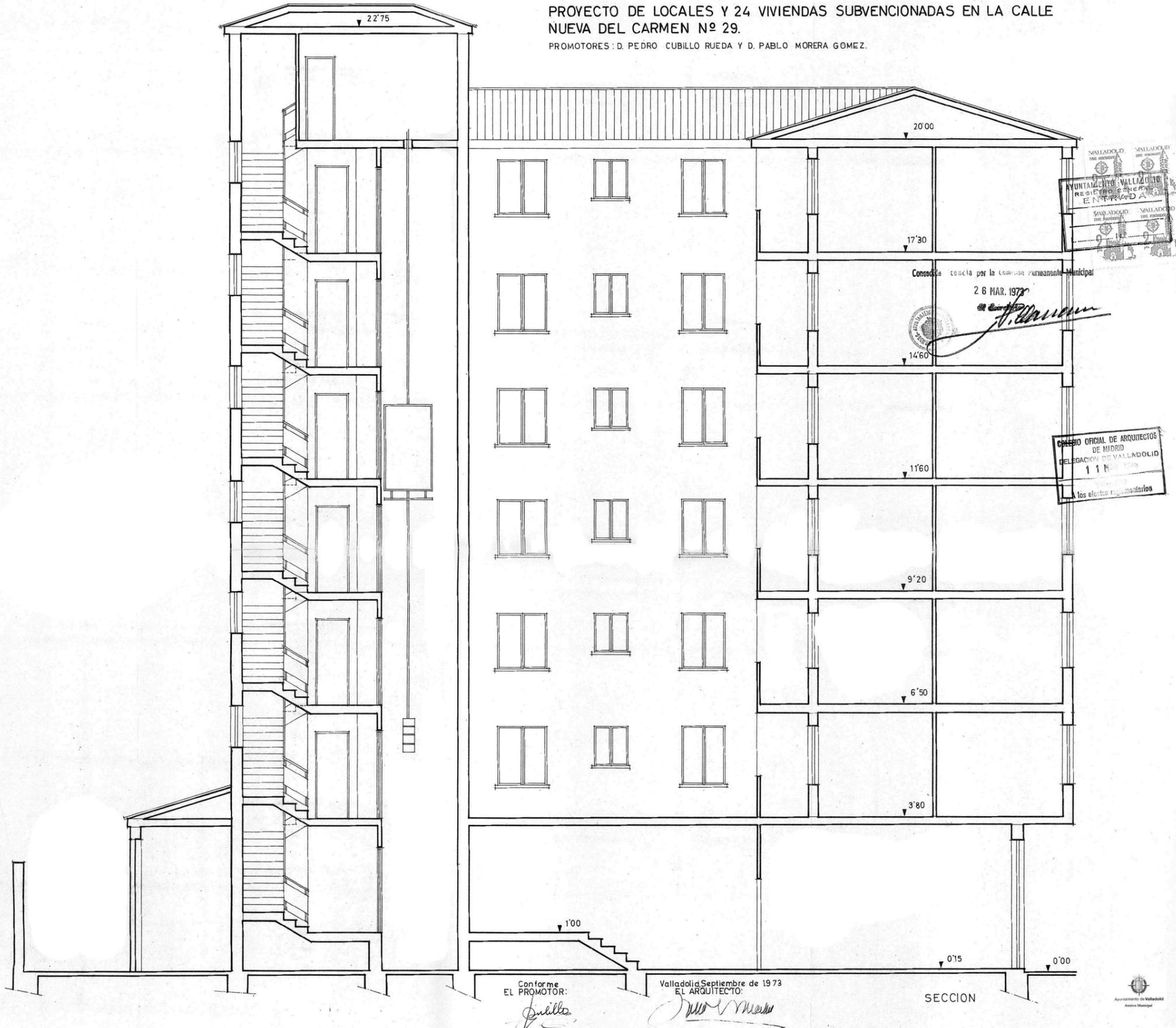
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
TRABAJO DE FIN DE GRADO 2014/2015

ELENA RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ
TUTOR: MARÍA MACHIMBARRENA

Conforme
EL PROMOTOR: *[Signature]*
Valladolid, Septiembre de 1.973
EL ARQUITECTO: *[Signature]*

PROYECTO DE LOCALES Y 24 VIVIENDAS SUBVENCIONADAS EN LA CALLE
NUEVA DEL CARMEN Nº 29.

PROMOTORES : D. PEDRO CUBILLO RUEDA Y D. PABLO MORERA GÓMEZ.



SECCIÓN TRANSVERSAL

EDIFICIO DE VIVIENDAS EN CALLE
NUEVA DEL CARMEN, 15,
VALLADOLID



ESCALA_1.100

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
TRABAJO DE FIN DE GRADO 2014/2015

ELENA RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ
TUTOR: MARÍA MACHIMBARRENA

5.2. Metodología

El tiempo de promediado para cada medida ha sido de 10 segundos, para las medidas en puntos fijos, y de 30 segundos, en el caso de las medidas con barrido.

El rango de frecuencias utilizado abarca desde los 50 a los 5000 Hz, si bien las medidas por debajo de los 100 Hz no siempre serán válidas.

En las medidas tomadas mediante barrido, se ha empleado el siguiente sistema de recorrido en tres semicírculos:



Figura 6. Trayectorias de barrido manual permitidas por la norma UNE EN ISO 16283-1

El procedimiento general ha sido el siguiente:

a) En el recinto emisor:

- Situación de la fuente
- Medidas de ruido emitido (cinco posiciones o un barrido para ruido aéreo, dos posiciones para ruido de impactos)

b) En el recinto receptor:

- Medidas de ruido de fondo y ruido recibido (cinco posiciones o un barrido para ruido aéreo, dos posiciones para ruido de impactos)
- Medidas de tiempo de reverberación

c) Cambio en la posición de la fuente y nueva toma de medidas (dos veces en el caso de ruido aéreo, y cuatro, cuando resultaba posible, para el caso de ruido de impactos).

d) Trabajo de los datos: Los datos obtenidos mediante el sonómetro fueron trasladados al software dBbati, que permite obtener los valores de niveles de presión sonora medidos, así como calcular los valores de aislamiento a ruido aéreo ($D_{nT,W}$) y nivel de ruido de impacto ($L_{nT,W}$) correspondientes.

Los pasos a realizar para la obtención de $D_{nT,W}$ y $L_{nT,W}$ son los siguientes:

1. Para la obtención del aislamiento a ruido aéreo:

- Si se han realizado medidas puntuales, es necesario obtener las medias de ruido emitido, fondo y recibido para cada una de las fuentes de manera independiente. (Si la medida se ha realizado con un solo barrido por tipo de ruido, estos datos son los obtenidos en dichos barridos, de manera directa).
- Hallar la media de tiempo de reverberación del recinto.
- Obtención del $D_{nT,W}$ (para cada una de las fuentes) a partir de las medias de tiempo de reverberación, ruido emitido, fondo y recibido.
- Media de los $D_{nT,W}$ obtenidos en cada fuente para obtener el $D_{nT,W}$ final. Se diferenciarán los datos obtenidos mediante medidas puntuales de los de barrido, obteniendo un valor de $D_{nT,W}$ para cada sistema de toma de medidas. Obtenemos conjuntamente a los datos de aislamiento para cada frecuencia y de aislamiento general un término de adaptación espectral, C , tal que $D_{nT,W} + C$ sirve como aproximación de $D_{nT,A}$, sirviendo como referencia para el siguiente paso.
- Cálculo de la diferencia de niveles estandarizada, ponderada ($D_{nT,A}$), mediante la siguiente expresión dada en el CTE DB-HR:

$$D_{nT,A} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i} - D_{nT,i})/10}$$

Donde los valores de ponderación son los siguientes:

f_i Hz	$L_{A,r,i}$ dBA	f_i Hz	$L_{A,r,i}$ dBA
100	-30,1	800	-11,8
125	-27,1	1000	-11,0
160	-24,4	1250	-10,4
200	-21,9	1600	-10,0
250	-19,6	2000	-9,8
315	-17,6	2500	-9,7
400	-15,8	3150	-9,8
500	-14,2	4000	-10
630	-12,9	5000	-10,5

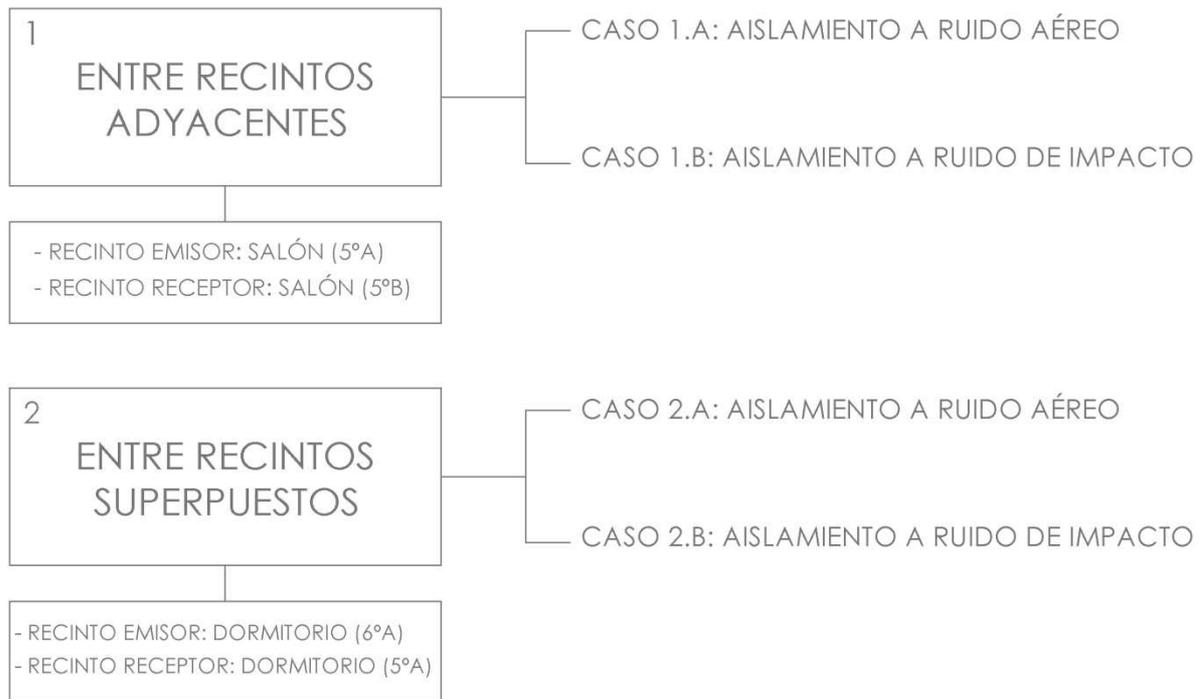
Tabla 5. Valores del espectro normalizado de ruido rosa, ponderado A. //Fuente: CTE DB-HR

2. Para la obtención del nivel transmitido en ruido de impacto:

- Obtener las medias de ruido emitido, fondo y recibido para cada una de las fuentes de manera independiente.
- Hallar la media de tiempo de reverberación del recinto.
- Para impactos, las medias anteriores son suficientes para la obtención directa de $L_{nT,w}$.

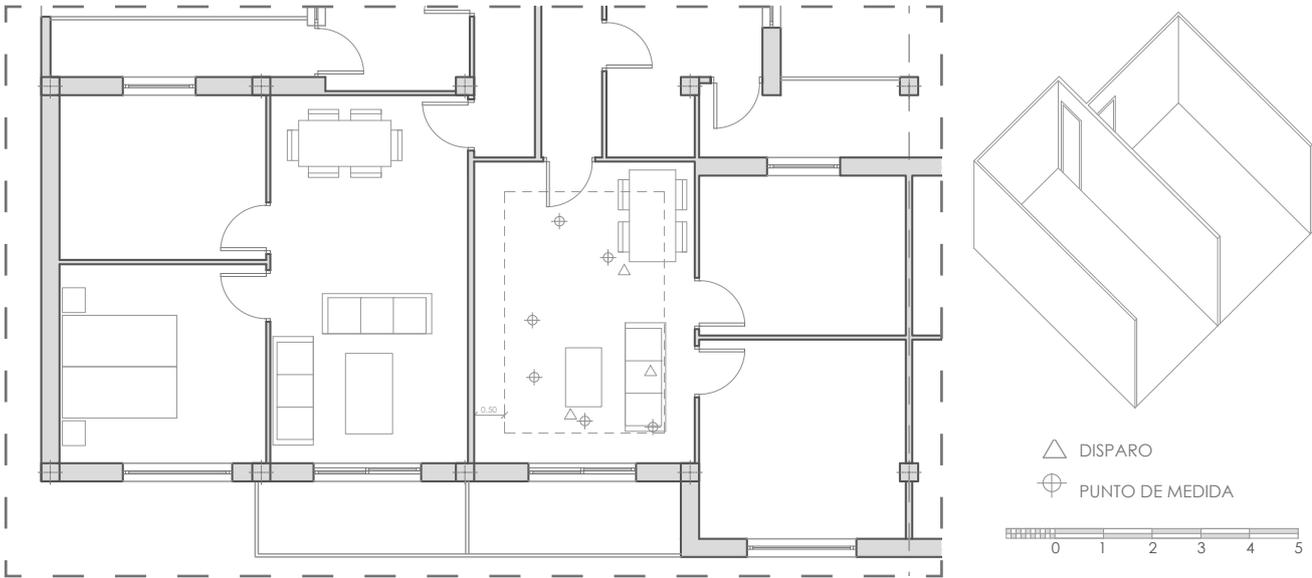
5.3. Toma de datos y resultados

Casos: Se han realizado los siguientes casos, todos en recintos que el CTE-DBHR define como "protegidos":



Se presentan a continuación los resultados obtenidos para cada uno de los casos de estudio anteriormente expuestos. En el Anexo se encuentran los detalles de cada una de las medidas, así como en el CD que acompaña a esta memoria.

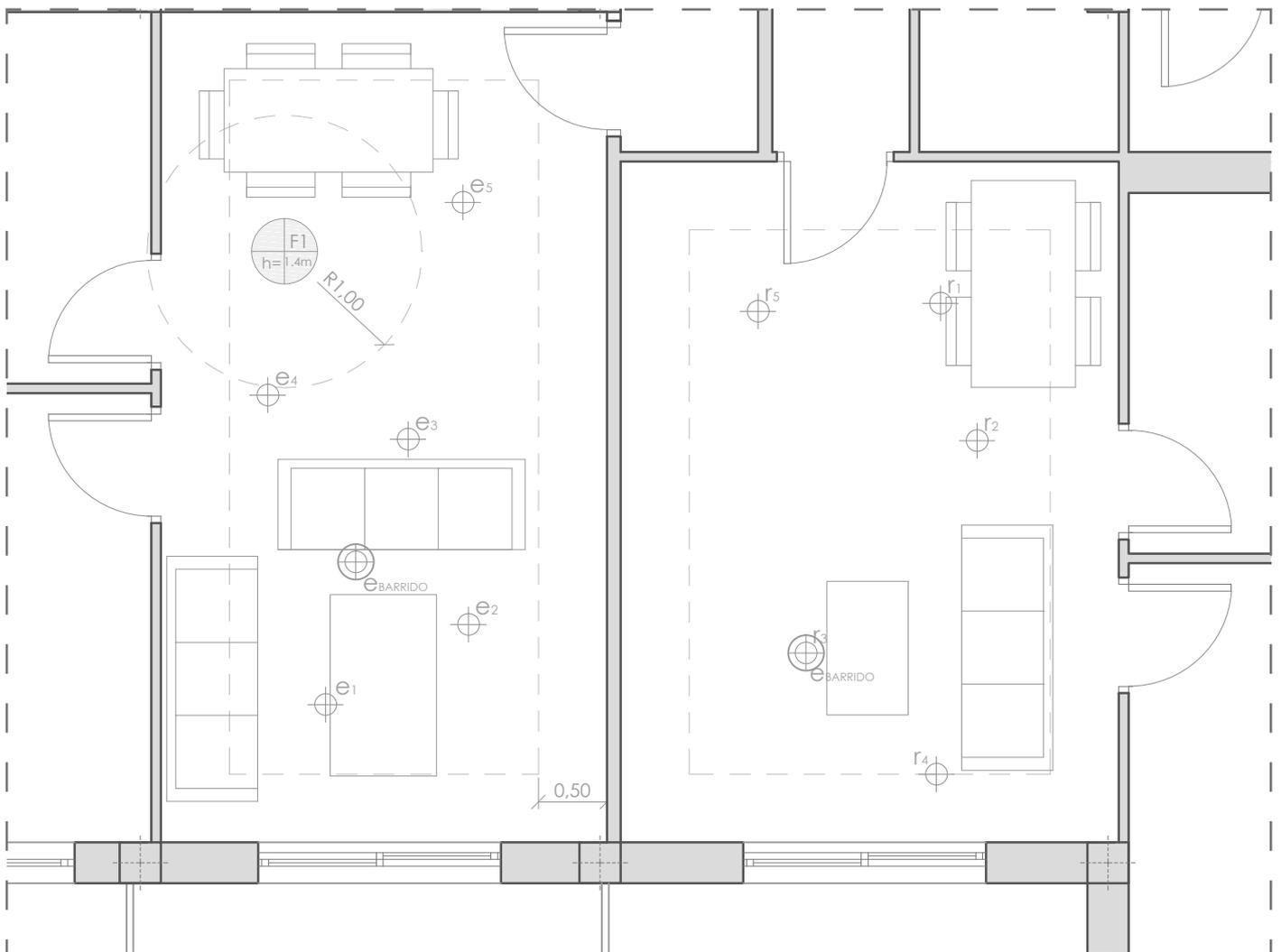
1. RECINTOS ADYACENTES:



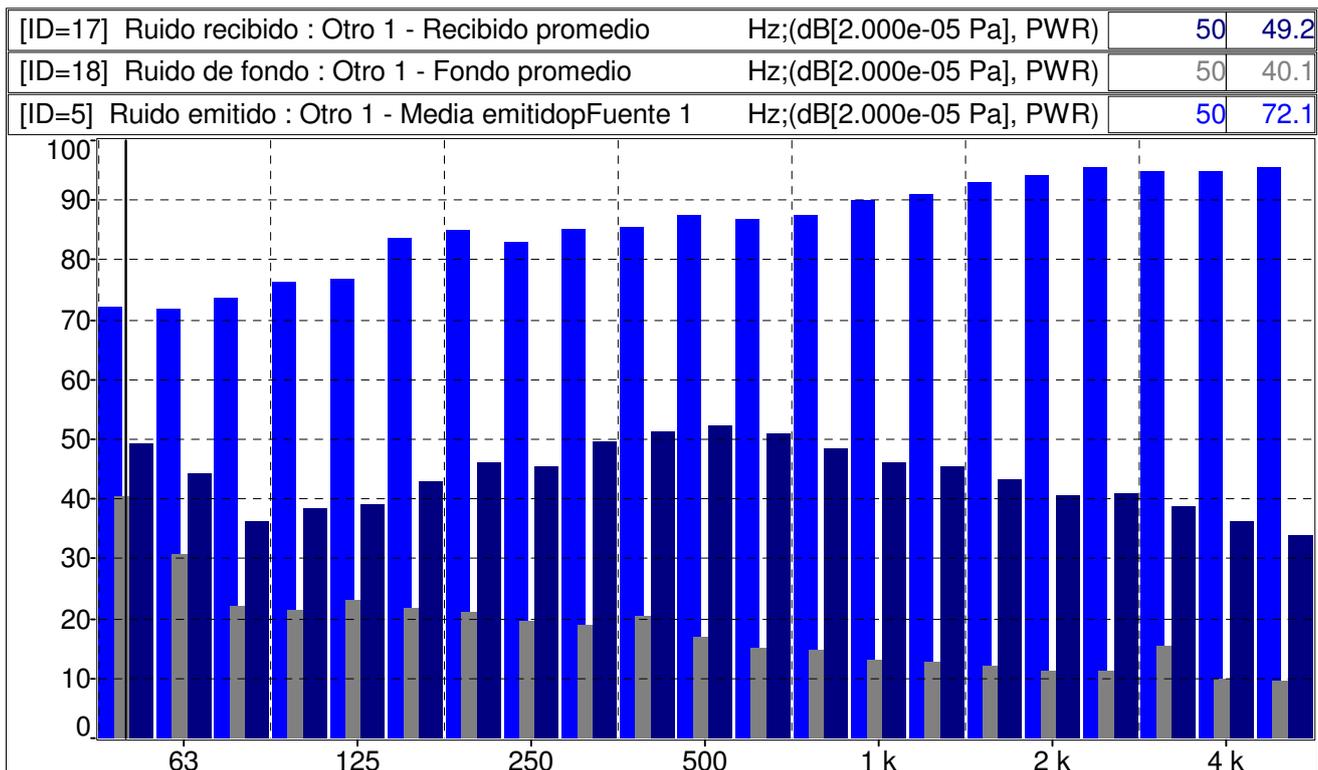
CASO 1.A: AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS ADYACENTES:

Se han realizado medidas tanto puntuales como con barrido, con el fin de probar los métodos de medida alternativos introducidos con la nueva normativa.

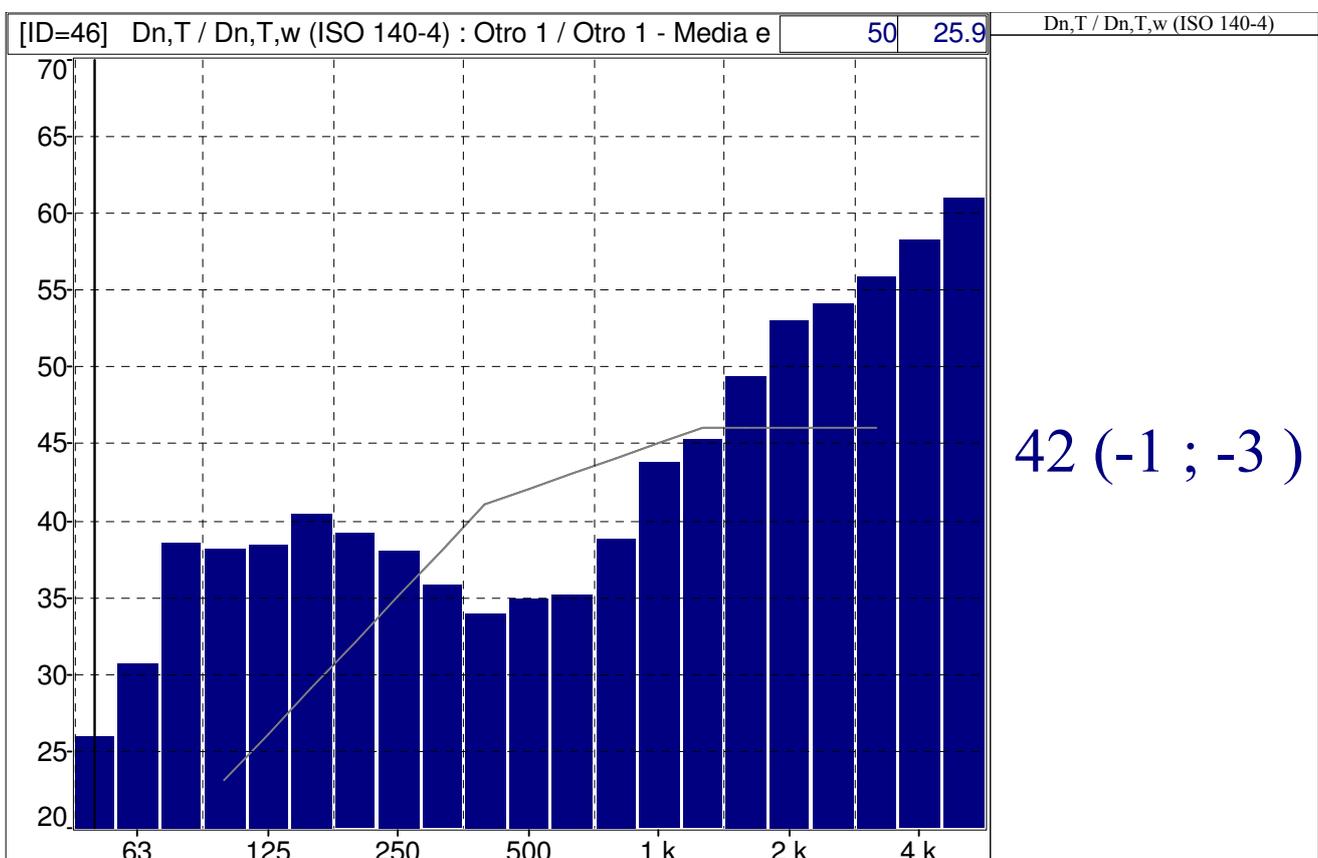
a) Posiciones de medición para posición de fuente 1 (F1):



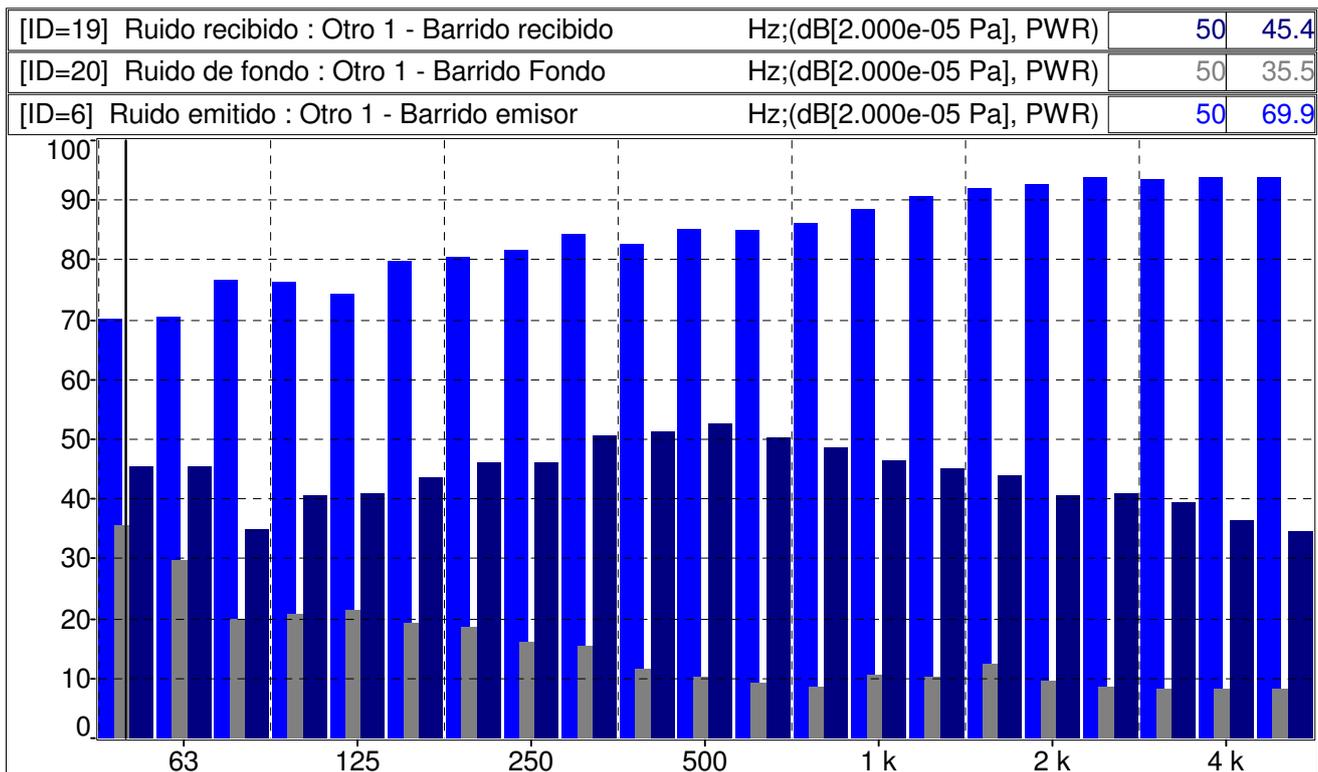
b) Resultados de ruido recibido, emitido y fondo para Fuente 1 (medida por puntos)



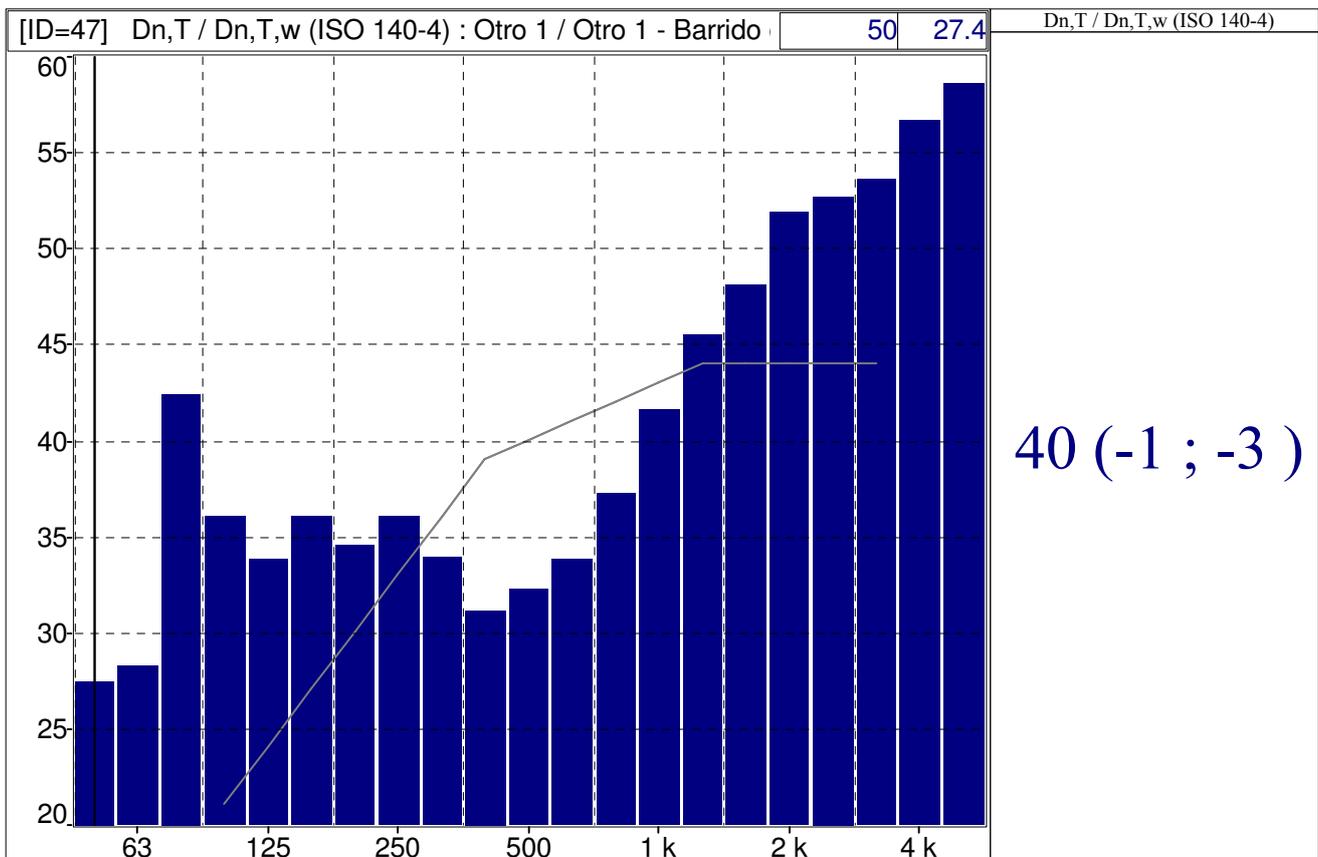
c) Resultados $D_{n,w}$ para Fuente 1 (medida por puntos)



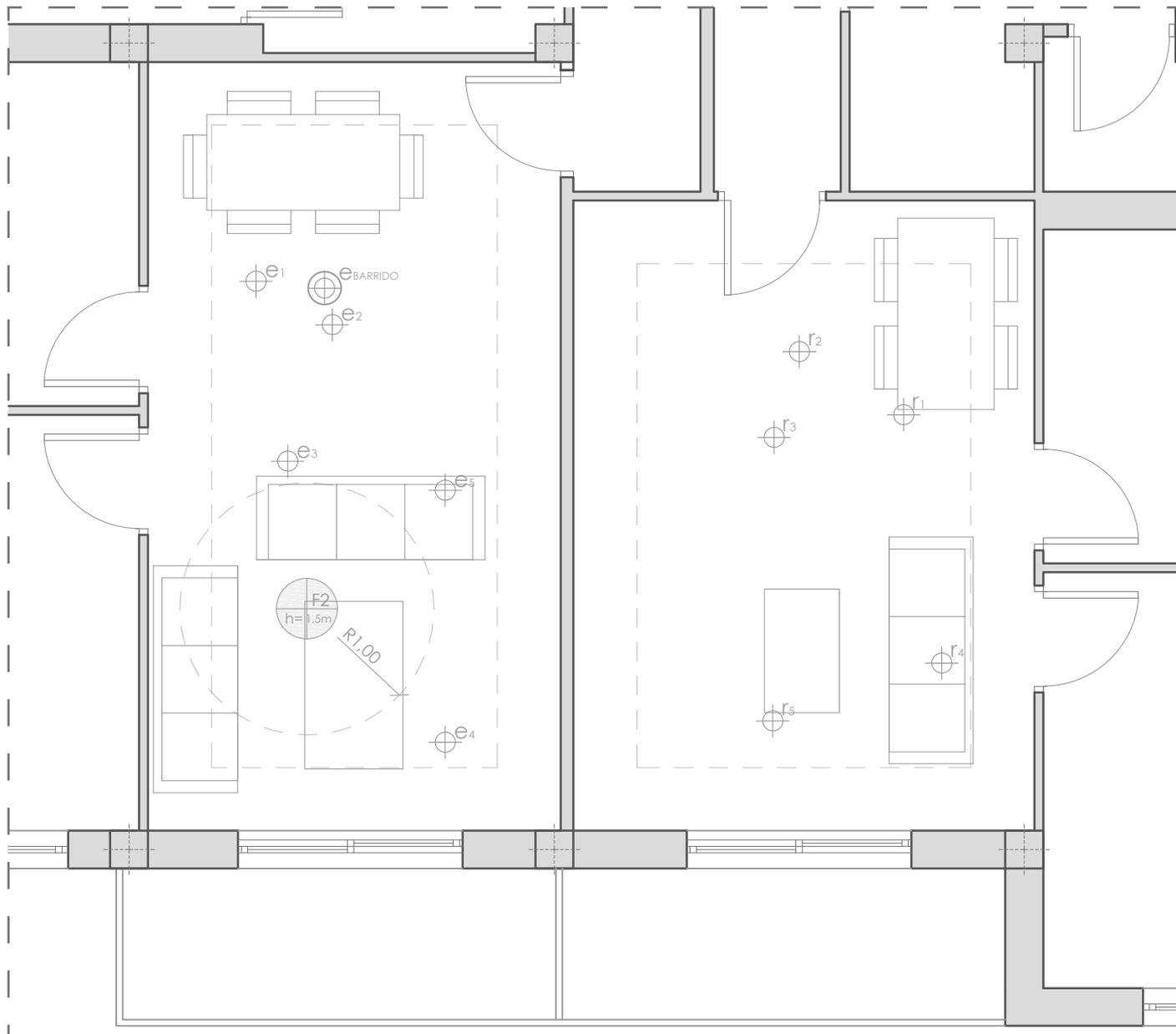
b) Resultados de ruido recibido, emitido y fondo para Fuente 1 (medida con barrido)



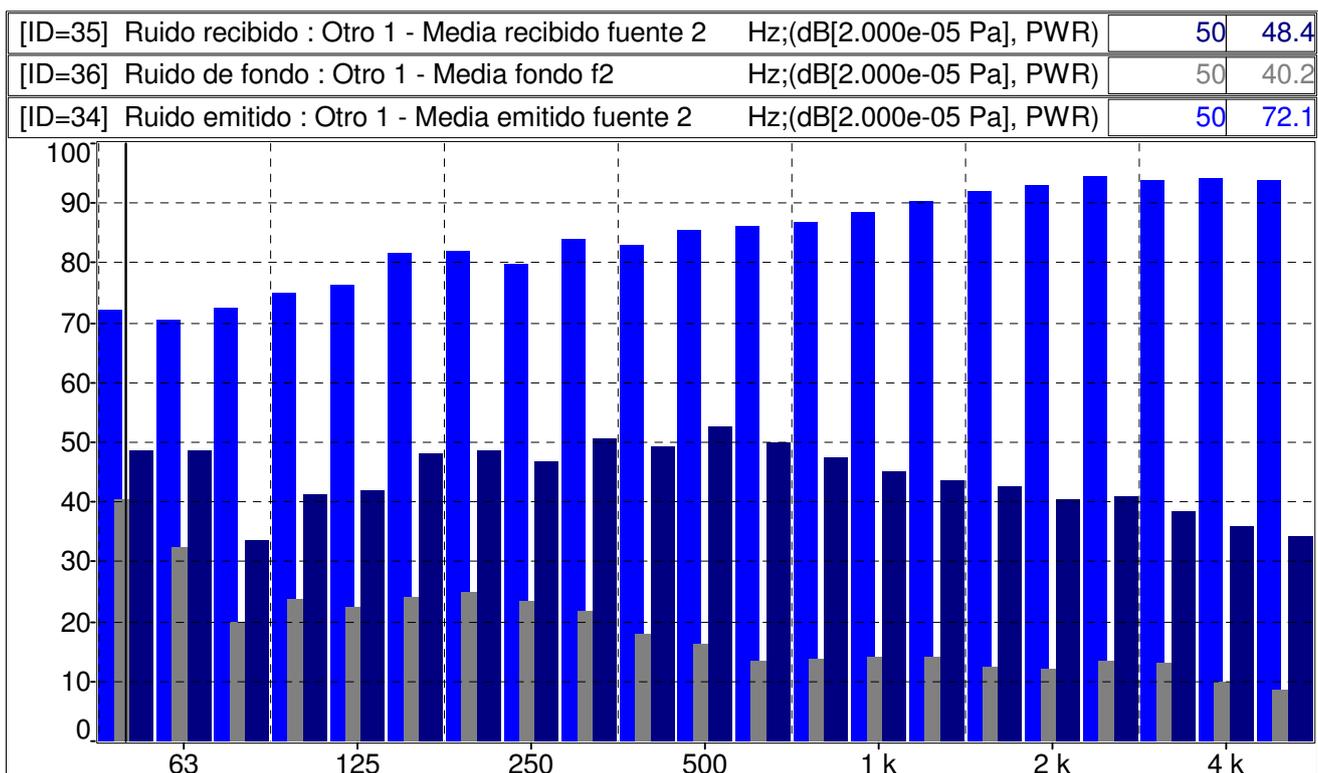
c) Resultados $D_{n,T,w}$ para Fuente 1 (medida con barrido)



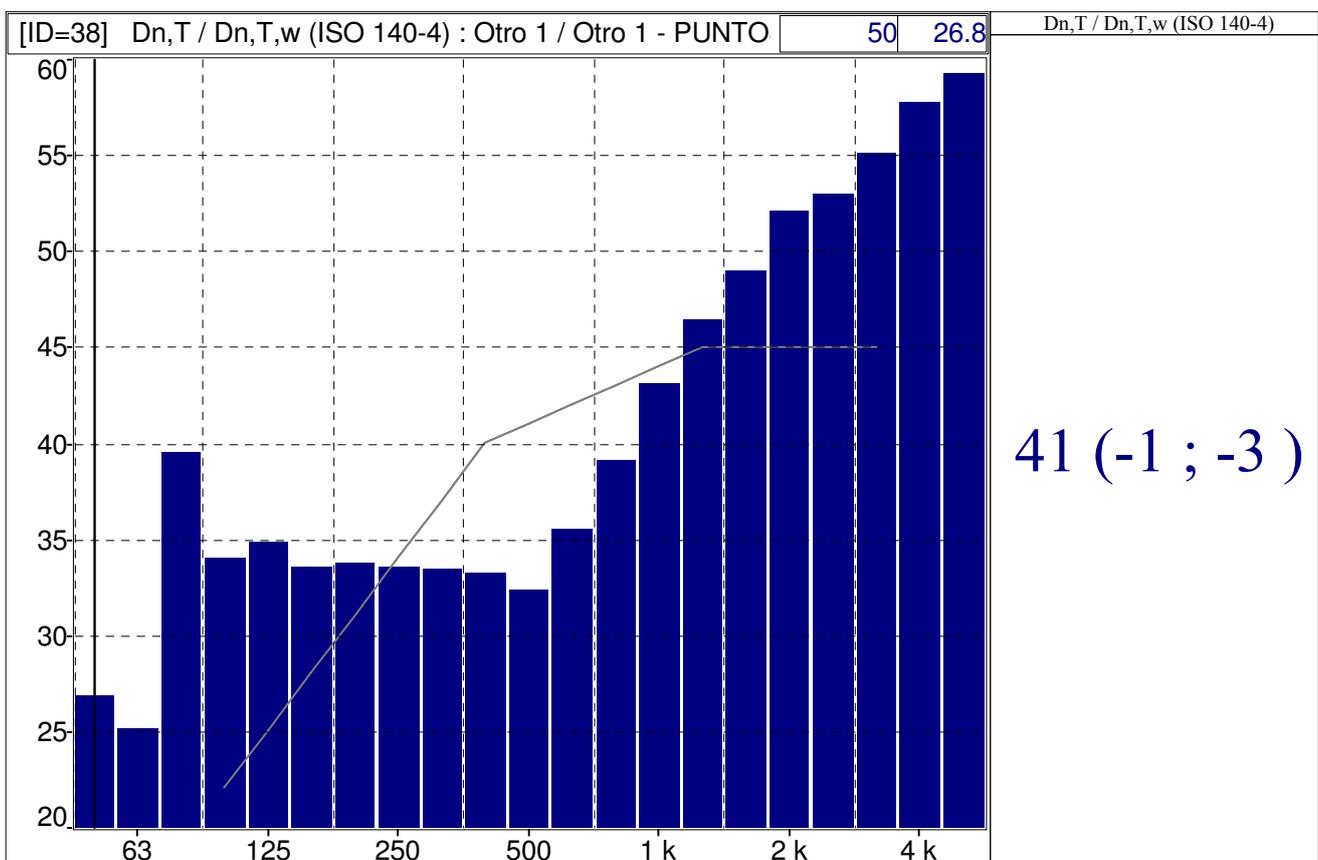
a) Posiciones de medición para Fuente 2:



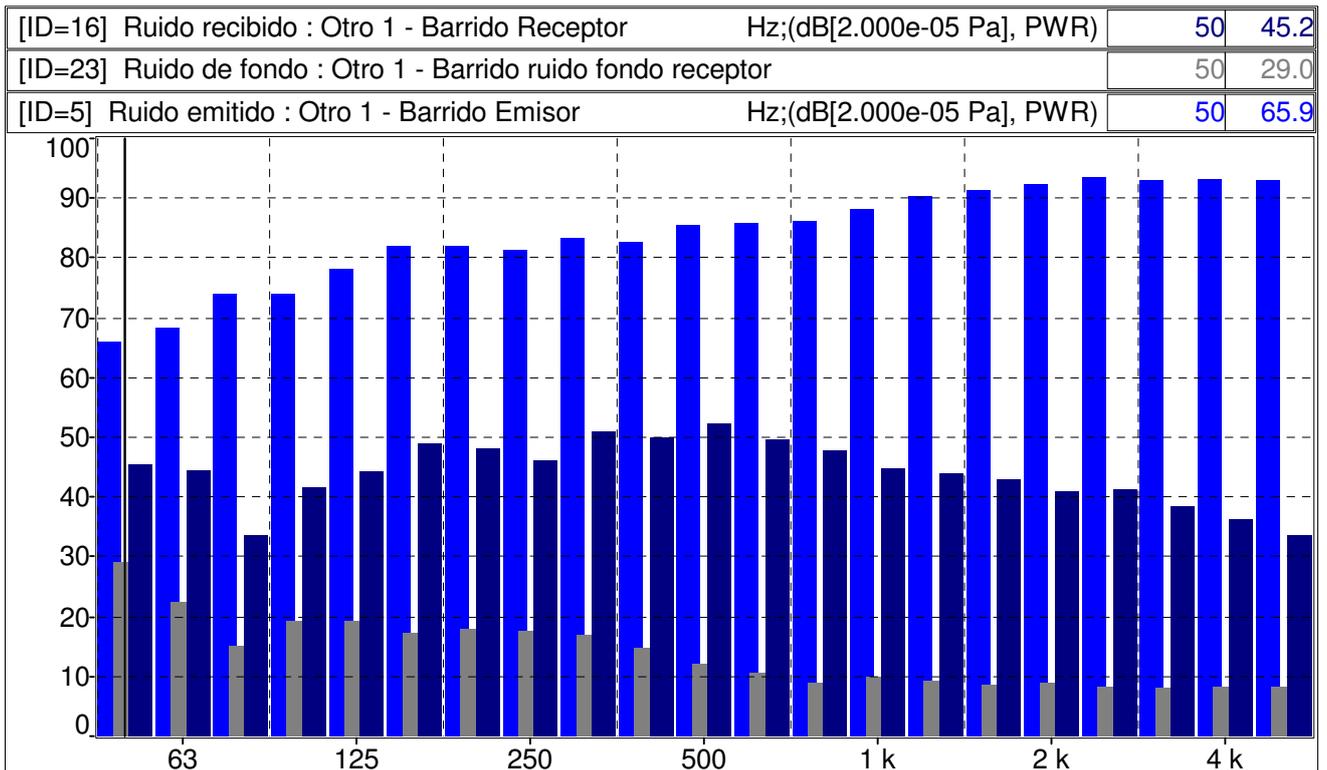
b) Resultados de ruido recibido, emitido y fondo para Fuente 2 (medida por puntos)



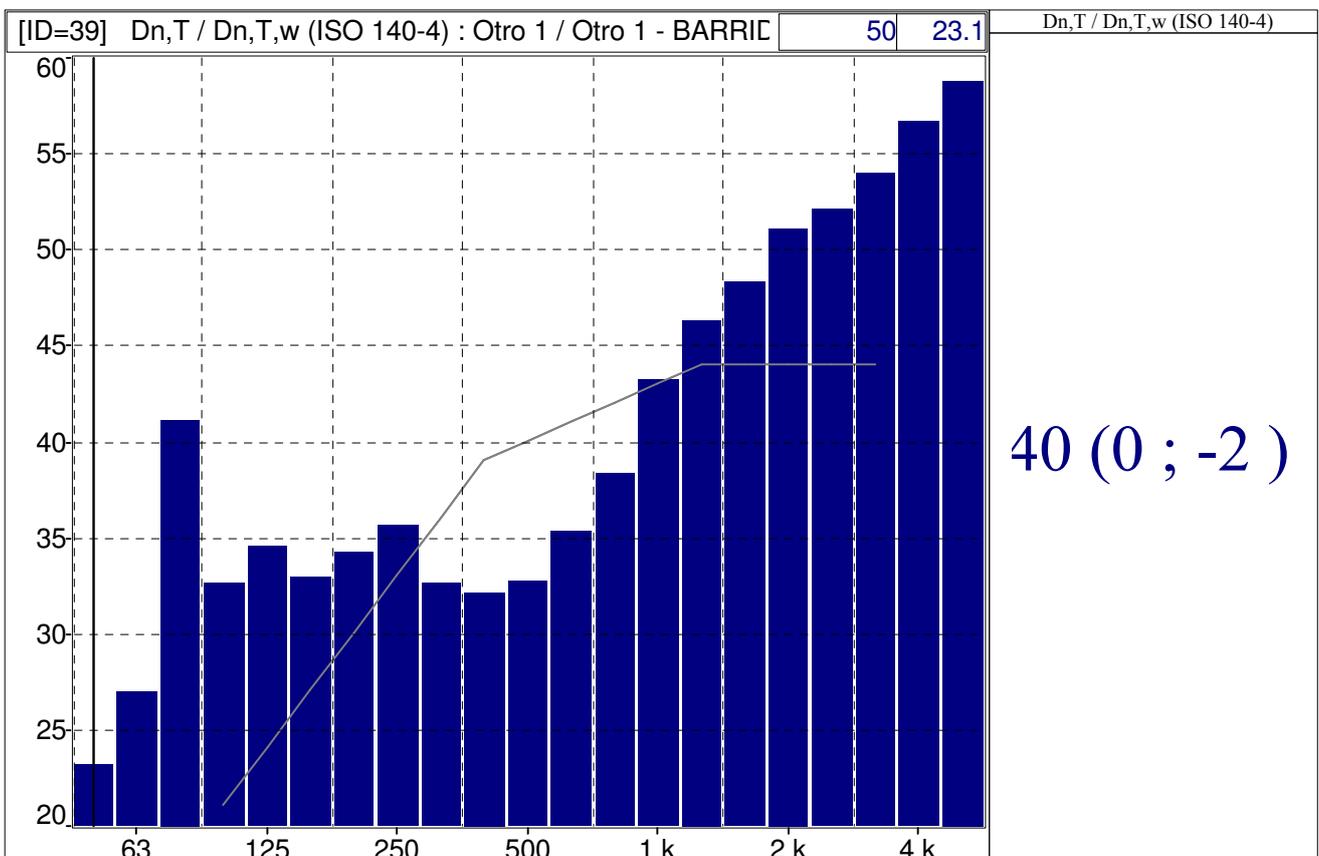
c) Resultados $D_{n,T,w}$ para Fuente 2 (medida por puntos)



b) Resultados de ruido recibido, emitido y fondo para Fuente 2 (medida con barrido)



c) Resultados $D_{n,T,w}$ para Fuente 2 (medida con barrido)



CÁLCULO DE $D_{nT,A}$ en el procedimiento de toma de datos con puntos:

Frecuencia (Hz)	$L_{A,i}$	$D_{nT,w}$ (Fuente1_PUNTOS)	$10^{(L_{A,i}-D_{nT,i})/10}$
50		25,9	-
63		30,7	-
80		38,5	-
100	-30,1	38,2	1,47911E-07
125	-27,1	38,4	2,81838E-07
160	-24,4	40,4	3,31131E-07
200	-21,9	39,1	7,94328E-07
250	-19,6	38	1,7378E-06
315	-17,6	35,8	4,57088E-06
400	-15,8	33,9	1,07152E-05
500	-14,2	34,9	1,23027E-05
630	-12,9	35,1	1,58489E-05
800	-11,8	38,8	8,70964E-06
1000	-11	43,7	3,38844E-06
1250	-10,4	45,2	2,75423E-06
1600	-10	49,4	1,14815E-06
2000	-9,8	53	5,24807E-07
2500	-9,7	54,1	4,16869E-07
3150	-9,8	55,8	2,75423E-07
4000	-10	58,2	1,51356E-07
5000	-10,5	60,9	7,24436E-08
$\sum_{i=1}^n 10^{(L_{A,i}-D_{nT,i})/10}$			6,41721E-05
$D_{nT,A} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{A,i}-D_{nT,i})/10}$			41,9

MEDIA $D_{nT,A}$ POR PUNTOS
41,3

Frecuencia (Hz)	$L_{A,i}$	$D_{nT,w}$ (Fuente2_PUNTOS)	$10^{(L_{A,i}-D_{nT,i})/10}$
50		26,8	-
63		25,1	-
80		39,5	-
100	-30,1	34	3,89045E-07
125	-27,1	34,8	6,45654E-07
160	-24,4	33,5	1,62181E-06
200	-21,9	33,7	2,75423E-06
250	-19,6	33,5	4,89779E-06
315	-17,6	33,4	7,94328E-06
400	-15,8	33,2	1,25893E-05
500	-14,2	32,3	2,23872E-05
630	-12,9	35,5	1,44544E-05
800	-11,8	39,1	8,12831E-06
1000	-11	43,1	3,89045E-06
1250	-10,4	46,4	2,0893E-06
1600	-10	49	1,25893E-06
2000	-9,8	52,1	6,45654E-07
2500	-9,7	53	5,37032E-07
3150	-9,8	55,1	3,23594E-07
4000	-10	57,8	1,65959E-07
5000	-10,5	59,3	1,04713E-07
$\sum_{i=1}^n 10^{(L_{A,i}-D_{nT,i})/10}$			8,48266E-05
$D_{nT,A} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{A,i}-D_{nT,i})/10}$			40,7

CÁLCULO DE $D_{nT,A}$ en el procedimiento de toma de datos con barrido:

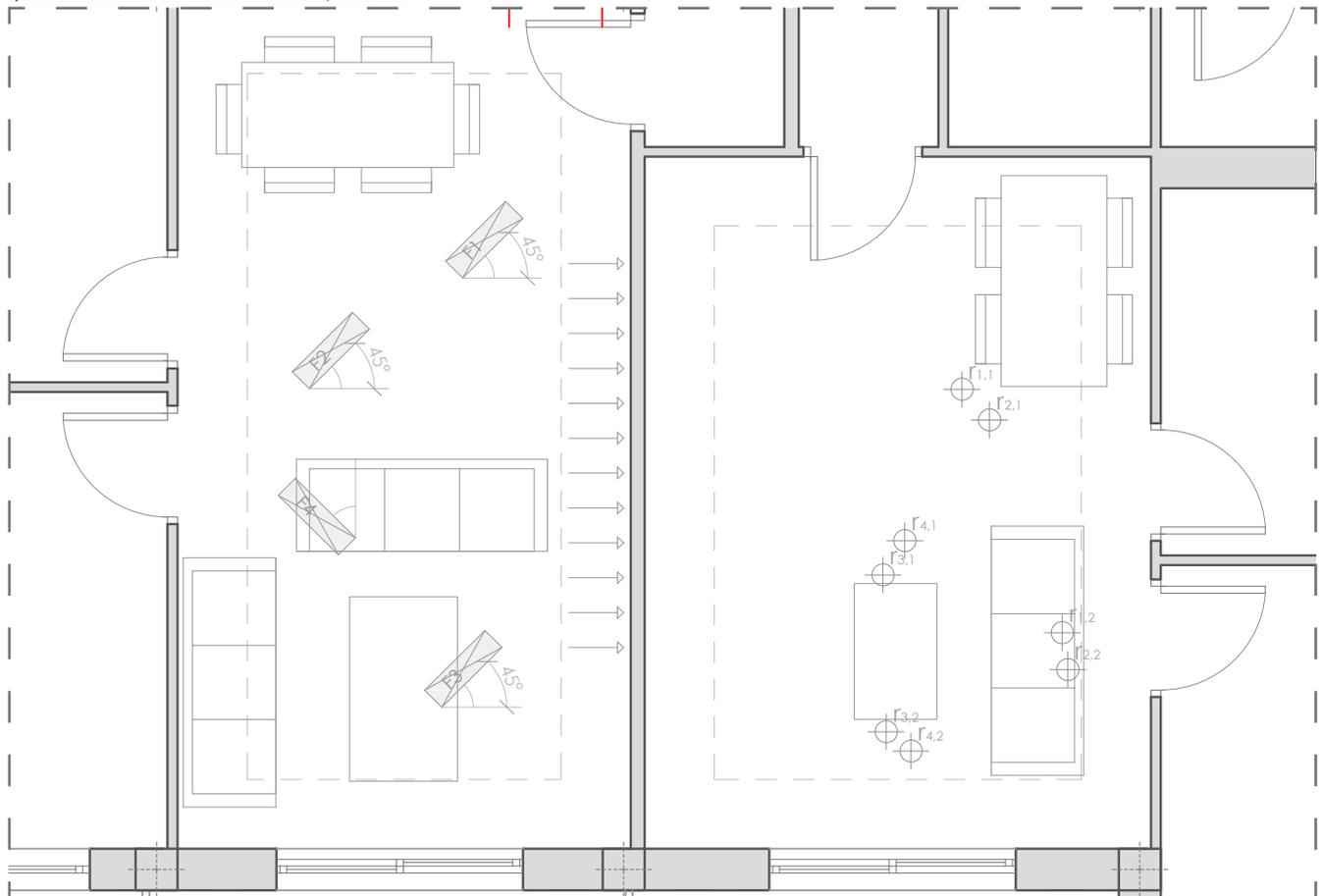
Frecuencia (Hz)	$L_{Ar,i}$	$D_{nT,w}$ (Fuente1_BARRIDO)	$10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$
50		27,4	-
63		28,2	-
80		42,4	-
100	-30,1	36	2,45471E-07
125	-27,1	33,8	8,12831E-07
160	-24,4	36	9,12011E-07
200	-21,9	34,5	2,29087E-06
250	-19,6	36	2,75423E-06
315	-17,6	33,9	7,07946E-06
400	-15,8	31,1	2,04174E-05
500	-14,2	32,2	2,29087E-05
630	-12,9	33,8	2,13796E-05
800	-11,8	37,2	1,25893E-05
1000	-11	41,6	5,49541E-06
1250	-10,4	45,5	2,5704E-06
1600	-10	48,1	1,54882E-06
2000	-9,8	51,9	6,76083E-07
2500	-9,7	52,7	5,7544E-07
3150	-9,8	53,6	4,57088E-07
4000	-10	56,7	2,13796E-07
5000	-10,5	58,6	1,23027E-07
$\sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$			0,00010305
$D_{nT,A} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$			39,9

MEDIA $D_{nT,A}$ POR BARRIDO
40,2

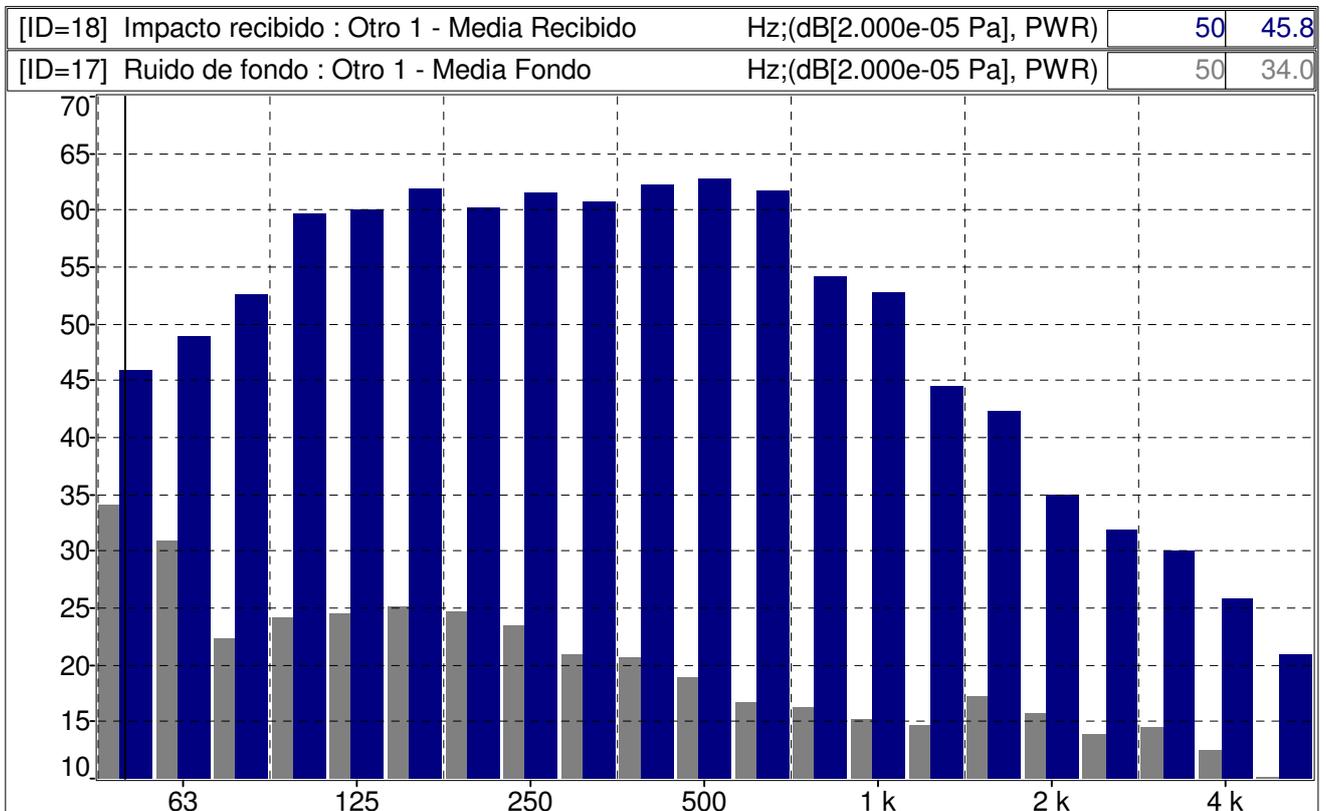
Frecuencia (Hz)	$L_{Ar,i}$	$D_{nT,w}$ (Fuente2_BARRIDO)	$10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$
50		23,1	-
63		26,9	-
80		41,1	-
100	-30,1	32,6	5,37032E-07
125	-27,1	34,5	6,91831E-07
160	-24,4	32,9	1,86209E-06
200	-21,9	34,2	2,45471E-06
250	-19,6	35,6	3,01995E-06
315	-17,6	32,6	9,54993E-06
400	-15,8	32,1	1,62181E-05
500	-14,2	32,7	2,04174E-05
630	-12,9	35,3	1,51356E-05
800	-11,8	38,3	9,77237E-06
1000	-11	43,2	3,80189E-06
1250	-10,4	46,3	2,13796E-06
1600	-10	48,3	1,47911E-06
2000	-9,8	51,1	8,12831E-07
2500	-9,7	52,1	6,60693E-07
3150	-9,8	54	4,16869E-07
4000	-10	56,7	2,13796E-07
5000	-10,5	58,8	1,1749E-07
$\sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$			8,92996E-05
$D_{nT,A} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$			40,5

CASO 1.B: AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO ENTRE RECINTOS ADYACENTES:

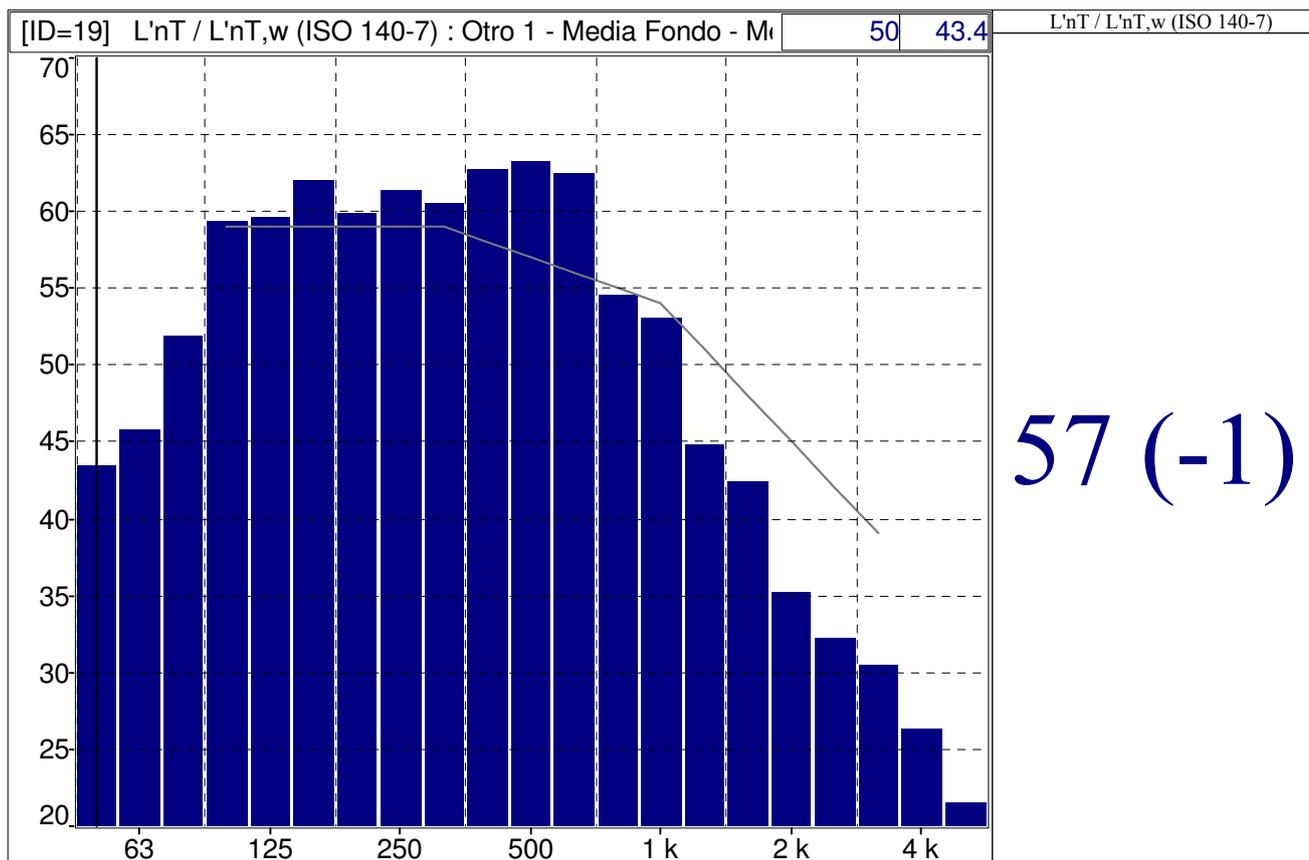
a) Medida de ruido de impacto:



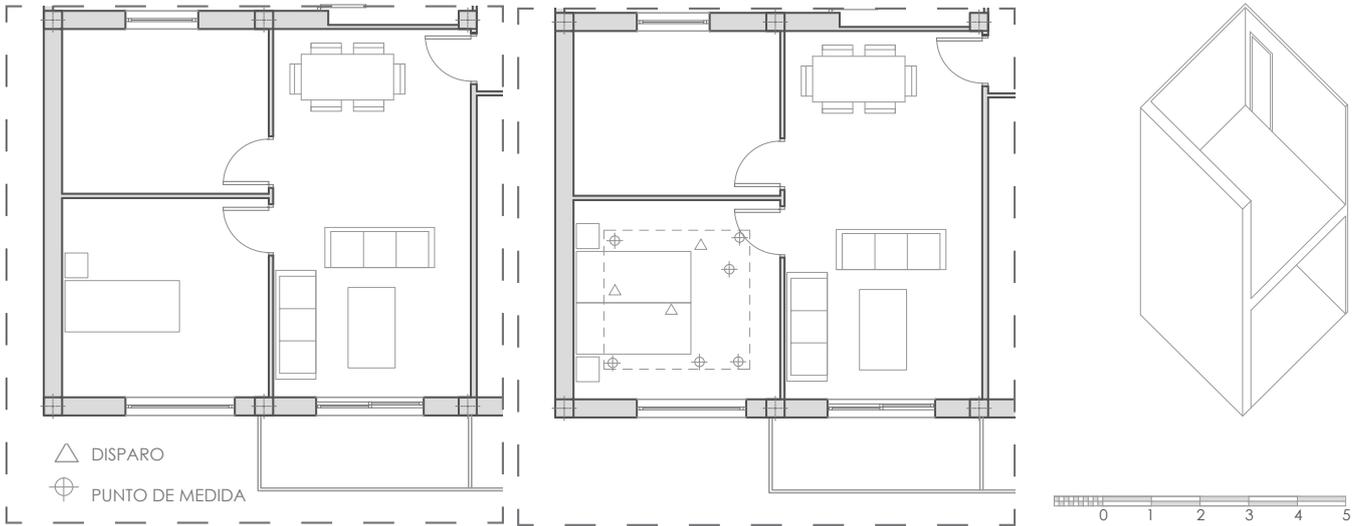
b) Resultados de impacto recibido, y ruido de fondo



c) Resultados $L_{nT,w}$



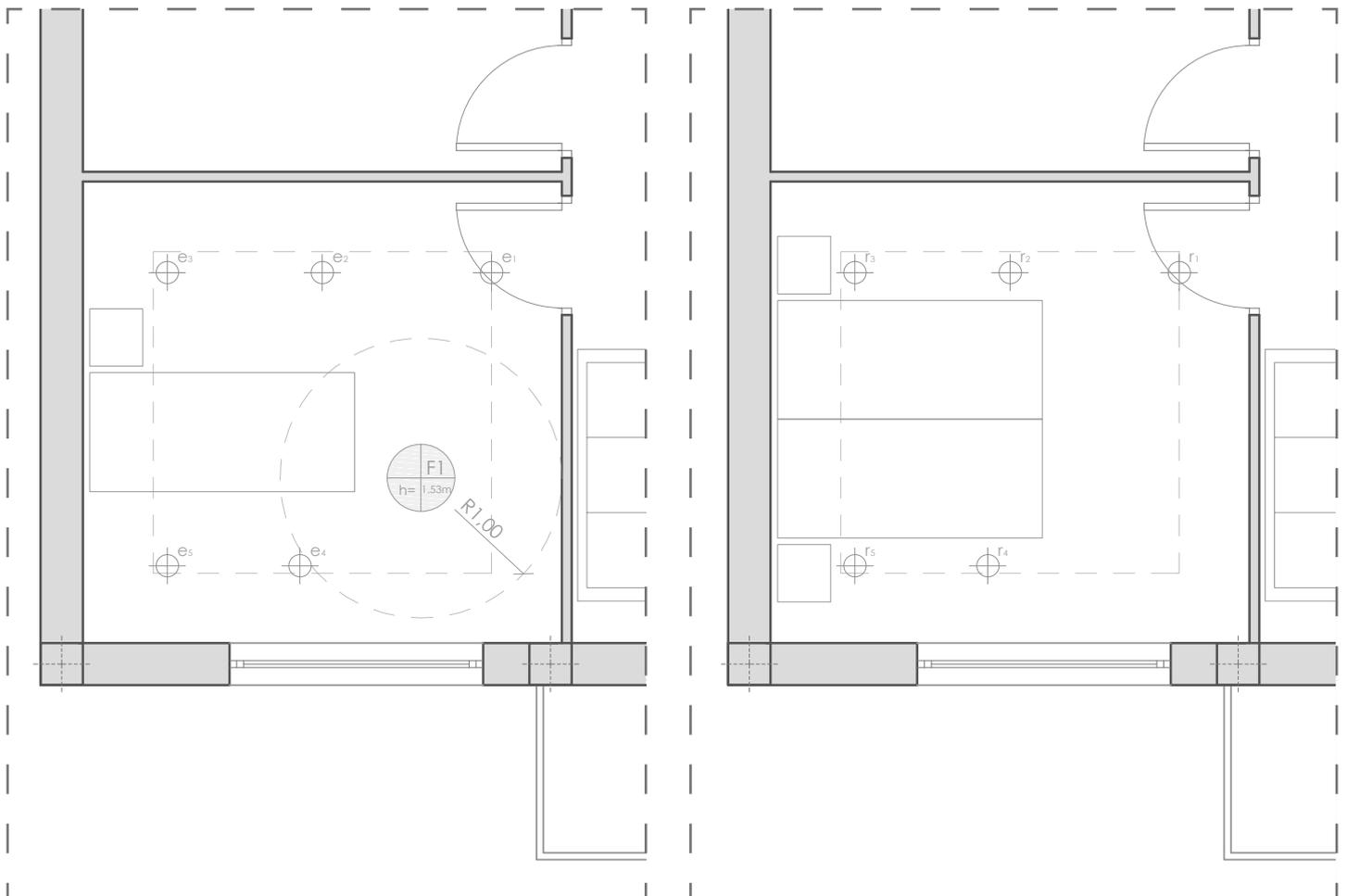
1. RECINTOS SUPERPUESTOS:



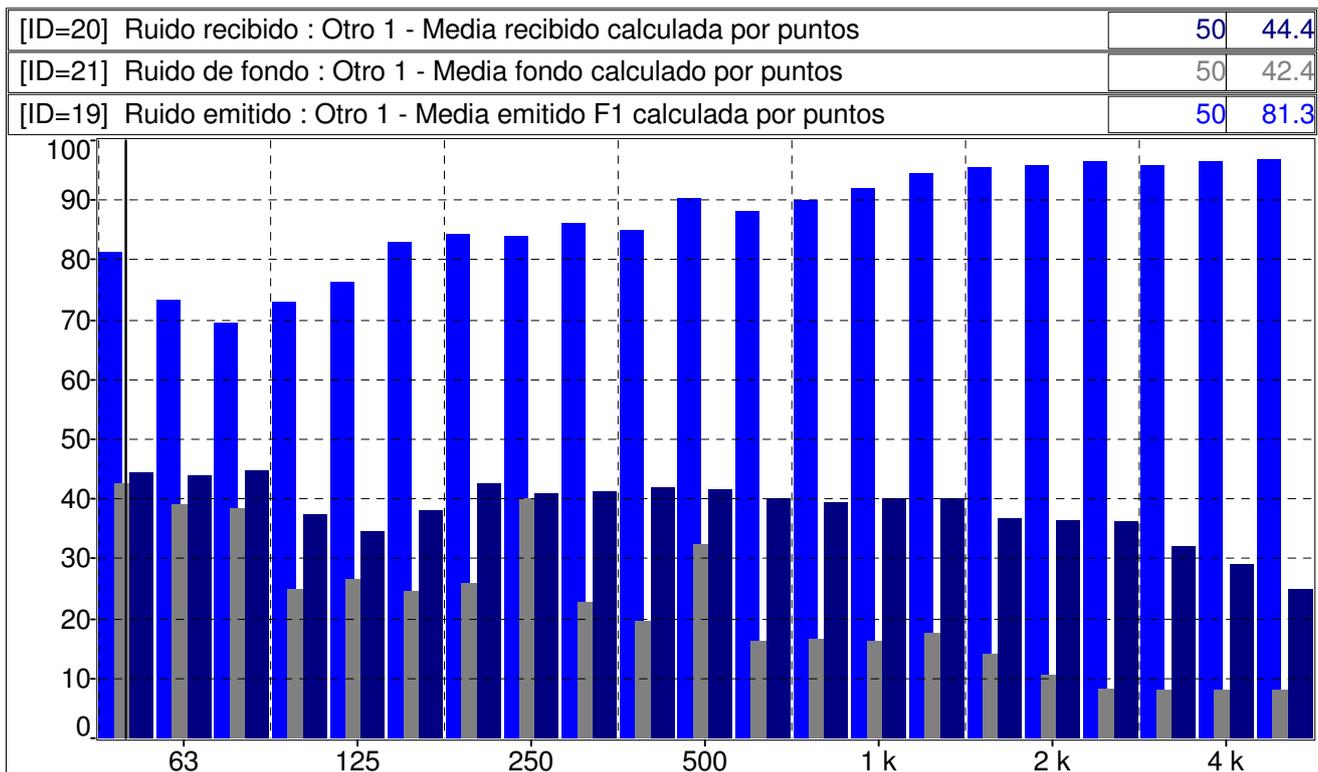
CASO 2.A: AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS SUPERPUESTOS:

Este caso se ha realizado mediante medidas con puntos para la primera posición de fuente y una única medida con barrido para la segunda posición de fuente.

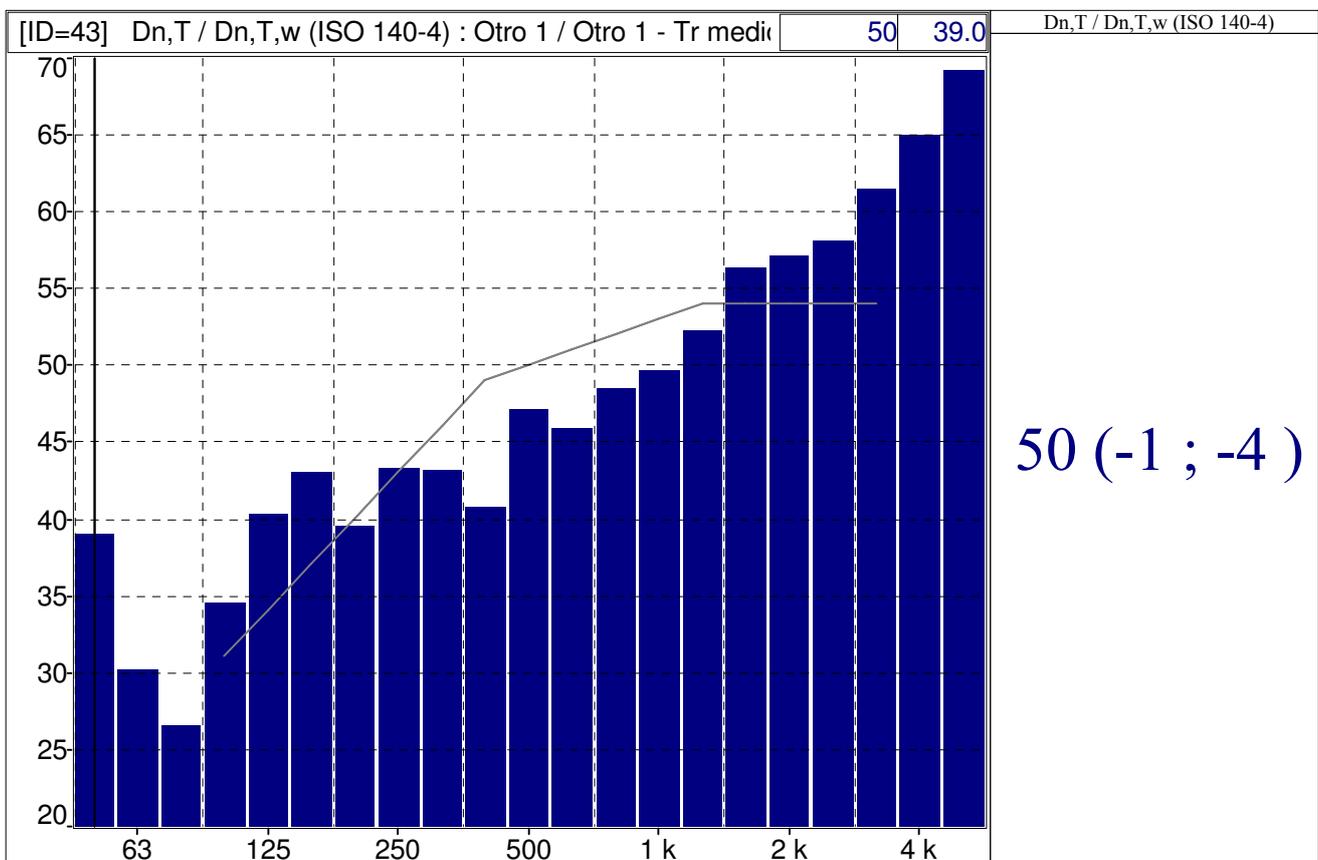
a) Posiciones de medición para Fuente 1



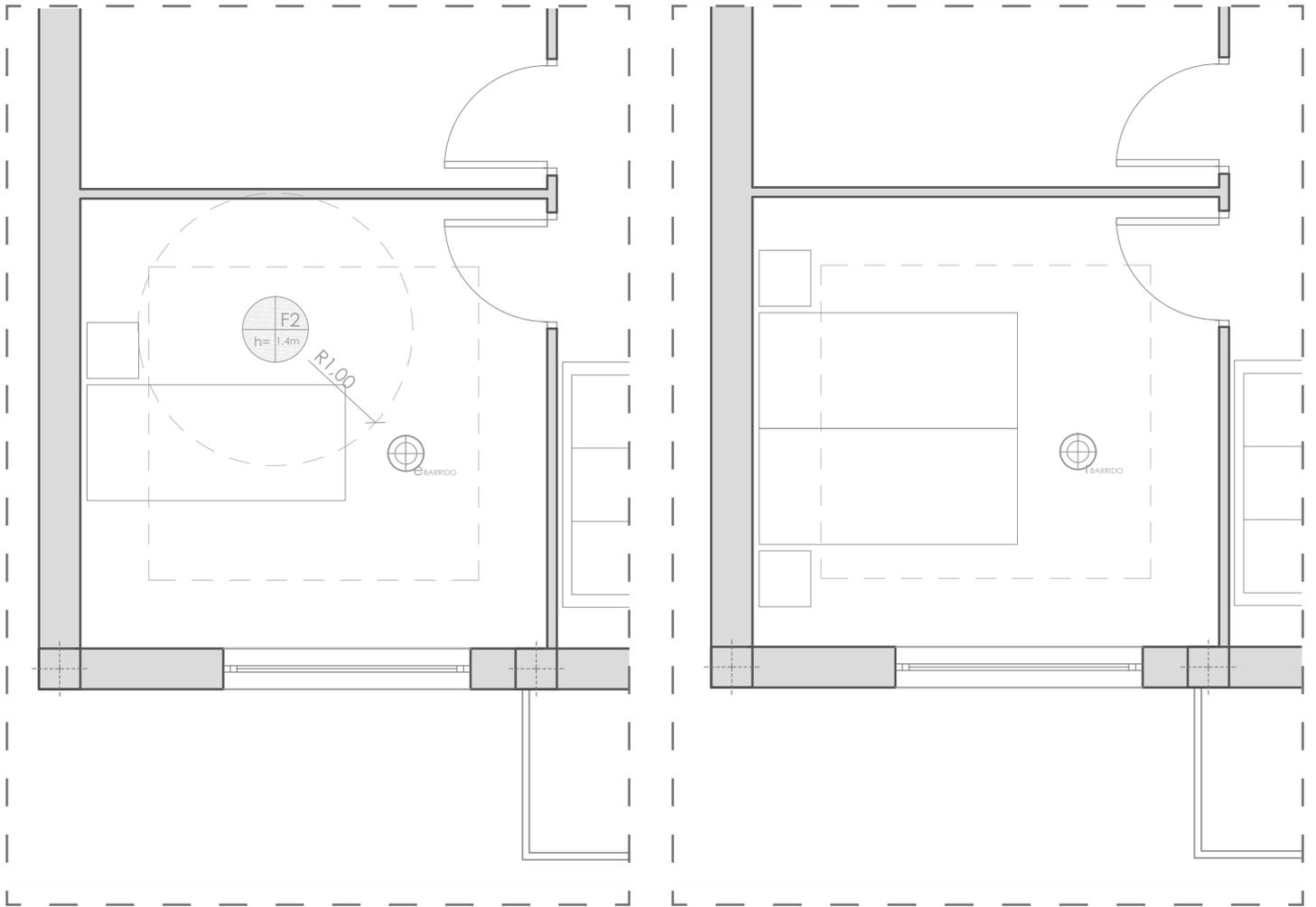
b) Resultados de ruido recibido, emitido y fondo para Fuente 1 (medida por puntos)



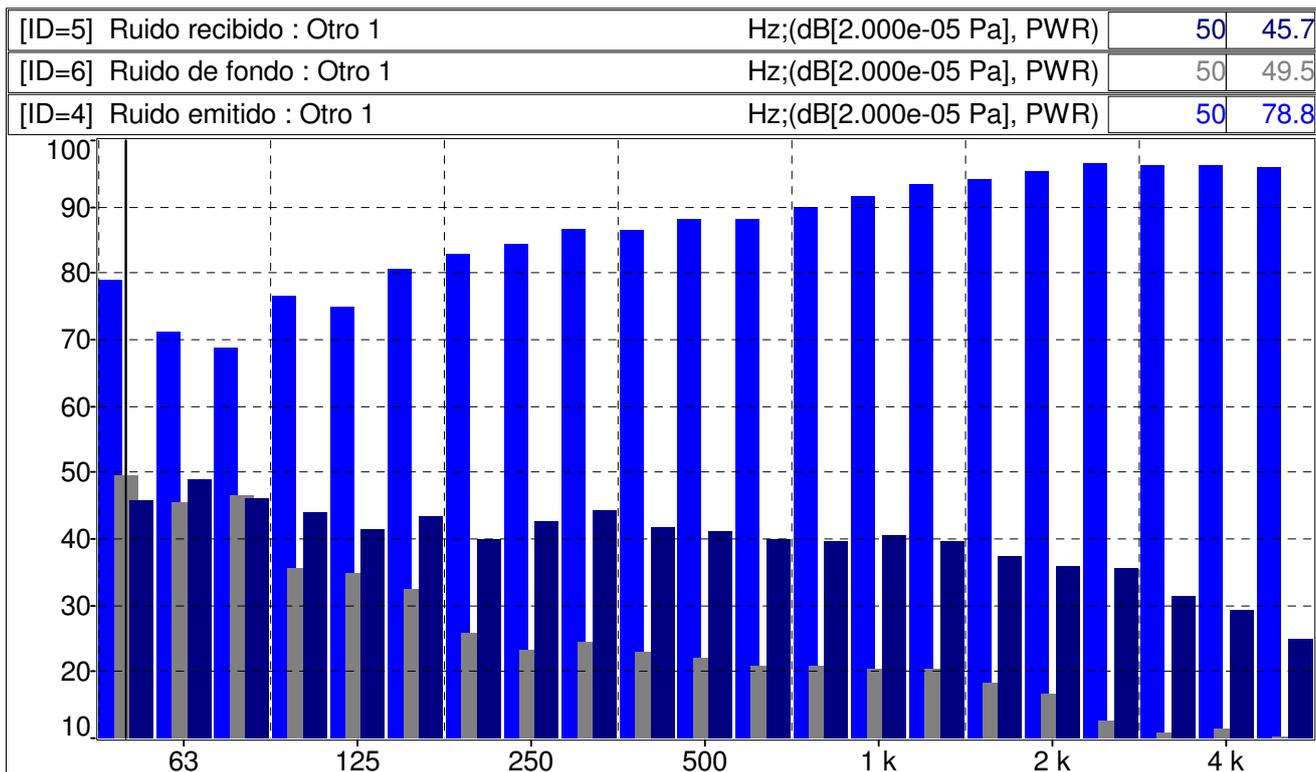
c) Resultados $D_{n,T,w}$ para Fuente 1 (medida por puntos)



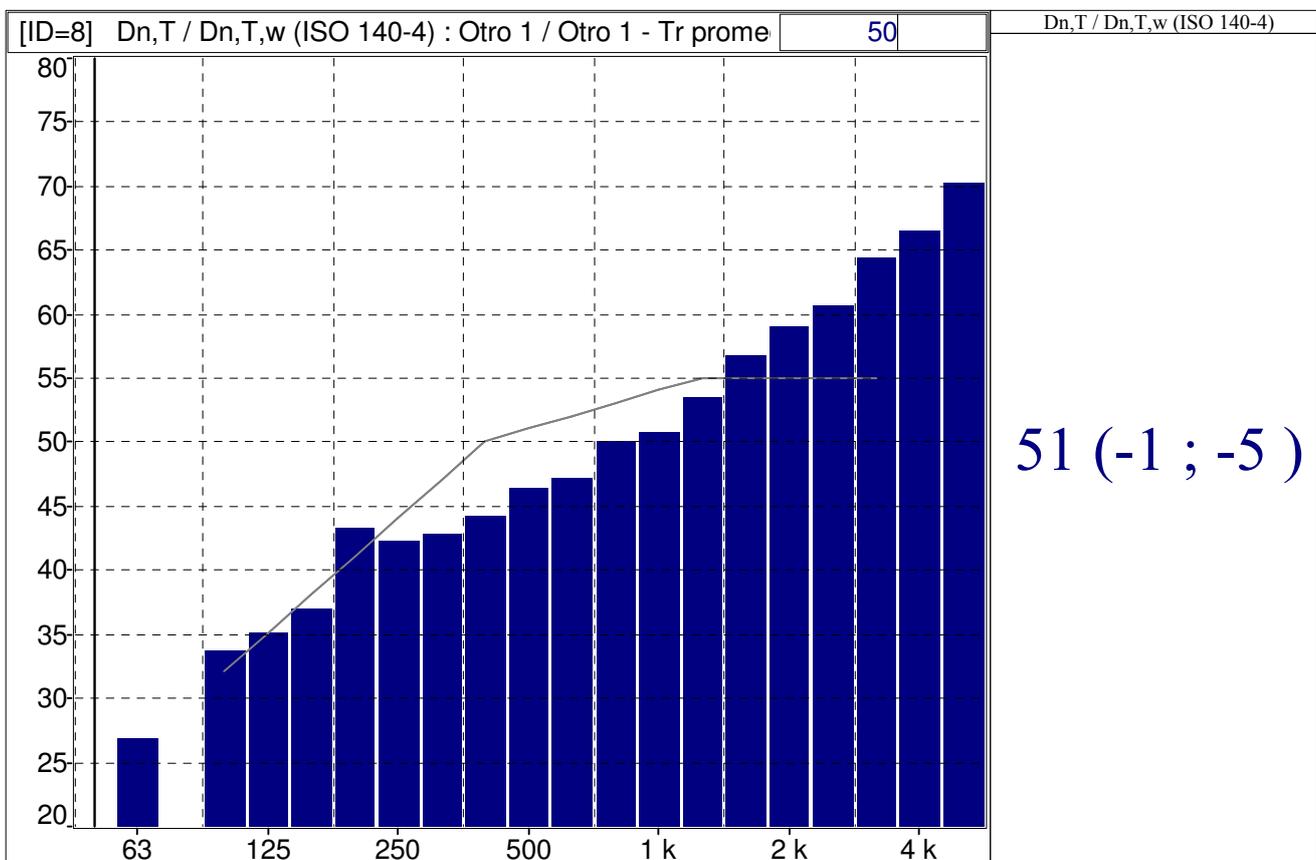
a) Posiciones de medición para Fuente 2:



b) Resultados de ruido recibido, emitido y fondo para Fuente 2 (medida con barrido)



c) Resultados $D_{n,w}$ para Fuente 2 (medida con barrido)



OBTENCIÓN DE $D_{nT,A}$:

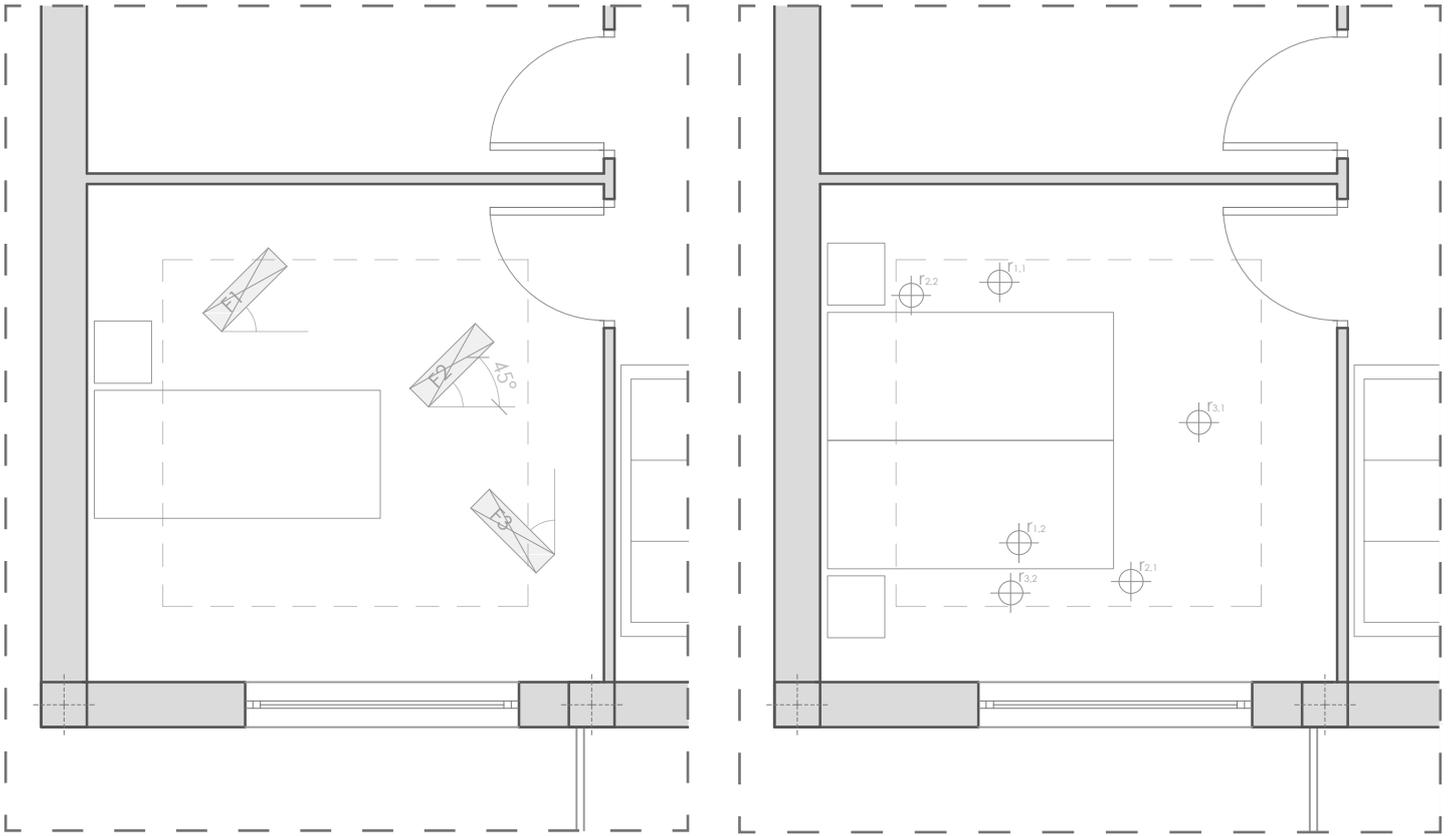
Frecuencia (Hz)	$L_{Ar,i}$	$D_{nT,w}$ (Fuente1_PUNTOS)	$10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$
50		39	-
63		30,1	-
80		26,8	-
100	-30,1	34,5	3,46737E-07
125	-27,1	40,4	1,77828E-07
160	-24,4	43	1,8197E-07
200	-21,9	39,5	7,24436E-07
250	-19,6	41,9	7,07946E-07
315	-17,6	43,1	8,51138E-07
400	-15,8	40,8	2,18776E-06
500	-14,2	46,5	8,51138E-07
630	-12,9	45,9	1,31826E-06
800	-11,8	48,5	9,33254E-07
1000	-11	49,6	8,70964E-07
1250	-10,4	52,2	5,49541E-07
1600	-10	56,3	2,34423E-07
2000	-9,8	57,1	2,04174E-07
2500	-9,7	58,1	1,65959E-07
3150	-9,8	61,5	7,4131E-08
4000	-10	64,9	3,23594E-08
5000	-10,5	69,2	1,07152E-08
$\sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$			1,04227E-05
$D_{nT,A} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$			49,8

MEDIA $D_{nT,A}$
(tomando una medición por puntos y otra con barrido)
50,2

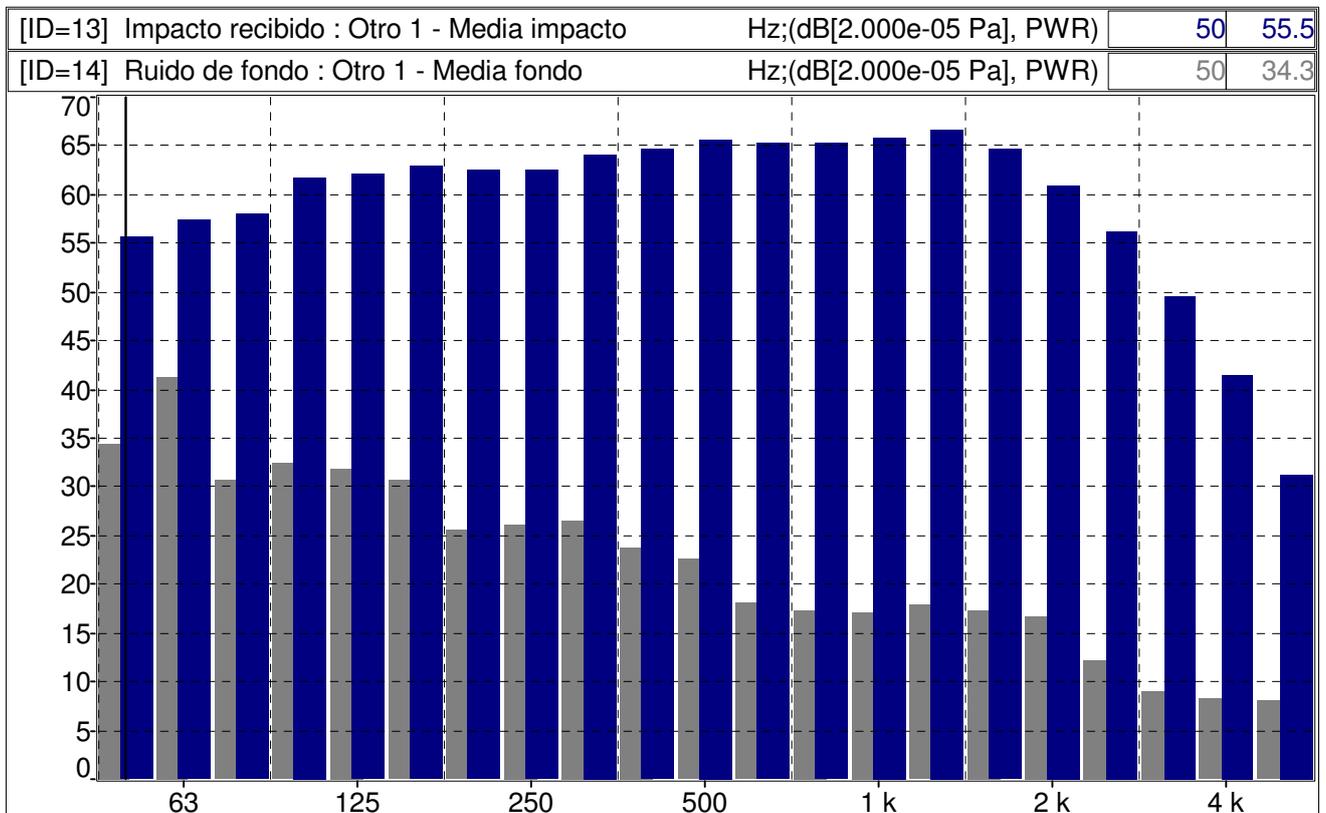
Frecuencia (Hz)	$L_{Ar,i}$	$D_{nT,w}$ (Fuente2_BARRIDO)	$10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$
50		-	-
63		26,8	-
80		-	-
100	-30,1	33,7	4,16869E-07
125	-27,1	35	6,16595E-07
160	-24,4	37	7,24436E-07
200	-21,9	43,2	3,0903E-07
250	-19,6	42,2	6,60693E-07
315	-17,6	42,8	9,12011E-07
400	-15,8	44,1	1,02329E-06
500	-14,2	46,4	8,70964E-07
630	-12,9	47,2	9,77237E-07
800	-11,8	50	6,60693E-07
1000	-11	50,7	6,76083E-07
1250	-10,4	53,4	4,16869E-07
1600	-10	56,7	2,13796E-07
2000	-9,8	59	1,31826E-07
2500	-9,7	60,6	9,33254E-08
3150	-9,8	64,3	3,89045E-08
4000	-10	66,5	2,23872E-08
5000	-10,5	70,2	8,51138E-09
$\sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$			8,77352E-06
$D_{nT,A} = -10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i}-D_{nT,i})/10}$			50,6

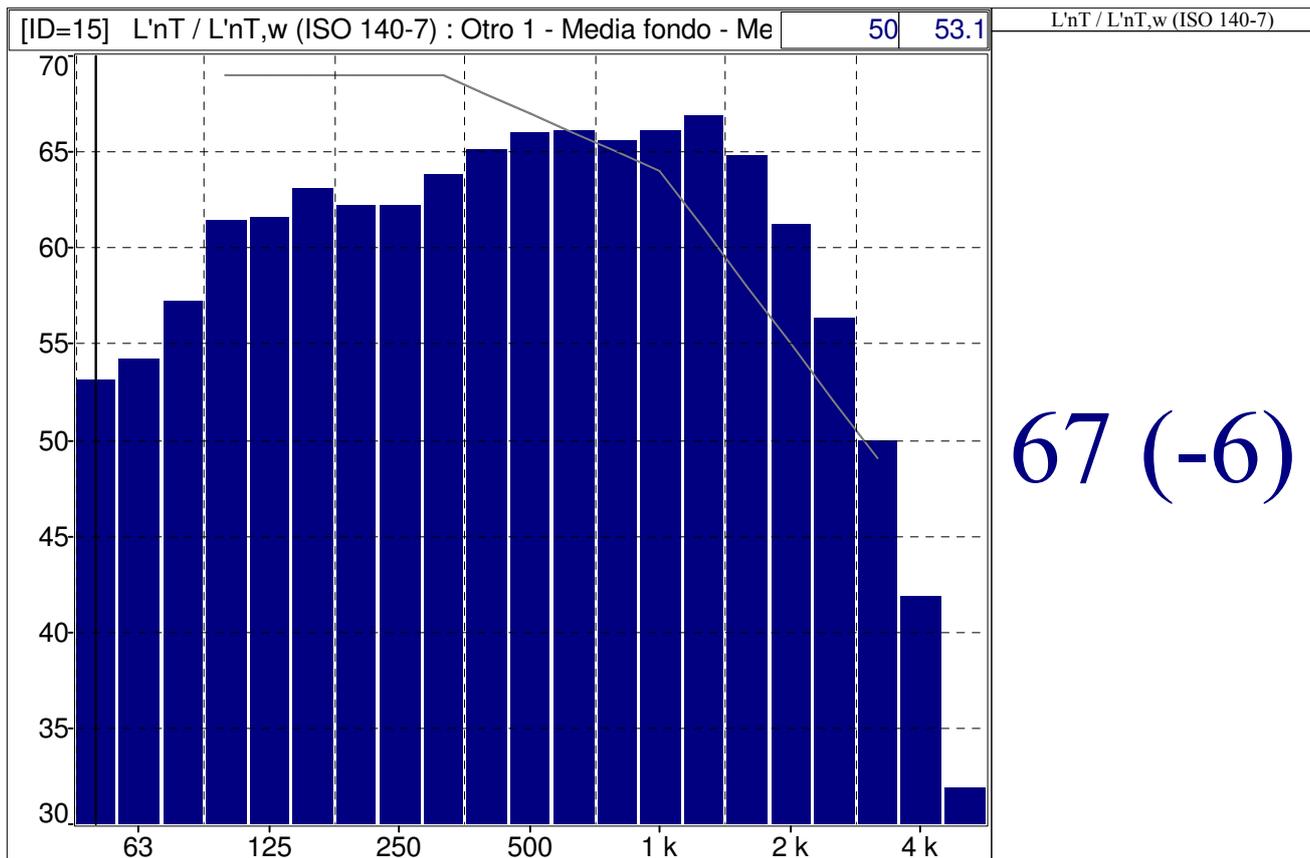
CASO 2.B: AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO ENTRE RECINTOS SUPERPUESTOS:

a) Medida de ruido de impacto: Se ha realizado únicamente para tres posiciones de fuente, dado que lo reducido de la sala no permitía más posiciones que respetaran las distancias mínimas.



b) Resultados de impacto recibido, y ruido de fondo





5.4. Aplicación Herramienta Oficial de Cálculo del DB-HR

Aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impactos:

Igualmente, se ha realizado el cálculo de los mismos casos mediante el programa que facilita el Ministerio de Fomento para la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR. Para ello se ha tomado como punto de partida la información encontrada en la memoria constructiva, complementada con la obtenida a partir de una inspección visual.

Es importante señalar que, dado que los datos medidos experimentalmente e *in situ* son los que mejor se ajustan a la realidad del problema, se ha modificado ligeramente el modelo de manera que los valores de aislamiento estimados se adaptaran a los medidos.

Los cambios introducidos sobre el modelo original son los siguientes:

- Aumento del grosor de forjados, de los 250 mm a 350 mm.
- En el caso de recintos superpuestos, modificación de las particiones interiores, a un ladrillo hueco doble con enlucido por ambas caras (en el caso que trata los recintos adyacentes se ha utilizado un ladrillo de gran formato por ser un elemento de pocas prestaciones y que se asemeja a la situación real).
- En el caso de recintos superpuestos, la medianera se trata con la misma solución constructiva que la fachada.
- Adaptación del tipo de pavimentos.

El objetivo de la adaptación de los casos es el de generar una situación semejante a la obtenida en la realidad, para poder así simular una solución que responda a las necesidades actuales, en lugar de a la estimación teórica inicial.

Se adjuntan a continuación las fichas justificativas.

Proyecto	C/Nueva del Carmen, 15, Valladolid	
Autor	-	
Fecha	2014/2015	
Referencia	Comprobación de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre salones adyacentes. Salones de viviendas 5ªA y 5ªB	

Características técnicas del recinto 1

Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido	Volumen	45				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores medios)						
Suelo F1	U_BC 350 mm						
Techo F2	U_BC 350 mm						
Pared F3	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	Enl 15 + LGF 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	12.5		160	42	-	-	11
Suelo F1	18	5	360	55	75	0	11
Techo F2	18	5	360	55	75	-	-
Pared F3	8.13	3.25	247	50		-	-
Pared F4	8.13	3.25	70	33		-	-

Características técnicas del recinto 2

Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido	Volumen	45				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores medios)						
Suelo f1	U_BC 350 mm						
Techo f2	U_BC 350 mm						
Pared f3	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + LGF 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	12.5		160	42	-	-	-
Suelo f1	18	5	360	55	75	0	11
Techo f2	18	5	360	55	75	-	-
Pared f3	12.5	3.25	247	50		-	-
Pared f4	12.5	3.25	70	33		-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta

Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A(dBA)	0
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.

Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
Separador - Suelo	Unión en + de doble hoja con apoyo rígido sobre el forjado	3.4	9.4	9.4
Separador - Techo	Unión en + de doble hoja con apoyo rígido sobre el forjado	3.4	9.4	9.4
Separador - Pared	Unión en T de doble hoja y elemento homogéneo interrumpiendo la cavidad (orientación 1)	5.7	8.9	8.9
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	11.5	6.4	6.4

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	41	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	57	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	41	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	57	65	CUMPLE

Proyecto	C/Nueva del Carmen, 15, Valladolid	
Autor	-	
Fecha	2014/2015	
Referencia	Comprobación de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre dormitorios superpuestos. Dormitorios de viviendas 6ªA y 5ªA.	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	28
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BC 350 mm						
Pared F1	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F2	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F3	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	11.2		360	55	75	0	11
Pared F1	8.5	3.4	247	50	75	-	-
Pared F2	8.5	3.4	89	36	75	-	-
Pared F3	8.25	3.3	247	50		-	-
Pared F4	8.25	3.3	89	36		-	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	28
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BC 350 mm						
Pared f1	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f2	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f3	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	11.2		360	55	75	-	-
Pared f1	8.5	3.4	247	50	75	-	-
Pared f2	8.5	3.4	89	36	75	-	-
Pared f3	8.25	3.3	247	50		-	-
Pared f4	8.25	3.3	89	36		-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A (dBA)	0
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	0

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
Separador - Pared	Unión en T de doble hoja y elemento homogéneo interrumpiendo la cavidad (orientación 3)	11.7	8.9	8.9
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	21.2	10.8	10.8
Separador - Pared	Unión en T de doble hoja y elemento homogéneo interrumpiendo la cavidad (orientación 3)	11.7	8.9	8.9
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	21.2	10.8	10.8

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	50	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	66	65	NO CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	50	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	-	-	-

Aislamiento de fachada:

Además se ha realizado un caso de cálculo de aislamiento a ruido de fachada, que al no tener equivalente experimental ha sido ejecutado únicamente mediante el programa de cálculo. En esta situación, la aproximación a las condiciones reales resulta complicada, dado que la fachada del edificio está conformada tanto por galerías cerradas con acristalamiento como por paños ciegos con ventana, opciones que el programa sólo permite analizar hasta cierto punto.

Se pretende calcular el aislamiento de un dormitorio, cuyo plano de fachada está compuesto de dos hojas de fábrica con cámara de aire, con una doble ventana de 1,4x1,8 metros. El nivel de ruido exterior se ha tomado de los mapas Sica de ruido, siendo el nivel sonoro total (L_{den}) de entre 65 y 70 dB, con ruido de automóviles y ferroviario.

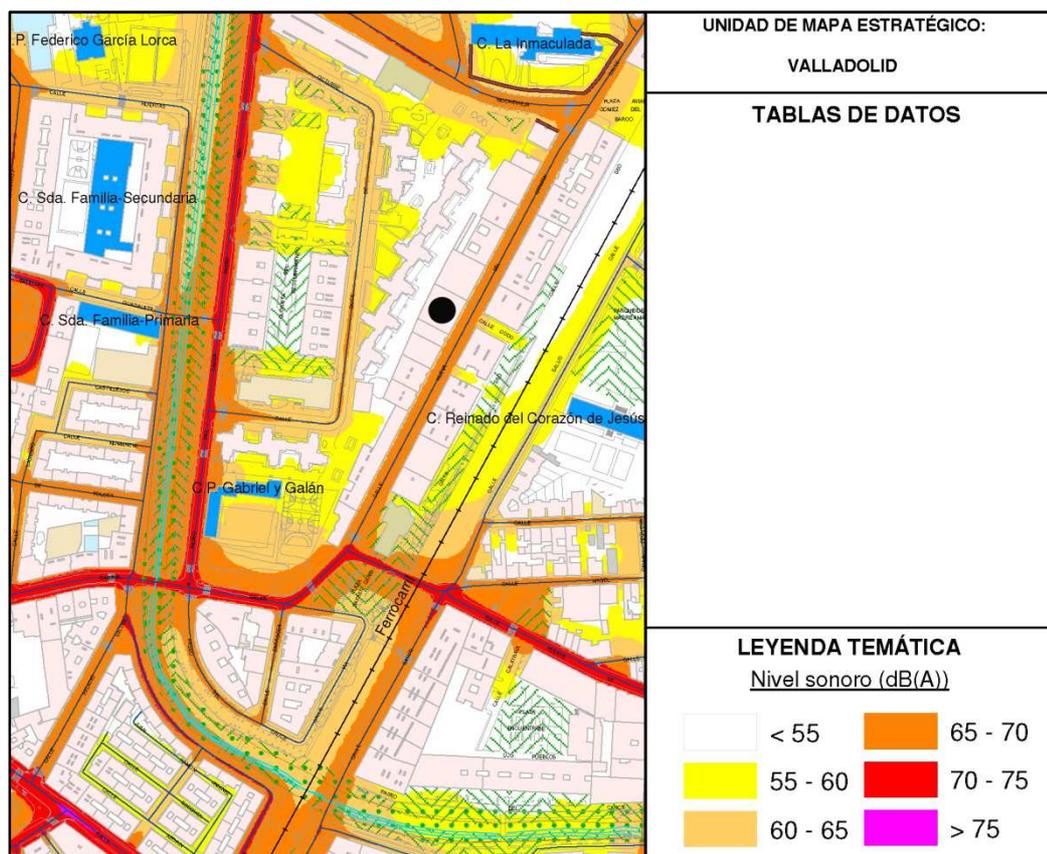


Figura 7. Extracto del Mapa Estratégico de Ruido de Valladolid

Fuente:

[Http://sicaweb.cedex.es/docs/mapas/fase1/aglomeracion/Valladolid/Aglomeracion_Valladolid_SICA_total_Lden.pdf](http://sicaweb.cedex.es/docs/mapas/fase1/aglomeracion/Valladolid/Aglomeracion_Valladolid_SICA_total_Lden.pdf) (o <http://sicaweb.cedex.es/ume-fase1.php?id=423>)

El programa asigna a todos los planos de fachada adyacentes los mismos materiales que al plano de cálculo, por lo que se eliminan todas las galerías exteriores, principal fuente de ruido hacia el interior por los salones (lo que, unido a las pocas prestaciones de las particiones interiores, compuestas por una sola hoja de ladrillo hueco sencillo, aumentaría el nivel de ruido recibido en el interior).



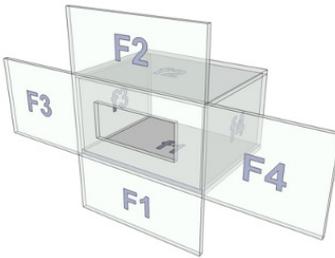
Figura 8. Fachadas real y simulada.

Se adjunta a continuación la ficha justificativa. Los resultados del caso de cálculo son favorables, la fachada parece cumplir en cuanto a aislamiento. Debe ponerse en cuestión, sin embargo, su semejanza con la situación real, por los siguientes motivos:

- Diferencias entre las superficies acristaladas del caso real y el caso calculado. El primero presentaría peor comportamiento, al presentar

mayor superficie acristalada en los salones, que en el caso supuesto se sustituye por un paño de fachada igual al del recinto calculado.

- En el caso real, la estructura se prolonga en voladizo hacia el exterior.
- El cerramiento de la galería fue realizada por los vecinos de manera individual. Se trata en la mayoría de los casos de una sola hoja de vidrio de escasas prestaciones, y el aislamiento dependerá de sus características y ejecución.

Proyecto	C/Nueva del Carmen	
Autor	-	
Fecha	2014/2015	
Referencia	Aislamiento de ruido en fachada.	

Características técnicas del recinto 1					
Soluciones Constructivas					
Sección Separador	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
Sección Flanco F1	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
Sección Flanco F2	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
Sección Flanco F3	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
Sección Flanco F4	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
Parámetros Acústicos					
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_{atr} (dBA)	
Sección Separador	8.5		247	47	
Sección Flanco F1	8.5	3.4	247	47	
Sección Flanco F2	8.5	3.4	247	47	
Sección Flanco F3	8.5	3.4	247	47	
Sección Flanco F4	8.5	3.4	247	47	

Características técnicas del recinto 2					
Tipo de Recinto	Cultural, docente, administrativo y religioso Estancias	Volumen	45		
Soluciones Constructivas					
Sección Separador	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
Suelo f1	U_BC 300 mm				
Techo f1	U_BC 300 mm				
Pared f3	Enl 15 + LH 70 + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
Pared f4	Enl 15 + LGF 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
Parámetros Acústicos					
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_{atr} (dBA)	ΔR_{atr} (dBA)
Sección Separador	8.5		247	47	
Suelo f1	11.2	3.4	333	48	-
Techo f1	11.2	3.4	333	48	-
Pared f3	8.25	3.4	130	41	-
Pared f4	8.25	3.4	70	30	-

Huecos en el separador					
Ventanas , puertas y lucernarios		S (m²)	R_{atr} (dBA)	R_A (dBA)	ΔR_{atr} (dBA)
	Hueco 1	2.52	40	41	0
	Hueco 2	0	-	-	0
	Hueco 3	0	-	-	0
	Hueco 4	0	-	-	0

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,Atr}$ (dBA)	0
	transmisión directa II	$D_{n,e2,Atr}$ (dBA)	0
	transmisión indirecta	$D_{n,s,Atr}$ (dBA)	0

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
fachada - suelo	de doble hoja y elemento homogéneo interrumpiendo la cavidad (or	8.8	11	8.8
fachada - techo	de doble hoja y elemento homogéneo interrumpiendo la cavidad (or	8.8	11	8.8
fachada - pared	de doble hoja con elementos homogéneos con cavidad o encuentro elást	32.8	2.2	32.8
fachada - pared	de doble hoja con elementos homogéneos con cavidad o encuentro elást	35.5	-0.3	35.5

Transmisión de Ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	44	37	CUMPLE

5.6. Análisis del cumplimiento del CTE con los datos obtenidos y propuesta de solución

A continuación se presenta un cuadro a modo de resumen de los resultados de aislamiento obtenidos, comparándolos con las exigencias mínimas que establece el CTE DB-HR:

	AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO ($D_{nT,A}$)		TRANSMISIÓN DE RUIDO DE IMPACTO ($L_{nT,w}$)	
	OBTENIDO	MÍNIMO SEGÚN CTE	OBTENIDO	MÁXIMO SEGÚN CTE
VIVIENDAS ADYACENTES (SALONES)	41	50	57	65
VIVIENDAS SUPERPUESTAS (DORMITORIOS)	50	50	67*	65

Tabla 6. Resultados obtenidos frente a las exigencias de aislamiento acústico

* Se utiliza aquí el valor de $L_{nT,w}$ obtenido en la medición *in situ*, siendo éste más desfavorable que el valor proporcionado por la simulación adaptada con la Herramienta de Cálculo (66 dB). Aunque se ha tratado de adaptar la simulación a la realidad lo máximo posible, empleando para ello el suelo flotante con menores prestaciones a ruido de impacto, para este caso las soluciones constructivas de la base de datos del programa no permiten obtener exactamente los niveles medidos. Debería entonces crearse, en el caso de pretender aproximarnos con total exactitud al caso real, una nueva solución en la base de datos con valores de aislamiento convenientemente adaptados. Sin embargo, tal operación no resulta necesaria, puesto que la solución constructiva consistirá en una sustitución de los pavimentos, y el resultado anterior no afectará de manera condicionante a nuestros resultados finales.

Casos en los que no se cumplen las exigencias:

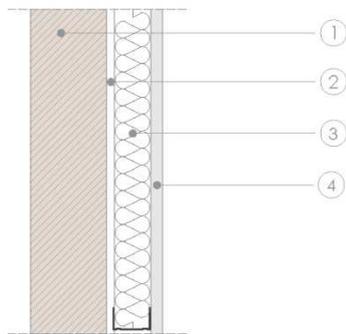
1. Entre viviendas adyacentes: Aislamiento a ruido aéreo.

41 dB de aislamiento frente a los 50 que presenta como mínimo el CTE

*"El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$, entre un recinto protegido y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 50 dBA, siempre que no compartan puertas o ventanas"*³⁹.

³⁹ CTE DB-HR: Documento Básico de Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación pág.2

Solución propuesta: Trasdosado de placa de yeso laminado con aislamiento, por ambas caras del elemento separador entre las viviendas.



1. Hoja principal
2. Separación de 10 mm
3. Aislante: 48mm de lana mineral
4. Placa de yeso laminado de 15 mm.

Figura 9. Solución constructiva para mejorar el comportamiento del elemento separador (pared) entre recintos adyacentes (deberá aplicarse por ambas caras)

Proyecto	C/Nueva del Carmen, 15, Valladolid	
Autor	-	
Fecha	2014/2015	
Referencia	Comportamiento tras la aplicación de las soluciones propuestas. Comprobación de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre salones adyacentes. Salones de viviendas 5ºA y 5ºB	

Características técnicas del recinto 1

Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido	Volumen	45				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores medios)						
Suelo F1	U_BC 350 mm						
Techo F2	U_BC 350 mm						
Pared F3	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	Enl 15 + LGF 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	12.5		160	42	-	14	11
Suelo F1	18	5	360	55	75	0	11
Techo F2	18	5	360	55	75	-	-
Pared F3	8.13	3.25	247	50		-	-
Pared F4	8.13	3.25	70	33		-	-

Características técnicas del recinto 2

Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido	Volumen	45				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores medios)						
Suelo f1	U_BC 350 mm						
Techo f2	U_BC 350 mm						
Pared f3	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + LGF 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	12.5		160	42	-	14	-
Suelo f1	18	5	360	55	75	0	11
Techo f2	18	5	360	55	75	-	-
Pared f3	12.5	3.25	247	50		-	-
Pared f4	12.5	3.25	70	33		-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta

Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A(dBA)	0
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	0

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
Separador - Suelo	Unión en + de doble hoja con apoyo rígido sobre el forjado	3.4	9.4	9.4
Separador - Techo	Unión en + de doble hoja con apoyo rígido sobre el forjado	3.4	9.4	9.4
Separador - Pared	Unión en T de doble hoja y elemento homogéneo interrumpiendo la cavidad (orientación 1)	5.7	8.9	8.9
Separador - Pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	11.5	6.4	6.4

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	50	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	54	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	50	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	54	65	CUMPLE

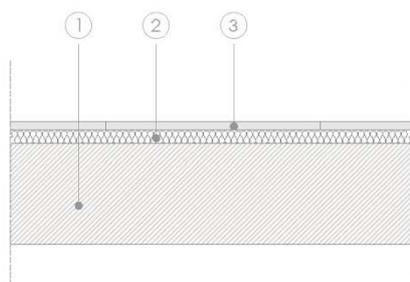
2. Entre viviendas superpuestas: Aislamiento a ruido de impacto.

66 dB de nivel recibido frente a los 65 dB permitidos en CTE

"Protección frente al ruido procedente generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso:

El nivel global de presión de ruido de impactos, $L'_{nT,w}$, en un recinto protegido colindante vertical, horizontalmente o que tenga una arista horizontal común con cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio, no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, no será mayor que 65 dB⁴⁰.

Solución propuesta: Sustituir el pavimento actual⁴¹ por un suelo flotante compuesto por tablero de madera y con un aislante acústico a base de lana mineral de 20 mm de espesor.



1. Acabado de tablero de madera
2. Material aislante de ruido de impactos: 20 mm de lana mineral
3. Forjado

Figura 10. Solución constructiva para mejorar el comportamiento del elemento separador (forjado) entre recintos superpuestos.

⁴⁰ DB-HR, pág4

⁴¹ Por su comportamiento se ha supuesto en la simulación un suelo flotante de tablero de madera con 12 mm de lana mineral, aunque la composición del pavimento real se desconoce.

Proyecto	C/Nueva del Carmen, 15, Valladolid	
Autor	-	
Fecha	2014/2015	
Referencia	Comportamiento tras la aplicación de las soluciones propuestas. Comprobación de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre dormitorios superpuestos. Dormitorios de viviendas 6ªA y 5ªA	

Características técnicas del recinto 1

Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	28
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BC 350 mm						
Pared F1	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F2	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F3	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	11.2		360	55	75	0	15
Pared F1	8.5	3.4	247	50	75	-	-
Pared F2	8.5	3.4	89	36	75	-	-
Pared F3	8.25	3.3	247	50		-	-
Pared F4	8.25	3.3	89	36		-	-

Características técnicas del recinto 2

Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	28
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BC 350 mm						
Pared f1	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f2	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f3	LP 115 + RM + AT + LH 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	Δ R_A (dBA)	Δ L_w (dB)
Separador	11.2		360	55	75	-	-
Pared f1	8.5	3.4	247	50	75	-	-
Pared f2	8.5	3.4	89	36	75	-	-
Pared f3	8.25	3.3	247	50		-	-
Pared f4	8.25	3.3	89	36		-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta

Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0
	índice de reducción	R_A (dBA)	0
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	0

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
Separador - Pared	Unión en T de doble hoja y elemento homogéneo interrumpiendo la cavidad (orientación 3)	11.7	8.9	8.9
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	21.2	10.8	10.8
Separador - Pared	Unión en T de doble hoja y elemento homogéneo interrumpiendo la cavidad (orientación 3)	11.7	8.9	8.9
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	21.2	10.8	10.8

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	50	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	62	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	50	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	-	-	-

Tabla comparativa de resultados:

	AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO ($D_{nT,A}$)			TRANSMISIÓN DE RUIDO DE IMPACTO ($L_{nT,w}$)		
	SITUACIÓN INICIAL	TRAS SOLUCIÓN	MÍN. SEGÚN CTE	SITUACIÓN INICIAL	TRAS SOLUCIÓN	MÁX. SEGÚN CTE
VIVIENDAS ADYACENTES (SALONES)	41	50	50	57	54	65
VIVIENDAS SUPERPUESTAS (DORMITORIOS)	50	50	50	67	62	65

Tabla 7. Comparativa entre los valores de aislamiento iniciales, los obtenidos en la simulación tras la reforma, y las exigencias establecidas por el CTE DB-HR

Se solucionan adecuadamente, por tanto, los problemas de aislamiento detectados. Se produce además una mejora en el comportamiento frente a ruido de impactos en salones adyacentes, puesto que, si bien se cumplían los requisitos mínimos, mejora el comportamiento al ruido aéreo, componente generada también en este tipo de ruidos.

6. CONCLUSIONES

- Conclusiones sobre los resultados prácticos:

En general, los resultados de aislamiento obtenidos de manera experimental han sido mejores de lo que cabía esperar, considerando los materiales descritos en la memoria, las consultas realizadas a los vecinos, y la fecha de construcción del inmueble. Esto simplifica la propuesta de soluciones y hace sencilla su posible ejecución.

El caso más desfavorable es aquel que estudia el aislamiento a ruido aéreo entre recintos adyacentes (salones). Es, además, aquel al que los vecinos habían hecho referencia en más ocasiones.

En este caso, aunque ya el aislamiento total es inferior a las exigencias del DB-HR, además se presenta la particularidad de que aquellas frecuencias en las que el aislamiento acústico presenta peores valores se corresponden con las propias de los ruidos domésticos. Esta singularidad podría deberse a una coincidencia con las frecuencias de resonancia de la pared.

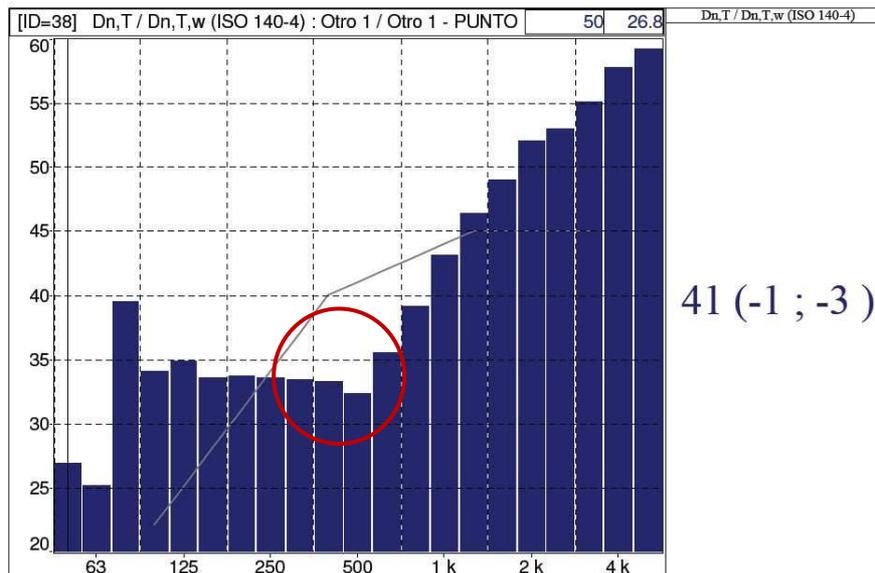


Figura 11. Valores de D_{nT} entre recintos adyacentes por frecuencias. Medida por puntos para fuente 1.

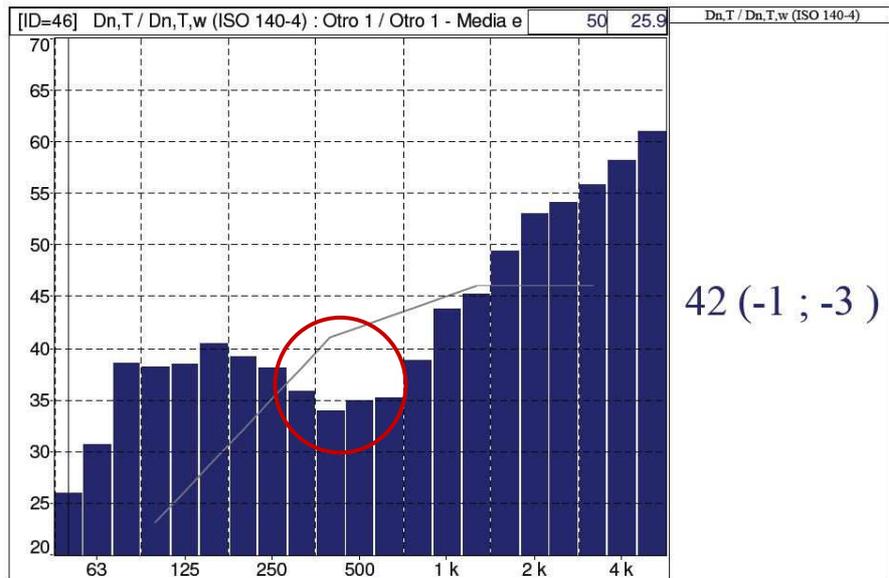


Figura 12. Valores de D_{nT} entre recintos adyacentes por frecuencias. Medida por puntos para fuente 2.

Véase el cuadro expuesto a continuación, donde encontramos los valores de aislamiento acústico para fábricas de diferente espesor.

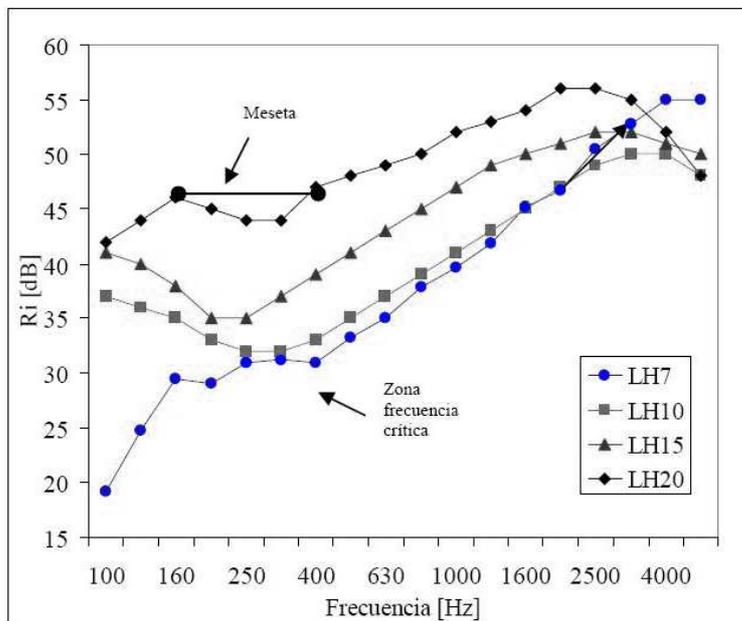


Figura 13. Aislamiento acústico de fábricas de ladrillo hueco de diferentes espesores.

Fuente: Trabajo de Fin de Máster: "Revisión de Modelos de Predicción de Aislamiento Acústico de Paredes", Cristian Mauricio Mondaca, Universidad de Valladolid, 2010

En color azul tenemos los valores que presenta un ladrillo hueco de 7 cm de espesor, semejante por tanto a la pared de una sola hoja de ladrillo hueco doble que, según la memoria constructiva, constituye nuestro elemento separador en el caso de salones adyacentes.

Como podemos observar, la zona de frecuencias críticas coincide con el rango de frecuencias que presenta peor comportamiento a aislamiento. Se prevé que dicha situación mejoraría en el caso de aplicarse las soluciones propuestas, ya que al cambiar la masa, rigidez y espesores de la solución constructiva, se modifican las frecuencias de resonancia.

En lo que respecta al aislamiento a ruido de impacto, sorprende lo positivo de los resultados, y si bien las exigencias establecidas por el DB-HR no se cumplen en el caso de viviendas superpuestas, el nivel de ruido de impactos no se aleja tanto de los requisitos mínimos como cabría esperar. Esto es debido, principalmente, a la progresiva sustitución de los suelos de terrazo originales (mencionados en la memoria constructiva) por pavimentos de madera, con mejor comportamiento frente a la transmisión de ruido de impacto.

Tenemos por último el caso del aislamiento de fachada, que desafortunadamente no ha podido llevarse a cabo de manera experimental. Aunque se ha realizado la simulación mediante la Herramienta de Cálculo del DB-HR, los resultados obtenidos a partir de ésta no pueden ser considerados como representativos de la situación real, como ya se ha mencionado anteriormente.

- Conclusiones sobre la realización del trabajo:

A modo de valoración personal, considero que el Trabajo de Fin de Grado realizado consigue, al ser su carácter final eminentemente práctico, conciliar teoría y práctica, con lo que se ha llegado a obtener un grado considerable de conocimientos sobre el tema, especialmente si se considera que se trataba de la primera experiencia en este campo de estudio.

Han quedado fuera del trabajo algunos temas, como pueden ser: modelos de predicción para elementos separadores, numerosos conceptos físicos que no

resultan tan determinantes para la comprensión del trabajo, o un estudio más exhaustivo del comportamiento de la fachada.

Sin embargo, si bien estos temas no han podido tratarse, principalmente debido a que era necesario acotar la extensión del TFG, considero que los objetivos expuestos en el primer apartado de este trabajo han sido cumplidos. Así, se han asimilado los conceptos físicos, conceptos sobre aislamiento, y normativa que son básicos para comprender los datos obtenidos, se ha aprendido a realizar una medición *in situ* y a manejar la instrumentación, además de a emplear la Herramienta de Cálculo del DB-HR.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ARAU, HIGINI, *ABC de la Acústica Arquitectónica*. Editorial CEAC, Barcelona, 1999.
- CARRASCAL, T., ROMERO, A., CASLA, B. "Aplicación de los criterios de aislamiento acústico del CTE a los edificios existentes", Artículo técnico facilitado por Hispalyt.
- CTE DB-HR: *Documento Básico de Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación*
- Guía de Aplicación del DB-HR
- MACHIMBARRENA, M., RASMUSSEN, B. y FAUSTI, P. "Evolución del marco normativo internacional en acústica de la edificación", IX Congreso Iberoamericano de acústica, FIA2014, Valdivia, Chile. Consultado desde: http://www.researchgate.net/publication/272150703_Evolucin_del_marco_normativo_internacional_en_acstica_de_la_edificacin_-_Plenary_Lecture [Última consulta: 19 de agosto de 2015]
- MACHIMBARRENA, M., *Apuntes del Máster en Ingeniería Acústica y Vibraciones*, Universidad de Valladolid y Universidad de León.
- MARQUÉS, A., SÁNCHEZ, J.F. *Acústica Arquitectónica Básica*. Gráficas OGGI. Instituto Oficial de Radio y Televisión, Madrid, 1987.
- MAURICIO MONDACA, C., *Revisión de Modelos de Predicción de Aislamiento Acústico de Paredes*, Trabajo de Fin de Máster, Universidad de Valladolid, 2010.
- RECUERO LÓPEZ, M., GIL GONZÁLEZ, C. *Acústica Arquitectónica*. Imprime Izquierdo S.A, Madrid, 1991
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J., DE LA PUENTE CRESPO, J. *Guía Acústica de la Construcción*. Editorial CIE DOSSAT, Madrid, 2006
- TIPLER, P.A., MOSCA, G. *Física para la Ciencia y la Tecnología, Vol.1. 5ª edición*. Editorial Reverté, Barcelona, 2005.

- UNE-EN ISO 140-5: *Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.* 1999.
- UNE-EN ISO 140-7: *Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 7: Medición in situ del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos.* 1999.
- UNE-EN ISO 16283-1: *Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.* 2014.
- UNE-EN ISO 3382-2: *Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.* 2008.
- UNE-EN ISO 717-1: *Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.* 1996
- UNE-EN ISO 717-2: *Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.* 1996
- <http://sicaweb.cedex.es/>
- <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/comite/niveles.htm> [Última consulta: 17 de julio de 2015]
- <http://www.inasel.com/Acustipedia/Conceptos-generales/Que-es-la-sonoridad-Como-oye-el-oido-humano.html> [Última consulta: 10 de agosto de 2015]
- <http://www.noisess.com/une-en-iso-16283-1/> [Última consulta: 17 de julio de 2015]

ANEXO

-TABLAS DE DATOS-

ÍNDICE

Aislamiento a ruido aéreo: recintos adyacentes (salones 5°A-5°B)

- Cuadro 1: Toma de datos por puntos, recintos adyacentes. Fuente 1.
- Cuadro 2: Valores promedio y aislamiento a ruido aéreo, recintos adyacente. Fuente 1. Puntos.
- Cuadro 3: Valores por barrido y aislamiento a ruido aéreo entre recintos adyacentes. Fuente 1.
- Cuadro 4: Toma de datos por puntos, recintos adyacentes. Fuente 2.
- Cuadro 5: Valores promedio y aislamiento a ruido aéreo, recintos adyacente. Fuente 2. Puntos.
- Cuadro 6: Valores por barrido y aislamiento a ruido aéreo entre recintos adyacentes. Fuente 2.

Aislamiento a ruido aéreo: recintos superpuestos (dormitorios 6°A-5°A)

- Cuadro 7: Toma de datos por puntos, recintos superpuestos. Fuente 1.
- Cuadro 8: Valores promedio y aislamiento a ruido aéreo, recintos superpuestos. Fuente 1. Puntos.
- Cuadro 9: Valores por barrido y aislamiento a ruido aéreo entre recintos adyacentes. Fuente 2.

Aislamiento a ruido de impacto: recintos adyacentes (salones 5°A-5°B)

- Cuadro 10: Toma de datos entre recintos adyacentes. Impacto.
- Cuadro 11: Valores promedio y nivel de ruido de impactos transmitido entre recintos adyacentes.

Aislamiento a ruido de impacto: recintos superpuestos (dormitorios 6°A-5°A)

- Cuadro 12: Toma de datos entre recintos superpuestos. Impacto.
- Cuadro 13: Valores promedio y nivel de ruido de impactos transmitido entre recintos superpuestos.

Tipo	R.emitido	R.emitido	R.emitido	R.emitido	R.emitido	R.recibido	R.fondo								
Identificador															
Comentario															
Tiempo medida	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s
dB/Lin	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
50 Hz	69	70,1	71,7	73,3	74,3	45,6	24,3	43,1	28	46	33,6	53,7	46,6	49,1	34,5
63 Hz	70,9	65,1	64,9	75,3	72,9	36,3	15,4	46,7	36	44,7	24,7	43,3	30,6	43,9	22,5
80 Hz	74,6	75,5	67,8	68	75,9	36,2	14,5	35,9	24,8	36,2	19,5	32,4	25,1	37,5	17,5
100 Hz	77,4	69,7	75,5	78,1	75,9	42,2	22,5	35,3	18,6	36,9	19	32	23,8	38,2	20,8
125 Hz	76,8	75,4	77,2	76,9	77,2	40,3	18,9	38,9	28,1	40,1	17,6	36,4	19,9	36,9	19,4
160 Hz	81,3	82,9	85	84,8	82,6	44,8	20,2	40,4	20,8	42,9	21,3	39,2	22,8	44,7	22,9
200 Hz	80,2	84,9	82,1	82,3	88,8	48,8	19,9	44,7	20,4	45,6	18	40,8	24,7	46,2	18,7
250 Hz	79,9	79,5	84,6	85,5	82,5	42,5	18,2	46,6	20,3	46,8	18,6	45,9	21,5	42,7	16,6
315 Hz	83,8	86	86,9	84,8	83	48,6	16,7	47,1	18,8	52	17,3	50,2	21,4	48,6	16,9
400 Hz	83,2	84,7	88,7	84,4	83	48,8	13,2	49,8	16,1	50,8	25,1	50,6	21,3	53,5	15,5
500 Hz	84,5	86,9	87,4	87	89,6	51,5	11,9	53,5	14,2	49,8	19,3	50,4	18,6	53,3	15,5
630 Hz	83,4	86,2	87,3	87,1	88	50	8,6	50,7	14,3	51,1	16,8	49,8	15,9	51,5	15,2
800 Hz	84,9	88,1	87,1	86,7	89,1	49,7	9,9	48,4	14,3	47,3	17,5	47,5	14	48,1	14,1
1 kHz	86,5	88,7	92	88,3	91,9	45,8	11	45,4	12,5	46	14,4	45,7	13,7	46,9	13
1.25 kHz	89,5	90	90,3	92	91,8	46	10,7	44	12	45,5	13	44,3	13,7	46,5	13,2
1.6 kHz	89,8	92,8	93,6	92,6	94,1	42,4	9	42,1	12,4	43,2	10,7	44,3	13,8	43,5	13
2 kHz	92,5	93,1	94,7	94,2	94,8	41,9	8,3	40,1	10,8	40,7	10,8	39,7	12	40,5	12,6
2.5 kHz	95	94,6	95,3	95,9	95,2	41,1	8,2	40,9	10	40,8	12,6	40,5	11,1	40,8	11,4
3.15 kHz	92,7	94,4	95,4	95	95,9	38,1	7,8	38,4	10	38,7	20,9	38,6	9,8	39,1	10,7
4 kHz	92,4	94,2	94,9	94,4	96,3	35,1	8,2	35,6	9,8	36,4	10,6	36,7	9,7	35,7	10,7
5 kHz	93,5	95,1	96	94,8	96,9	34,3	9,1	33,2	9,3	34	9,4	34,1	9	33,9	10,2

Cuadro 1: Toma de datos por puntos recintos adyacentes. Fuente 1

Familia Tipo	RT Room	Autoespectro R.emitido	Autoespectro R.fondo	Autoespectro R.recibido	Aislamiento acústico
Identificador	AVG	AVG	AVG	AVG	INSU
Comentario	Tr promedio	Media emitido F1	Fondo promedio	Recibido promedio	
Tiempo medida		10s	10s	10s	
dB/Lin	Lin	dB	dB	dB	dB
50 Hz	0,87	72,1	40,1	49,2	25,90
63 Hz	1,04	71,6	30,5	44	30,70
80 Hz	0,59	73,6	22	35,9	38,50
100 Hz	0,53	76,1	21,4	38,2	38,20
125 Hz	0,56	76,7	22,9	38,8	38,40
160 Hz	0,47	83,5	21,7	42,9	40,40
200 Hz	0,52	84,8	21,1	45,9	39,10
250 Hz	0,53	83	19,4	45,3	38,00
315 Hz	0,53	85,1	18,6	49,6	35,80
400 Hz	0,45	85,4	20,5	51	33,90
500 Hz	0,44	87,4	16,7	52	34,90
630 Hz	0,41	86,7	14,9	50,7	35,10
800 Hz	0,46	87,4	14,6	48,3	38,80
1 kHz	0,47	90	13,1	46	43,70
1.25 kHz	0,47	90,8	12,6	45,4	45,20
1.6 kHz	0,47	92,8	12,1	43,2	49,40
2 kHz	0,46	94	11,1	40,6	53,00
2.5 kHz	0,47	95,2	10,9	40,8	54,10
3.15 kHz	0,45	94,8	15,1	38,6	55,80
4 kHz	0,44	94,6	9,9	35,9	58,20
5 kHz	0,44	95,4	9,4	33,9	60,90

Cuadro 2: Valores promedio y aislamiento a ruido aéreo entre recintos adyacentes. Fuente 1 Puntos

Familia Tipo	RT Room	Autoespectro R.emitido	Autoespectro R.recibido	Autoespectro R.fondo	Aislamiento acústico
Identificador	AVG				INSU
Comentario	Tr promedio	Barrido emisor	Barrido recibido	Barrido Fondo	
Tiempo medida		30s	30s	30s	
dB/Lin	Lin	dB	dB	dB	dB
50 Hz	0,87	69,9	45,4	35,5	27,40
63 Hz	1,04	70,5	45,5	29,7	28,20
80 Hz	0,59	76,4	34,7	19,8	42,40
100 Hz	0,53	76,1	40,4	20,8	36,00
125 Hz	0,56	74,2	40,9	21,2	33,80
160 Hz	0,47	79,5	43,3	19,1	36,00
200 Hz	0,52	80,2	45,9	18,4	34,50
250 Hz	0,53	81,7	45,9	16	36,00
315 Hz	0,53	84,1	50,5	15,1	33,90
400 Hz	0,45	82,6	51	11,5	31,10
500 Hz	0,44	85,1	52,3	10,2	32,20
630 Hz	0,41	84,9	50,2	9	33,80
800 Hz	0,46	86,2	48,7	8,4	37,20
1 kHz	0,47	88,2	46,3	10,5	41,60
1.25 kHz	0,47	90,6	44,9	10,2	45,50
1.6 kHz	0,47	91,9	43,6	12,2	48,10
2 kHz	0,46	92,6	40,4	9,6	51,90
2.5 kHz	0,47	93,9	40,9	8,5	52,70
3.15 kHz	0,45	93,3	39,2	8,3	53,60
4 kHz	0,44	93,7	36,5	8,3	56,70
5 kHz	0,44	93,6	34,4	8,3	58,60

Cuadro 3: Valores por barrido y aislamiento a ruido aéreo entre recintos adyacentes. Fuente 1

Tipo	R.emitido	R.emitido	R.emitido	R.emitido	R.emitido	R.recibido	R.recibido	R.recibido	R.recibido	R.recibido	R.fondo	R.fondo	R.fondo	R.fondo	R.fondo
Identificador															
Comentario															
Tiempo medida	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s
dB/Lin	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
50 Hz	65,7	62,9	72,7	71,2	76,4	49,8	42,2	46,3	50,1	49,6	29,6	35,9	31,7	44,5	42,4
63 Hz	68,7	66	74	66,6	71,5	45,1	46,5	45,1	52,1	49	28,2	37	23,6	31,5	30,1
80 Hz	76,2	74,9	68,1	62,7	63,2	33,4	35	34,6	32,7	30,3	18,7	20,8	18	20	20,1
100 Hz	77,9	74,8	72,3	74,2	73,3	43,2	42,4	40,1	40	38,8	21,1	23,7	22,6	21,4	26,8
125 Hz	75,7	76,1	75,4	78,1	74,9	42,1	44,3	41,3	41,2	38,6	19,3	23,6	18,8	19	26
160 Hz	81,7	81,3	79,4	83,8	81,2	46,7	48,6	49,9	48	45,3	20,3	25,8	19,4	20,2	27,7
200 Hz	82,8	84	78,7	80,2	82,3	47,1	50	50,9	47,5	44	22,6	26	17,7	23,7	28,1
250 Hz	80,4	79,3	81,3	78,1	78,9	42,9	47,2	48	45,1	47,4	18,9	27,7	16	19,4	24,4
315 Hz	81,7	80,7	84,2	84	85,9	50,4	52,5	51,1	48	49,4	17,1	26,8	16,3	16,9	19,6
400 Hz	82	79,7	83,1	82,7	85,5	50,9	48,3	47,5	49,1	49,9	13,3	21,1	10,9	16,5	19,8
500 Hz	84,3	84	86,9	83,2	87,1	53,7	52,4	53,3	49,6	52,6	11,1	20	10,6	14,6	17,3
630 Hz	86,5	85,7	87,4	85	85,3	49,3	49,5	50,7	49,5	49,4	7,3	16,8	8,7	11	15
800 Hz	84,7	87,2	87,8	85,2	88,1	45,9	48,8	47,5	46,8	47,2	6,7	18,1	10,7	9,9	13,6
1 kHz	86,7	88,5	87,9	87,8	90,4	45,2	46,8	44,8	43,6	44,3	9,3	18,8	11,7	10,6	12,5
1.25 kHz	89,2	90,2	89,3	91	90,6	44,3	43,9	43,3	42,1	43,6	10,6	18,1	9,5	12,4	13,3
1.6 kHz	90,8	92,5	91,4	91,9	92	42,1	43,6	43	42,2	41,4	10,5	15,5	10,1	9,6	13,2
2 kHz	91,2	92	92,3	92,4	94,7	39,5	41,3	41,5	39,6	38,8	9,5	16,4	9,1	8,5	10,8
2.5 kHz	92,2	93,4	93,6	94	96,7	41,6	41,2	41,1	40,3	40,7	15,3	16,9	7,6	7	11,4
3.15 kHz	92	92,4	94,5	93	95,7	38	37,5	38,7	38,1	38,5	11,3	18,6	6,1	7	8,8
4 kHz	93,1	92,2	94,7	93,4	95,9	34,3	35	36,8	36,1	36	7,5	13,8	7,3	6,8	8,1
5 kHz	93,1	92,5	95,6	92,7	94,5	33,3	34,1	34,6	32,9	34,6	7,6	11,4	7,3	7,3	7,6

Cuadro 4: Toma de datos por puntos recintos adyacentes. Fuente 2

Familia Tipo	RT Room	Autoespectro R.emitido	Autoespectro R.fondo	Autoespectro R.recibido	Aislamiento acústico	
Identificador	AVG	AVG	AVG	AVG	INSU	
Comentario	Tr promedio	Media emitido F2	Fondo F2	Recibido F2		
Tiempo medida		10s	10s	10s		
	dB/Lin	Lin	dB	dB	dB	
	50 Hz	0,87	72,1	40,2	48,4	26,8
	63 Hz	1,04	70,4	32,2	48,5	25,1
	80 Hz	0,59	72,2	19,6	33,5	39,5
	100 Hz	0,53	75	23,7	41,2	34
	125 Hz	0,56	76,2	22,4	41,9	34,8
	160 Hz	0,47	81,7	24	48	33,5
	200 Hz	0,52	82	24,8	48,5	33,7
	250 Hz	0,53	79,7	23,3	46,5	33,5
	315 Hz	0,53	83,7	21,5	50,5	33,4
	400 Hz	0,45	83	17,8	49,3	33,2
	500 Hz	0,44	85,4	16,2	52,5	32,3
	630 Hz	0,41	86,1	13,2	49,7	35,5
	800 Hz	0,46	86,8	13,6	47,3	39,1
	1 kHz	0,47	88,4	14,1	45,1	43,1
	1.25 kHz	0,47	90,1	13,9	43,5	46,4
	1.6 kHz	0,47	91,8	12,4	42,5	49
	2 kHz	0,46	92,7	12	40,3	52,1
	2.5 kHz	0,47	94,3	13,3	41	53
	3.15 kHz	0,45	93,7	13,1	38,2	55,1
	4 kHz	0,44	94,1	9,7	35,7	57,8
	5 kHz	0,44	93,8	8,6	34	59,3

Cuadro 5: Valores promedio y aislamiento a ruido aéreo entre recintos adyacentes. Fuente 2 Puntos

Tipo	R.emitado	R.emitado	R.emitado	R.emitado	R.emitado	R.recibido	R.recibido	R.recibido	R.recibido	R.recibido	R.fondo	R.fondo	R.fondo	R.fondo	R.fondo
Identificador															
Comentario															
Tiempo de Medida	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s
	dB/Lin	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
50 Hz	83,6	73,7	85	78,7	73,8	45,6	36,3	48,9	39,1	40	40,4	31,1	38,2	48,2	32,4
63 Hz	79	58,8	70,5	70,4	63,2	46,4	38,3	44,2	42,6	42,8	30,2	21,4	39,8	44,3	25,7
80 Hz	73,9	61,8	67,1	70,5	60,9	38,7	42,6	49,9	36,2	43,9	21,7	16,4	28,8	45,1	20,7
100 Hz	63,4	78	69,7	71,5	67,5	38,1	32,7	41,3	34,1	34,8	19,3	25,8	21,8	28,7	22,9
125 Hz	77,1	73,4	70	73,3	79,7	33,4	36,6	35,3	32,9	33	16,4	18,6	25,2	32,5	15,7
160 Hz	83,8	79,6	84,3	83,6	82,5	37,6	40,1	37,4	33,5	38,9	17,6	16,9	23,2	29,3	24,2
200 Hz	82,5	85,5	84,9	84,2	83,2	38,1	44,2	43,7	42,8	40,9	12,5	31,5	21,2	24,2	17,8
250 Hz	79,7	86,2	84,4	82,6	84,2	39,4	41,9	40,2	42,4	39,3	11,8	47	21,4	22	16,9
315 Hz	85,8	86,3	85,2	86,3	86,6	39	42,9	41,7	40,1	40,7	13,4	27,2	19,3	22,9	17,5
400 Hz	87,6	82,9	83,3	85,2	83,4	41,3	43,9	39	43	40,5	9,7	24,3	16,3	19,8	11,2
500 Hz	91,9	90,5	88,6	91	87,7	41,4	39,7	40,5	41,1	43,8	9,1	39,2	16,5	18	12,6
630 Hz	88,7	86,7	86,3	88,5	88,9	40,4	39	40,9	38,9	40,2	7,7	20,1	13,9	17,9	12,8
800 Hz	89,9	90,7	88,3	90	89,7	38,5	39	40	39,4	39,7	6,7	20,3	14,8	17,6	12,3
1 kHz	92,2	93,6	89,9	90,4	92,3	39,1	39,1	39,8	40,6	40,4	9	17,9	16,4	18,9	10,4
1.25 kHz	94,7	94,6	94	94,3	94,4	39,8	40,2	40,7	39,8	38,8	11,1	20,8	18,8	17,3	10,6
1.6 kHz	93,6	95,8	96,1	95,1	95,3	35,7	37,8	36,9	35,6	36,7	8,9	14,3	16,5	15	9,6
2 kHz	96,6	94,2	94,8	96,3	96,4	35	35,3	36,8	37,4	36,5	8	8,4	12,5	12,6	8,1
2.5 kHz	97,1	96,6	95,7	95,6	96,7	35,6	35,2	35,9	36,4	36,1	5,8	8,2	8,6	10,3	6,4
3.15 kHz	96,7	96,3	94,6	95,4	94,4	30,4	32,6	32,8	31,7	31,9	5,9	8,3	7	10,1	6,8
4 kHz	96,4	96,9	96,1	95,1	97	28,3	30	29,2	28	29,6	6,2	7,9	7,1	10,3	7,4
5 kHz	97,1	95,7	96,3	96,7	97,6	24	24,9	24,8	25,2	25,9	6,8	7,1	7,1	10,2	7,7

Cuadro 7: Toma de datos por puntos recintos superpuestos. Fuente 1

Familia Tipo	RT Room	Autoespectro Ruido emitido	Autoespectro Ruido recibido	Autoespectro Ruido de fondo	Aislamiento acústico
Identificador	AVG				INSU
Comentario	Tr promedio				
Tiempo medida		30s	30s	30s	
dB/Lin	Lin	dB	dB	dB	dB
50 Hz	0,87	78,8	45,7	49,5	
63 Hz	1,04	71	48,7	45,2	26,8
80 Hz	0,59	68,7	45,9	46,5	
100 Hz	0,53	76,5	43,8	35,5	33,7
125 Hz	0,56	74,8	41,3	34,7	35
160 Hz	0,47	80,4	43,2	32,3	37
200 Hz	0,52	82,8	39,8	25,8	43,2
250 Hz	0,53	84,4	42,4	23,1	42,2
315 Hz	0,53	86,7	44,2	24,2	42,8
400 Hz	0,45	86,2	41,6	22,8	44,1
500 Hz	0,44	88	41	21,9	46,4
630 Hz	0,41	87,9	39,8	20,9	47,2
800 Hz	0,46	89,9	39,6	20,8	50
1 kHz	0,47	91,4	40,4	20,1	50,7
1.25 kHz	0,47	93,3	39,7	20,3	53,4
1.6 kHz	0,47	94,2	37,3	18,2	56,7
2 kHz	0,46	95,1	35,8	16,6	59
2.5 kHz	0,47	96,4	35,5	12,4	60,6
3.15 kHz	0,45	96	31,2	10,7	64,3
4 kHz	0,44	96,1	29,1	11,2	66,5
5 kHz	0,44	95,7	24,9	10,1	70,2

Cuadro 9: Valores por barrido y aislamiento a ruido aéreo entre recintos superpuestos. Fuente 2

Tipo	Impacto rec.	R.fondo															
Identificador																	
Comentario																	
Tiempo de Medida	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s								
dB/Lin	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB								
50 Hz	41,2	44,6	40,3	47,7	37,8	46,7	46,4	49,8	35	28,5	21,3	38,4	34,8	36,7	28	30,2	
63 Hz	48,2	45	50,8	52,3	46,4	37	51,3	46,3	32,8	21,4	21,4	36,4	32,6	26	28,6	21,7	
80 Hz	43	45	57,5	52,1	53,7	47,1	54,6	49,5	23,3	17,7	17,1	24,8	23,1	18,5	21,8	24,5	
100 Hz	58,7	59,3	63,6	61,6	54,4	54,6	59,4	58,4	25	21,1	22,2	27,1	23,8	21,2	22,5	25,1	
125 Hz	61,6	60,7	59,7	55,5	52,8	57,7	62,5	62	22,4	21,5	17,9	26,2	23,7	26,9	25,2	25,7	
160 Hz	66,8	58,2	56,1	54,4	59,6	64,9	61,1	58,5	23,1	18,7	17,2	25,4	26,3	26,8	24,8	28,4	
200 Hz	63,7	61,6	59	54,9	61,3	60,4	56,1	57,1	25,4	17,2	17,3	25,4	27,1	24,4	21,8	27,6	
250 Hz	65,7	64,9	58,4	58	59	57,4	59,3	59,8	22,4	16,5	17,4	22,6	28,8	23,6	20,3	22,7	
315 Hz	63	61,2	61,4	60,3	58,7	59,2	60,5	60	19,4	17,8	15	18,4	25,5	20,7	19,9	21,8	
400 Hz	66,1	63,6	62,1	59,8	58,4	59,4	60,4	62,3	23,4	17,7	14,1	16,3	24,6	21,3	17,7	18,9	
500 Hz	66,4	65	61,5	62,8	58,7	59,5	58,3	61,9	21,8	15,9	12,3	14,5	22,7	19	17,8	16,2	
630 Hz	65,3	63,7	63,7	63,1	53,9	53	58,4	57,1	18,9	13,1	13	14,4	21,6	16,8	9,1	13,7	
800 Hz	57,1	56,3	53,3	53,1	51,8	50,4	54,1	53	19,3	12,6	12,4	13,8	20,9	15,8	8,2	10,7	
1 kHz	58,2	55,9	50,3	49,1	46,4	46,7	49,1	49,6	17,2	10,9	13,7	13,3	19,9	15,6	5,6	10,8	
1.25 kHz	45	44,8	42,9	43,3	40,9	40,3	47,2	46,9	15,7	10,2	13,1	12,5	20,2	14,7	6,3	11,4	
1.6 kHz	42,6	41,6	38,9	39,2	35,3	35,4	44,8	46,6	15,5	14,8	13,1	11,1	23,6	15,9	8,8	16,2	
2 kHz	35,8	35,4	31,3	32	31	31	35,2	39	13,6	11,1	15,2	11,6	21,8	15,3	8,6	13,9	
2.5 kHz	31,9	32,3	28,8	28	30,1	31,2	34,5	34,2	13,5	10,6	16	9,1	18,9	12,7	6,8	10,1	
3.15 kHz	31,1	30,7	27,2	27,6	29,2	29,6	31,1	30,8	12,4	10,3	16,8	8,4	20,5	11,3	7	10,2	
4 kHz	27,4	27,1	24,6	23,9	25,7	27,3	25,2	23,5	10,8	8,9	14,8	8,2	17,8	10,2	7,2	10,2	
5 kHz	21,7	21,4	18,7	18,1	21,2	24,6	17,5	17,6	9,5	8,2	12,4	8,1	13,2	8,7	7,5	9,1	

Cuadro 10: Toma de datos entre recintos adyacentes. Impacto.

Tipo	Room	R.fondo	Impacto rec.	Ruido de impacto
Identificador	AVG	AVG	AVG	IMPACT
Comentario	Tr promedio	Media Fondo	Media Recibido	
Tiempo de Medida		10s	10s	
dB/Lin	Lin	dB	dB	dB
50 Hz	0,87	34	45,8	43,4
63 Hz	1,04	30,8	48,9	45,7
80 Hz	0,59	22,2	52,6	51,8
100 Hz	0,53	24	59,7	59,4
125 Hz	0,56	24,4	60	59,6
160 Hz	0,47	25,1	61,8	62
200 Hz	0,52	24,6	60,1	59,9
250 Hz	0,53	23,4	61,5	61,3
315 Hz	0,53	20,8	60,7	60,4
400 Hz	0,45	20,5	62,2	62,7
500 Hz	0,44	18,8	62,6	63,2
630 Hz	0,41	16,6	61,7	62,5
800 Hz	0,46	16,1	54,1	54,5
1 kHz	0,47	15,1	52,7	53
1.25 kHz	0,47	14,7	44,5	44,8
1.6 kHz	0,47	17,2	42,2	42,4
2 kHz	0,46	15,7	34,8	35,1
2.5 kHz	0,47	13,8	31,9	32,2
3.15 kHz	0,45	14,5	29,9	30,4
4 kHz	0,44	12,5	25,8	26,3
5 kHz	0,44	10,1	20,8	21,4

Cuadro 11: Valores promedio y nivel de ruido de impacto transmitido entre recintos adyacentes

Tipo	Impacto rec.	R.fondo	R.fondo	R.fondo	R.fondo	R.fondo	R.fondo					
Identificador												
Comentario												
Tiempo de Medida	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	10s
dB/Lin	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
50 Hz	57,8	56,8	53,6	58,1	50,8	46,3	35,2	32,6	32,2	31,3	30,4	38,3
63 Hz	51,2	61,7	54,4	57,4	56,8	55,5	37,3	28,3	28,4	34,8	26,4	48,3
80 Hz	57,1	52,5	55,9	63,4	55,2	51	33,9	26,4	26,3	22,9	23,3	35
100 Hz	56,5	54,2	62	63,4	60,2	65,3	33,2	23,9	30,9	28,2	28,7	37,2
125 Hz	58,5	64,3	58,1	61,6	64,3	61,4	29,4	22,3	23,7	26,6	23,1	38,4
160 Hz	66,7	62,3	60,6	57,6	62,2	62,8	36,1	22,5	26,8	20,1	16,2	32,8
200 Hz	60,3	59,8	59,8	60,3	65,2	64,7	30,7	19,2	23,5	18,8	16,9	27,1
250 Hz	64,1	59	61,4	63,1	62,8	62,7	31,1	15,6	21,3	18,3	15,3	29,1
315 Hz	65,2	63,4	62,6	64,3	65,7	62,2	33,1	14,8	22,2	16,4	14,4	25,7
400 Hz	64	63,8	63,3	65	65,9	65,1	30,1	13,2	20,3	19,7	11,3	21,9
500 Hz	67,4	64,7	65	66,6	63,4	64,6	28,9	13,4	16,4	19	8,4	21,2
630 Hz	64,7	65,8	63,8	64,4	66,3	65,8	22,5	14,1	15,7	14,8	9,3	19,8
800 Hz	65,5	67	63,3	62,6	64,3	66,8	19	15,1	17,7	14,5	10,3	20,5
1 kHz	65,6	66,2	64,9	62,8	66,3	67,6	18,4	13,9	17,4	14,5	9,5	20,9
1.25 kHz	65,3	64	67,3	64,9	67,2	69	17,6	16	20,5	14,7	10,6	20,5
1.6 kHz	62,6	60,3	63,2	63,8	66,1	67,5	13,9	18,1	19,3	16,2	9,6	19,9
2 kHz	60,8	61,6	59,2	59,7	61,3	61,7	10,7	13,1	14,4	12,4	7,2	22,8
2.5 kHz	55,7	56,3	52,8	53,3	57,2	58,4	6,7	9,1	11,2	7,4	5,8	17,8
3.15 kHz	48	48,9	45,1	45,9	51,7	52,2	5,9	7,6	9,9	7,7	5,9	12,4
4 kHz	37,1	39,5	35,7	35,8	42,7	46,1	6,8	7,2	9	7,7	6,7	10,6
5 kHz	29,6	29,9	26,7	26,6	32,6	35,1	7,4	7,1	8,8	7,4	7,3	9,3

Cuadro 12: Toma de datos entre recintos superpuestos. Impacto.

Tipo	Room	R.fondo	Impacto rec.	Ruido de impacto
Identificador	AVG	AVG	AVG	IMPACT
Comentario	Tr promedio	Media fondo	Media recibido	Nivel de r.impacto
Tiempo de Medida		10s	10s	
dB/Lin	Lin	dB	dB	dB
50 Hz	8,68E-01	34,3	55,5	53,1
63 Hz	1,04E+00	41,1	57,4	54,2
80 Hz	5,94E-01	30,6	57,9	57,2
100 Hz	5,32E-01	32,3	61,7	61,4
125 Hz	5,56E-01	31,7	62	61,6
160 Hz	4,75E-01	30,5	62,9	63,1
200 Hz	5,22E-01	25,5	62,4	62,2
250 Hz	5,28E-01	26	62,5	62,2
315 Hz	5,33E-01	26,5	64,1	63,8
400 Hz	4,48E-01	23,7	64,6	65,1
500 Hz	4,40E-01	22,5	65,5	66
630 Hz	4,09E-01	18	65,2	66,1
800 Hz	4,62E-01	17,3	65,2	65,6
1 kHz	4,70E-01	17,1	65,8	66,1
1.25 kHz	4,73E-01	17,8	66,6	66,9
1.6 kHz	4,75E-01	17,3	64,5	64,8
2 kHz	4,62E-01	16,6	60,8	61,2
2.5 kHz	4,70E-01	12	56,1	56,3
3.15 kHz	4,49E-01	8,9	49,4	49,9
4 kHz	4,44E-01	8,2	41,3	41,8
5 kHz	4,36E-01	8	31,2	31,8

Cuadro 13: Valores promedio y nivel de ruido de impacto transmitido entre recintos superpuestos