

## ESTUDIO COMPARATIVO DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE UN MISMO MURO DE BLOCK CONSTRUIDO EN LABORATORIO Y EN CAMPO

PACS: AED-1

Bautista Kuri, Antonio

Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México,  
+52 55 3669 3773, abkuri@yahoo.com.mx

**Palabras clave:** Contaminación acústica, confort acústico, aislamiento sonoro

### ABSTRACT:

Comparative study of the results of three airborne noise insulation measurements carried out on the same type of wall built in three different locations. First: measurement of the noise reduction index R according to international standards ISO-10140-2:2010 and ISO 717-1:2013 in a block wall with flattening on both sides, which was built in the laboratory. Second: measurement of the standardized level difference ( $D_{nT}$ ) according to the international standards ISO 16283-1:2014 and ISO 717-1:2013, to the same type of wall built as a partition between dwellings. Third: measurement of the standardized level difference ( $D_{2m,nT}$ ) according to international standards ISO 16283-3:2016 and ISO 717-1:2013, to the same type of wall built as a facade for homes. The results indicate significant variations that could be due to the quality of construction materials and construction procedures. The results indicate significant variations that could be a result of the quality of edification materials and construction procedures. The data obtained provided important information for the incorporation of acoustic studies in architectural designs.

### RESUMEN:

Estudio comparativo de los resultados de tres mediciones de aislamiento a ruido aéreo, realizadas sobre un mismo tipo de muro que se construyó en tres ubicaciones diferentes. Primero: medición del índice de reducción sonora R según las normas internacionales ISO-10140-2:2010 e ISO 717-1:2013 sobre un muro de block con aplanado en ambos lados, que se construyó en laboratorio. Segundo: medición de la diferencia de nivel estandarizada ( $D_{nT}$ ) según las normas internacionales ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2013, al mismo tipo de muro construido como divisorio entre viviendas. Tercera: medición de la diferencia de nivel estandarizada ( $D_{2m,nT}$ ) según las normas internacionales ISO 16283-3:2016 e ISO 717-1:2013, al mismo tipo de muro construido como fachada para viviendas. Los resultados indican variaciones significativas que pudieran ser resultados de la calidad de los materiales de la edificación y los procedimientos de construcción. Los datos obtenidos proporcionaron información importante para la incorporación de estudios acústicos en los diseños arquitectónicos.

### 1. INTRODUCCIÓN

Desde la Arquitectura se puede contribuir a disminuir el impacto de la contaminación acústica o ruido ambiental al interior de las edificaciones en zonas urbanas, El ruido, que antaño se percibía como un acompañante socialmente necesario, ha pasado a ser un factor contaminante grave. El silencio se ha convertido en bien escaso en nuestras vidas. Ante estas circunstancias los gobiernos, más allá de remediar, deben anticiparse a los acontecimientos y prevenir el problema. Son innumerables las voces que se alzan denunciando que vivimos en ciudades muy ruidosas y que esto distorsiona y desequilibra la vida. El ruido es visto ya como un inconveniente para avanzar en

el progreso y desarrollo social [1]. Para abordar la naturaleza compleja de la contaminación ambiental por ruido es necesario hacer uso de enfoques multidisciplinarios que conjunten, además de los conocimientos propios de la acústica, aspectos de diseño arquitectónico, conocimientos de física y de ingeniería de instrumentación, así como del manejo de programas de cómputo.

El desarrollo industrial, económico y cultural, la expansión urbana, el aumento del parque vehicular, entre otros, han contribuido a transformar una amplia gama de sonidos. El quinto programa de la Unión Europea reconoce y dice que la contaminación acústica constituye uno de los principales problemas medioambientales en Europa. El ruido se ha convertido en una de las mayores fuentes de malestar de la vida actual [2].

La naturaleza compleja del problema de la contaminación acústica por ruido exige un enfoque multidisciplinario conjuntando conocimientos en acústica e ingeniería de instrumentación, para la medición de aislamiento sonoro, confort acústico, manejo de programas de cómputo, además de conocimientos de Arquitectura. En este estudio se la valoró un elemento arquitectónico concreto: "el muro". Al mismo tiempo se consideró que dicha valoración debe estar sujeta, por un lado, a una caracterización dentro del laboratorio (con condiciones controladas) y, por otro lado, una caracterización en campo (sin condiciones controladas). El propósito es conocer el impacto de las condiciones estructurales sobre la emisión de ruido y el logro de niveles aceptables de confort acústico para ser consideradas en la edificación definitiva.

Para conocer más sobre el problema planteado, se estudiaron tres casos. El primero, consistió en la medición en el Laboratorio de Acústica y Vibraciones (LAV) del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y de acuerdo con las normas internacionales ISO 10140-2:2010 e ISO 717-1:2013, -que son normas de la Internacional Organization for Standardization, (ISO por sus siglas en inglés)-de un muro construido con block multiperforado El segundo tuvo como objetivo conocer el aislamiento sonoro del mismo tipo de muro construido ahora en un edificio de viviendas y usado como muro divisorio entre viviendas. Se estudiaron sus características de aislamiento sonoro de acuerdo con las normas internacionales ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2013. El tercer caso, buscó conocer el aislamiento sonoro del muro de fachadas de las viviendas que se construyeron con el mismo material del muro estudiado en el laboratorio. Se privilegiaron las fachadas por estar sometidas al ruido intenso del tránsito vehicular. En este caso los estudios, también se realizaron de acuerdo con las normas internacionales ISO 16283-3:2016 e ISO 717-1:2013.

## **1 PLANTEAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA**

El crecimiento de la población mundial ha provocado un incremento en la demanda de espacios arquitectónicos residenciales y no residenciales que requieren diseños y soluciones de construcción altamente complejas. No obstante, aspectos como los requisitos que debe cubrir un diseño arquitectónico, la inversión económica, el costo energético, tanto en su construcción como para su funcionamiento, han hecho que los la proyección de edificios habitacionales o no, se vean reducidos a aspectos básicos de uso dejando de lado condiciones como el confort acústico. En la planeación de los espacios, a la par que las cimentaciones e instalaciones no es menos importante dotarlas de las condiciones que provean bienestar y comodidad [3]. Es decir, los diseños arquitectónicos requieren incluir elementos mínimos de acústica con el fin reducir el ruido y mejorar el confort acústico.

Dentro de las edificaciones ruidosas, las personas no pueden desempeñar efectivamente sus actividades debido a los altos niveles de presión sonora. Un espacio con altos niveles de ruido impide la comunicación clara y reduce la atención y concentración necesarias para trabajar. En las edificaciones habitacionales, el ruido interfiere con el descanso y las actividades propias de la familia debido a la fatiga y estrés provocados por la falta de condiciones acústicas. Este nivel de presión sonora al interior de las construcciones, aumente cuando se requiere ventilación pasiva o natural, lo que ocasiona que las habitaciones deban mantenerse cerradas enrareciendo el ambiente.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), identifica a Latinoamérica como la región más contaminada por ruido en el mundo y en la que destacan Buenos Aires y Ciudad de México (CdMx) con los niveles de contaminación acústica más elevados [4]. La OMS en Europa alerta sobre que, por su impacto, la contaminación acústica es “la segunda causa de enfermedad por motivos medioambientales, por detrás de la polución atmosférica, y no sólo es una molestia medioambiental, sino también una amenaza para la salud pública”. La exposición constante al ruido produce pérdida de audición, de memoria, de atención y alteraciones en la conducta, además de daño a los ecosistemas [5].

### 1.1 La contaminación acústica por ruido

Motivados por la acumulación de pruebas científicas de los efectos nocivos del ruido ambiental, varios países, sobre todo de la Comunidad Europea y Estados Unidos de América, han establecido como un objetivo reducir sustancialmente los niveles de ruido al cual se ven expuestas las personas. Esto ha dado lugar a diversas iniciativas que buscan prevenir o reducir los efectos nocivos del ruido ambiental [6]. Por esta razón el confort acústico se centra en lograr un aislamiento sonoro adecuado, dejando en segundo término el acondicionamiento interior.

La exposición al ruido genera efectos negativos como son, Figura 1.

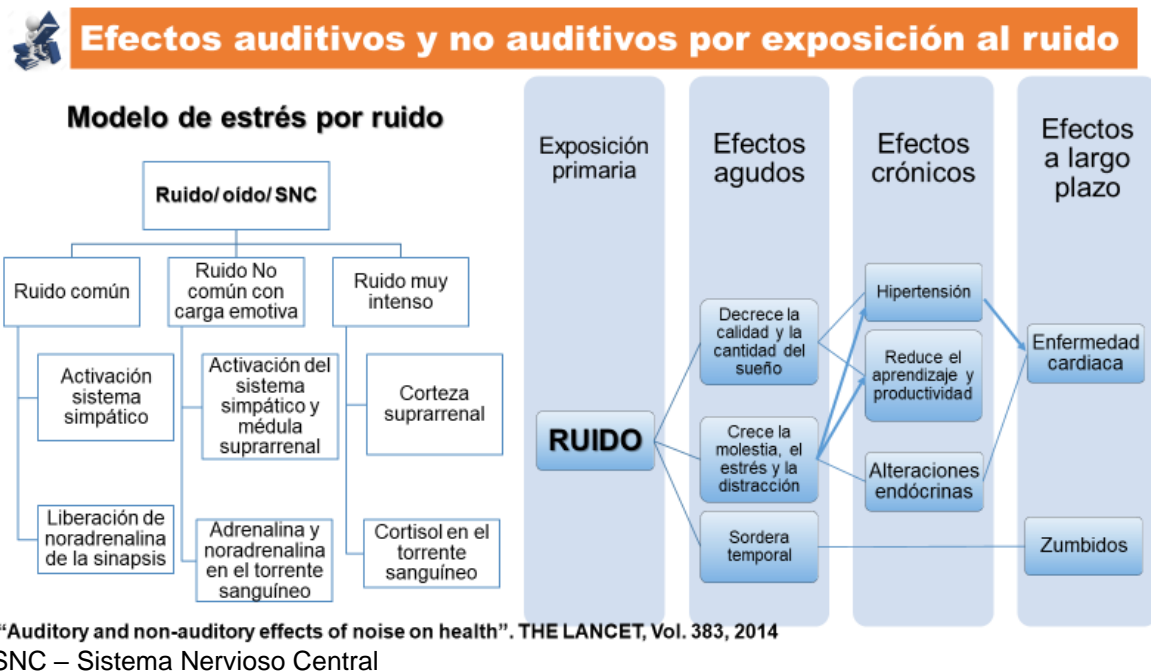


Figura 1 - Efectos por exposición al ruido.

### 1.2 Datos y cifras

Más de mil millones de personas de entre 12 y 35 años corren el riesgo de perder la audición debido a la exposición prolongada y excesiva a música alta y otros sonidos recreativos. Esto puede tener consecuencias devastadoras para su salud física y mental, educación y perspectivas de empleo [7]. En el mundo, 1500 millones de personas viven con algún grado de pérdida de audición, de las cuales unos 430 millones necesitan servicios de rehabilitación.

La OMS, advierte que por el aumento en la generación de ruido urbano una de cada cuatro personas presentará problemas auditivos en 2050 [8,9,10,11].

### 1.3 Niveles de presión sonora en diversas zonas de ruido urbano

El ruido urbano proveniente del ruido vehicular en la Ciudad de México, ha sido estudiado ampliamente. En la Figura 2, se muestran ejemplos del tipo de ruido urbano considerados como referentes en el presente trabajo. Las mediciones fueron obtenidas a 2 m frente a cada fachada, por medio del sonómetro tipo 2270 y con micrófono tipo 4189 marca Bruel & Kjaer

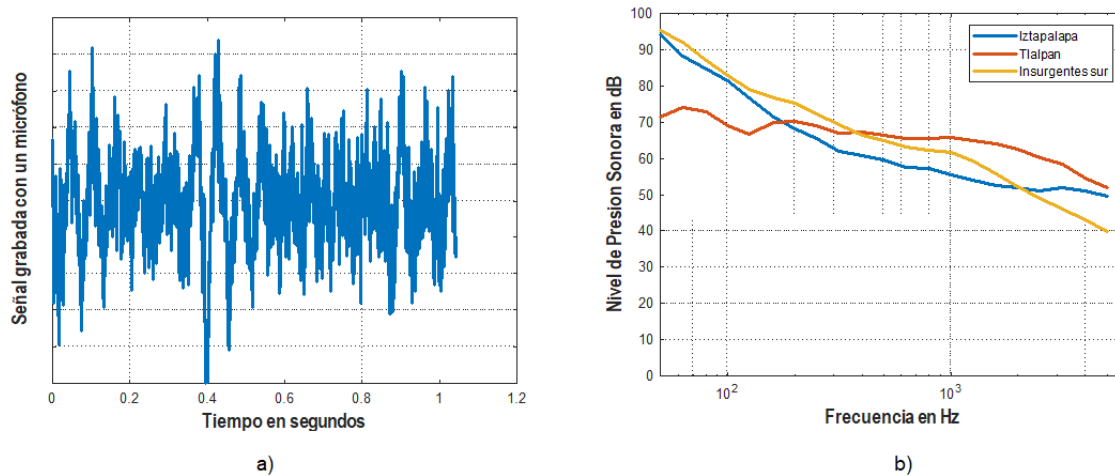


Figura 2. Ejemplos de ruido urbano considerados en el presente trabajo. a) señal de tiempo de ruido de la Av. Insurgentes. b) Espectro de ruido urbano medido a 2 metros de las fachadas de edificaciones ubicadas en 3 sitios diferentes, con ponderación A.

## 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 Teoría de la arquitectura

El principal objetivo de la arquitectura es procurar un espacio cerrado habitable, que de confort y protección de la agresión de múltiples contaminantes. El ruido es considerado un mal de la modernidad que ha ido creciendo de manera preocupante. Por ello es necesario implementar acciones que ayuden a eliminar o amortiguar los altos niveles de ruido al interior de los espacios arquitectónicos.

### 2.2 Teoría de propuesta de diseño acústico arquitectónico

El diseño acústico arquitectónico deber considerar como su objetivo, el bienestar humano. Para incorporar el elemento acústico en el diseño arquitectónico se hacen necesario contar con mediciones específicas que den cuenta de las condiciones acústicas de los edificios. A la par es importante saber el tipo y la actividad a la que se destina la edificación, así como tener una proyección de los daños a corto, mediano y largo plazo provocados en la salud de los usuarios por la exposición al ruido. Al tener este conocimiento, se podrán proponer nuevos diseños arquitectónicos, así como proponer soluciones a espacios ya existentes.

## 3 CASOS DE ESTUDIO

### 3.1 – Primer caso medición de aislamiento sonoro en laboratorio

Se caracterizó el aislamiento sonoro en la Cámara de Transmisión del Laboratorio de Acústica y Vibraciones del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología de la UNAM, un muro con una superficie de 10 m<sup>2</sup> construido con block multiperforado BH8122040, de la marca Bloquera, (Figura 4), la

transmisión del ruido ocurre a través del frente del muro y no por flanqueo de muro, sin ningún tipo de instalación o ranura (muros immaculados). El objetivo es conocer el nivel de aislamiento acústico  $R$ . De acuerdo con el tipo de material a estudiar, se utilizó la cámara de transmisión el equipo y procedimiento descrito en las normas ISO-10140-2:2010 e ISO 717-1:2013, donde el sonido se transmite a través del muro y no por flanqueo. En la Figura 5, se muestra un esquema del arreglo de la cámara de transmisión y equipo utilizado, sonómetro tipo 2133, micrófonos tipo 4943, Fuente omnidireccional tipo 4292-L, de la marca Bruel & Kjaer.

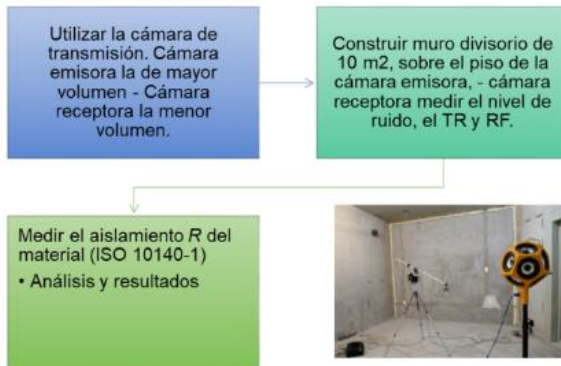


Figura 4 - Medición de aislamiento  $R$  de un muro de block en el Laboratorio

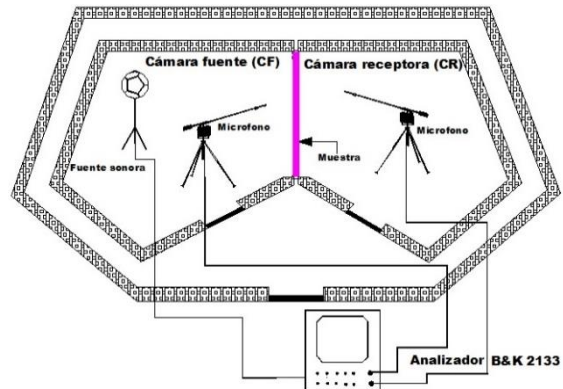


Figura 5 - Arreglo de medición utilizado en laboratorio

Procedimiento de medición.

El procedimiento de medición fue en el rango de frecuencias de 100 a 5000 Hertz. La norma establece como procedimiento de medición, determinar la potencia sonora incidente y la potencia sonora transmitida. Las potencias se estiman mediante el promedio espacial de la presión sonora; a esta cantidad hay que restar la potencia absorbente de la cámara receptora. Este procedimiento se resume en la siguiente ecuación:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \left( \frac{S}{A} \right) \quad (1)$$

La medición del índice de reducción sonora  $R$  (también conocido como aislamiento sonoro), se realizó 2 veces para verificar las condiciones de repetibilidad del método de medición empleado. Como resultado de realizar 2 pruebas de aislamiento sonoro al muro con el block BH8122040, (Figura 6), se obtuvieron los datos y se procedió a graficar su aislamiento, (Figura 7).

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \left( \frac{S}{A} \right) \quad (1)$$

Block BH8122040  
Medidas: 12x20x40  
Perforado 19 orificios  
Precocido  
Rayado exterior

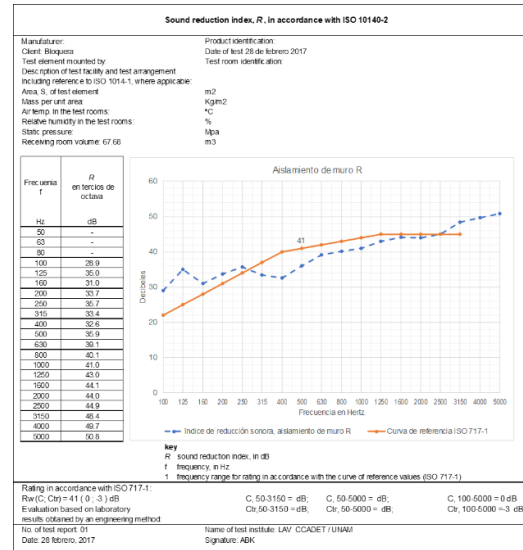


Figura 6 – Dimensiones del block, muro todavía sin aplanado del lado del emisor y con aplanado del lado del receptor.

Figura 7 – Índice de reducción R de muro block BH8122040, de acuerdo con ISO 717-1.

Se puede observar cuál es su desempeño de aislamiento por frecuencias, así como el valor de aislamiento de un solo número siendo de 41 decibeles, con ponderación A.

### 3.2 Medición en campo

Mediciones en campo de ruido aéreo: se realizan en espacios cerrados como edificios, puede ser para muros divisorios, fachadas o losas de entrepiso. El equipo utilizado sonómetro tipo 2270, micrófonos tipo 4189 y la plantilla BZ-7228. Es importante mencionar que el sonido y las vibraciones se propagan no sólo a través de forma aérea, sino también a través de estructuras y fugas. Esta propagación se llama transmisión por flanqueo, ese estudio no forma parte de este trabajo.

### 3.3 Segundo Caso

Medición de aislamiento en campo, de muro divisorio entre viviendas de un edificio multifamiliar, por el método de diferencia de nivel estandarizada ( $D_{nT}$ ), de acuerdo con la norma 16283-1:2014 e ISO 717-1:2013, construido con el mismo block multiperforado BH8122040 que tiene un aislamiento acústico en laboratorio  $R = 41$  dB con ponderación A. Pero en campo, su desempeño aparenta ser diferente, Figura 10.

### 3.4 Tercer caso

Medición de aislamiento en campo, de muro que se utiliza como fachadas para el mismo edificio de viviendas multifamiliares, que están expuestas al tránsito vehicular, por el método de diferencia de nivel estandarizada ( $D_{tr, 2m, nT}$ ), de acuerdo con la norma ISO 16283-3:2016 e ISO 717-1:2013, utilizando el ruido de tránsito como señal de estímulo. Siendo una fuente de sonido muy variable es necesario que los niveles de presión sonora en el exterior y en el interior, sean medidos simultáneamente; además, debe existir una diferencia entre los niveles de presión sonora exterior – interior, de al menos 10 dB. La medición del ruido exterior se realizó con un micrófono colocado en una pértiga, a 2 metros frente a la fachada, esto se realizó desde el cuarto contiguo, de esta forma se pudo mantener cerrado (puertas y ventanas) del recinto a estudiar, en su interior se colocó un micrófono en 5 posiciones diferentes a 1.5 m de altura durante 3 minutos, registrando el nivel de presión sonora con ponderación A, para determinar un nivel de presión equivalente de 3 minutos  $L_{Aeq}$  en cada posición en el interior del recinto, Figuras 8 y 9.

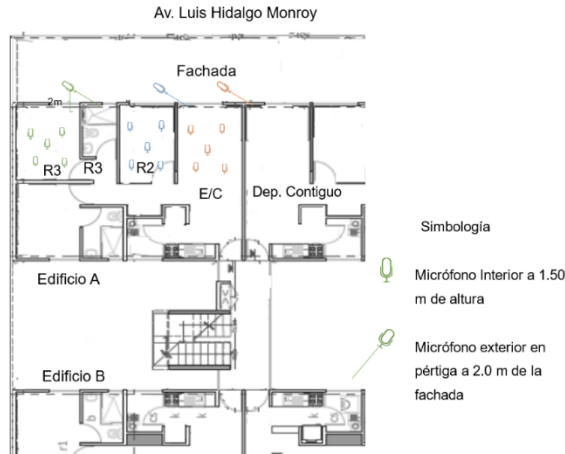


Figura 8 Ubicación de micrófonos exterior-interior, medición de nivel de presión sonora simultáneamente.

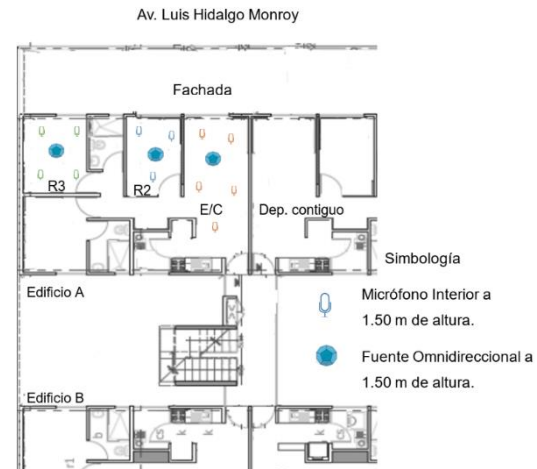


Figura 9 - Medición de tiempo de reverberación en Recamara 3, Recamara 2 y Estancia / Comedor.

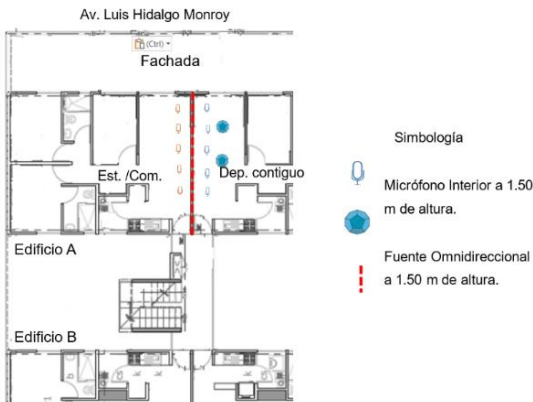


Figura 18 - Ubicación de micrófonos y fuente omnidireccional, medición diferencia de nivel estandarizada ( $D_{Nt}$ ).

Figura 10 - Ubicación de micrófonos y fuente omnidireccional, medición diferencia de nivel estandarizada en muro divisorio ( $D_{Nt}$ ).

### 3.5 Descripción arquitectónica

- Estructura de concreto, entrepisos de vigueta y bovedilla con plafón de yeso; piso de losetas de barro.
- Muros de fachada (Figura 22), construido parcialmente con block multiperforado tipo BH8122040, acabado interior con aplanado de yeso y pintura vinílica al exterior. Las ventanas ocupan un área muy grande de este muro, están fabricadas de aluminio tipo perfil ligero, con cristal de 3 mm, con una o dos secciones corredizas para ventilación.
- Muros divisorios: contruidos con block multiperforado BH8122040, con aplanado de yeso en ambas caras.



- Figura 11 - Posición de la fuente omnidireccional y de los micrófonos, a) en la Recamara 2; y b) Estancia-Comedor, fachadas orientadas hacia la calle Luís Monroy.



Figura 12 - Posición de micrófonos para la medición de la diferencia de nivel estandarizada ( $D_{tr,2m,nT}$ ), de la fachada.



Figura 13 - Puerta de acceso al departamento.



Para el cálculo del índice de un solo número, se siguieron las recomendaciones y el espectro de frecuencias de referencia de la norma ISO 717-1:2013. Se muestran las curvas y el valor de este índice, Figuras 14, 15, 16 y 17.

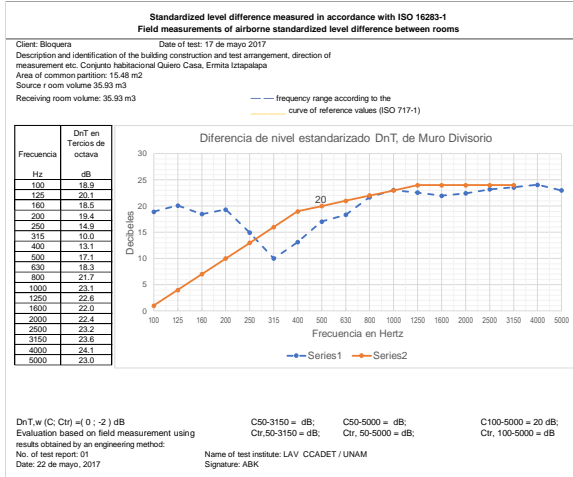


Figura 14 - Valor de un sólo número muro entre viviendas.

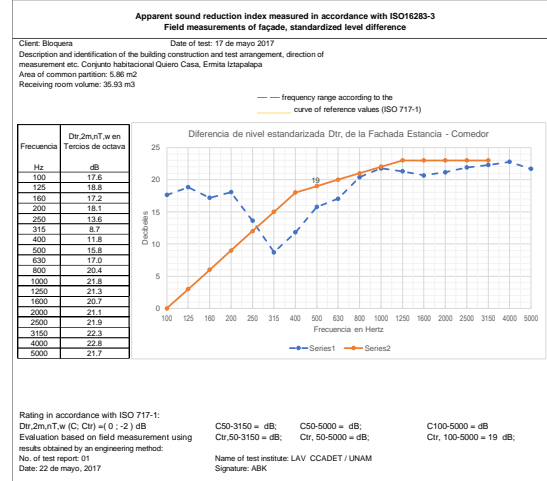


Figura 15 - Valor de un sólo número fachada estancia-comedor.

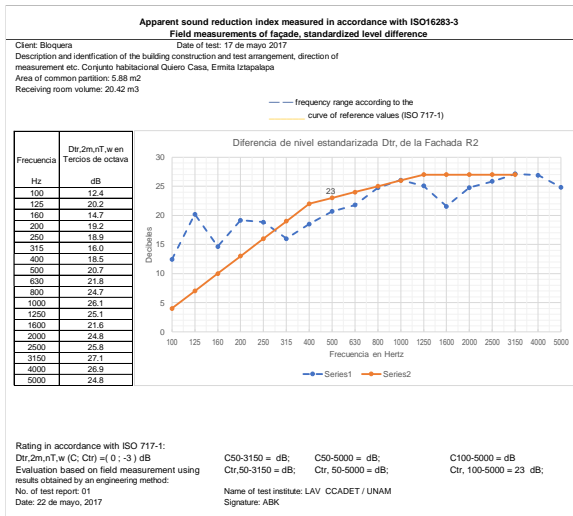


Figura 16 - Valor de un sólo número muro de la fachada recamara 2

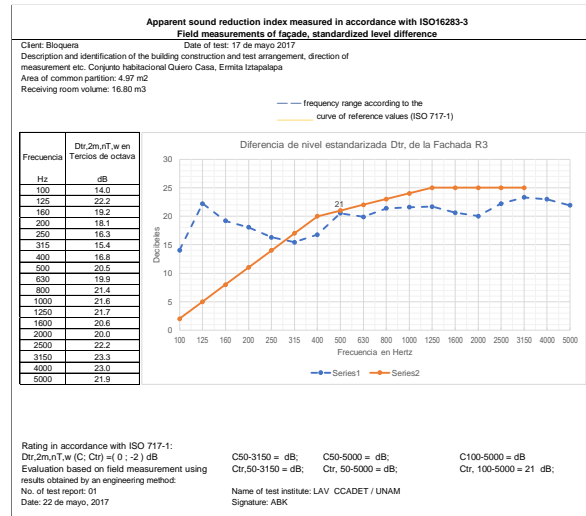


Figura 17 - Valor de un sólo número muro de la fachada de la recamara 3.

#### 4 CONCLUSIONES

El block que se utilizó para construir el muro de laboratorio tiene un aislamiento R de 41 dBA. Los muros divisorios y de fachadas del conjunto habitacional se construyeron con el mismo tipo de block, proporcionan un aislamiento menor de 19 – 21 dBA, aparenta el 50%. Los valores alcanzados en laboratorio no tienen relación con el aislamiento sonoro alcanzado en la obra.

La disminución de los valores puede explicarse tomando en consideración lo siguiente: Las fachadas (Figuras 11), están formadas por muro de block con un bajo porcentaje de superficie. Las ventanas de aluminio ligero y vidrio de 3 mm (debería ser de 6 mm), además tienen ventilas corredizas que no sellan debidamente (aislarían mejor siendo abatibles), dejan ranuras abiertas, los marcos de soporte de las ventanas tienen orificios en varias partes.

En el Muro divisorio entre departamentos, que se encuentra en la estancia/comedor, el valor de aislamiento sonoro también es bajo principalmente porque la puerta de acceso al departamento es ligera, con un arrastre libre de 2.5 cm, (Figura 13). Además, en la valoración de este muro divisorio influye el ruido del exterior, ya que el muro de fachada no da suficiente aislamiento.

#### Referencias.

- [1] García Sanz B, Garrido Francisco J. 2003. La contaminación acústica en nuestras ciudades. Barcelona: Fundación “la Caixa”.  
<https://www.camarazaragoza.com/medioambiente/docs/publicaciones/publicacion56.pdf>
- [2] Susy, S. 2015. Conceptos de ruido. [https://issuu.com/susy276/docs/conceptos\\_ruido](https://issuu.com/susy276/docs/conceptos_ruido)
- [3] García, Armando. “Environmental urban noise”, 2001., edit. A. García, WITpress, Advances in Ecological sciences 8.
- [4] Medición de ruido en el primer cuadro del Centro Histórico. (2207-20109).  
<http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/estudios/EsPA-07-2011.pdf>
- [5] Es día mundial de la descontaminación acústica. 11 junio 2017.  
<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/ssshh-es-dia-mundial-de-la-descontaminacion-acustica?idiom=es>
- [6] Evaluation of Directive 2002/49/EC. Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise. EUROPEAN COMMISSION, 2016.  
[file:///C:/Users/Acustica/Desktop/Downloads/study\\_evaluation\\_directive\\_environmental\\_noise.pdf](file:///C:/Users/Acustica/Desktop/Downloads/study_evaluation_directive_environmental_noise.pdf).
- [7] La OMS publica un nuevo estándar para hacer frente a la creciente amenaza de pérdida de audición.2022. <https://www.who.int/news/item/02-03-2022-who-releases-new-standard-to-tackle-rising-threat-of-hearing-loss>
- [8] Night noise guidelines for Europe. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2009  
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/326486>
- [9] Babisch W. El concepto de ruido/estrés, evaluación de riesgos y necesidades de investigación. Ruido Salud 2002; 4:1-11.  
<https://www.noiseandhealth.org/text.asp?2002/4/16/1/31833>
- [10] WHO World Health Organization. Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe 2011.  
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424>
- [11] La OMS advierte que, según las previsiones, una de cada cuatro personas presentará problemas auditivos en 2050, 2 de marzo de 2021. <https://www.who.int/es/news/item/02-03-2021-who-1-in-4-people-projected-to-have-hearing-problems-by-2050>