

Ruido del drywall como aislante acústico en modelos de vivienda a escala 1/5 en la ciudad de Juliaca, Perú

Drywall noise as sound insulator in 1/5 scale housing models in the city of Juliaca, Peru

Recibido: noviembre 30 de 2021 | Revisado: diciembre 04 de 2021 | Aceptado: diciembre 09 de 2021

VITALIANO ENRÍQUEZ MAMANI¹
NESTOR BOLÍVAR ESPINOZA¹
JULIO ROMUALDO GALLEGOS RAMOS¹
JOSÉ ALBERTO LLANOS CONDORI²
ESTEBAN MARÍN PAUCARA²
GROVER MARÍN MAMANI²
GEORGE ARGOTA PÉREZ³

RESUMEN

El ruido es un contaminante ambiental de las sociedades modernas que afecta la calidad de vida de la población y las edificaciones son los principales objetos que sufren los niveles de ruido del entorno por estar ubicadas en vías vehiculares. El foco de la investigación fue determinar el nivel de ruido de un ambiente a escala 1:5 con recubrimiento de drywall sobre los 3800 m.s.n.m. En la metodología se planteó la construcción de dos módulos de iguales características, el módulo A sin recubrimiento acústico, y el B con recubrimiento acústico de drywall de 7 mm en muros, usándose tres sonómetros UNI-T modelo UT353 para comparar las medias de las mediciones. Los resultados de las simulaciones muestran que, en condiciones reales del ruido ambiental, el módulo A tiene un 93.33% de los datos que supera los límites aceptables. En cuanto, al módulo B, con aislamiento acústico, este reduce en 20% la emisión inicial. La comparación de las medias muestra una diferencia significativa con un p-valor de 0.45, además la diferencia de medias es de 8.5 dB(A), lo que indica que el drywall tiene un efecto de reducción acústica debido al incremento de grosor del muro y la reducción de áreas de infiltración.

Palabras clave: construcción a escala; drywall, ruido; sonómetro

ABSTRACT

Noise is an environmental pollutant of modern societies that affects the quality of life of the population and the buildings are the main objects that disappoint the noise levels of the environment because they are located on vehicular tracks. The purpose of the research was to determine the noise level of an environment at 1:5 scale with drywall coating above 3800 m.a.s.l. The methodology proposed the construction of two modules of the same characteristic, module A without acoustic coating and module B with 7 mm drywall acoustic coating on walls, using three UNI-T sound

- 1 Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ). Juliaca. Departamento de Puno, Perú
- 2 Universidad Nacional del Altiplano (UNAP). Juliaca, Departamento de Puno, Perú
- 3 Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Departamento de Puno, Perú

Autor para correspondencia
E-mail: v.enriquezm@unaj.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2021.v26n32.09>

level meters model UT353, to compare the averages of the measurements. The results show that in the simulations the real conditions of the environmental noise, the module A shows that 93.33% of the data exceed the acceptable limits, on the other hand, module B the acoustic insulation reduces in 20% the initial emission. The comparison of the averages shows a significant difference with a p-value of 0.45, in addition the difference of averages is 8.5 dB (A) which indicates that the drywall has an effect of acoustic reduction due to the increase of the thickness of the wall and the reduction of infiltration areas.

Key words: drywall; noise; scale construction; sound meter

Introducción

En nuestra época, prácticamente, no hay un sitio libre de exposición a ruido excesivo; en la casa, en la calle, en el trabajo, incluso en los hospitales (da Silveira, 2013). La contaminación acústica, en la actualidad, es un grave problema ambiental y de salud pública (Herrmann *et al.*, 2016). Se estima que un tercio de la población mundial tiene problemas auditivos causado por exposición a ruidos de alta intensidad (Georgina *et al.*, 2014).

Recordemos que el sonido es la consecuencia del movimiento vibratorio de un cuerpo que al vibrar genera ondas que se propagan a través de un medio elástico. En la producción de sonido hay transporte de energía sin movimiento alguno de materia (Sánchez & Lozano, 2016; Mesa 2017). Los ruidos carecen de periodicidad y es precisamente esta peculiaridad lo que lleva a una sensación cerebro-sensorial desagradable o molesta (Alfie & Salinas, 2017; Cantor & Muñoz, 2010). La unidad de medición es el decibelio. El filtro (A) de ponderación

para el oído humano tiene una frecuencia de 20 y 20000 Hz a una distancia de 0.50 metros (Asinsten, 2015). Por lo tanto, el estudio de la atenuación de sonido, específicamente, la reducción de ruido (NR) y la pérdida de transmisión (TL) es de gran importancia (Piedrahita & Fajardo, 2013) tales como: icopor, cartón, vidrio, algodón y fique. El montaje experimental consta básicamente de dos sonómetros y una cámara anecoica absorbente. Se muestra en detalle la construcción de la cámara anecoica utilizada para medir la PT, empleando materiales de bajo costo. Calculando la diferencia de las medidas nominales en los dos sonómetros ubicados dentro de la cámara anecoica se registran los datos de PT. Con los datos de PT en función de la frecuencia y barriendo un espectro en bandas de tercio de octava desde los 100 Hz hasta 5.000 Hz, se grafican distintas curvas que caracterizan el comportamiento acústico de los materiales estudiados. Se muestra la dependencia de la PT con la densidad y la estructura del material empleado para atenuar el sonido. Este experimento puede ser utilizado en cursos de física o ingeniería, como el de

ondas o caracterización de materiales, para que los estudiantes exploren la capacidad de aislamiento sonoro de una gran diversidad de materiales disponibles fácilmente en su entorno. In this paper a study of the sound transmission loss (PT. Se pueden encontrar cada vez más estudios que demuestran una clara relación entre el ruido y la sordera (Herrmann *et al.*, 2016; Marín *et al.*, 2017). Por ejemplo, el fenómeno más sencillo en un ambiente con superficies reflectoras es el eco, consistente en una única reflexión que retorna al punto donde se encuentra la fuente (Barti, 2015). La percepción del volumen depende no solo de la presión sonora, sino también del tipo de sonido (Ceron, 2019; Cecilio *et al.*, 2019; Berrospi, 2019). La arquitectura también tiene que ver con el sonido, los espacios arquitectónicos sufren fenómenos físicos de absorción y reflexión del sonido (Varela, 2016). Es importante mencionar que el dB es su unidad de medida. El MINAM (2003) establece que los niveles aceptables para las diferentes edificaciones deben ser menores a 60 dB y según la OEFA (2011) el valor sonoro recomendable es de 55 dB(A). Los espacios arquitectónicos toman los indicadores de nivel deseable, límite aceptable y distribución del campo sonoro (da Oliveira *et al.*, 2013; Marín *et al.*, 2019). En edificaciones, los vanos y aberturas sufren de infiltración de ruido (Navarro & Carbo, 2015).

La ciudad de Juliaca se ubica sobre los 3825 msnm, siendo así, una de las ciudades altoandinas más importantes del sur peruano (Cruz & Ccamapaza, 2016) que permite la experimentación de

fenómenos acústicos a distinta presión. Los modelos a escala han permitido experimentación en resonancia y vibración en edificaciones (Cárdenas & Cepeda, 2016), lo cual posibilita la experimentación acústica en modelos a escala. El propósito de la investigación fue determinar el nivel de ruido de un ambiente a escala 1:5 con recubrimiento de drywall con un módulo similar sin recubrimiento acústico, sobre los 3800 msnm.

Métodos

El enfoque de investigación es cuantitativo ya que el sonido es un fenómeno mensurable (Sánchez, 2019), el tipo de investigación es descriptivo, la variable a medir fue el dB con filtro (A) (Marín *et al.*, 2017). Para tal, se ha construido dos **módulos** a escala de reducción 1 en 5 en una vivienda altoandina **típica** de un solo espacio como se ve en la Figura 1. El datum de ubicación es UTM WGS 84 Zona 19 L cuya coordenada es de 380090.97 este y 8282537 sur, a una altitud de 3820 m.s.n.m. Los módulos fueron expuestos a condiciones ambientales reales durante los meses de junio y julio. Los materiales usados fueron el adobe tradicional con mortero de barro e *Stipa ichu* para muros, la cubierta de calamina galvanizada, la ventana con marco de madera y paneles de vidrio, la puerta completamente de madera. Las infiltraciones ubicadas entre muros y cubiertas, ventana y puerta fueron recubiertas con mortero de barro e *Stipa ichu* aislando la envolvente de los módulos.

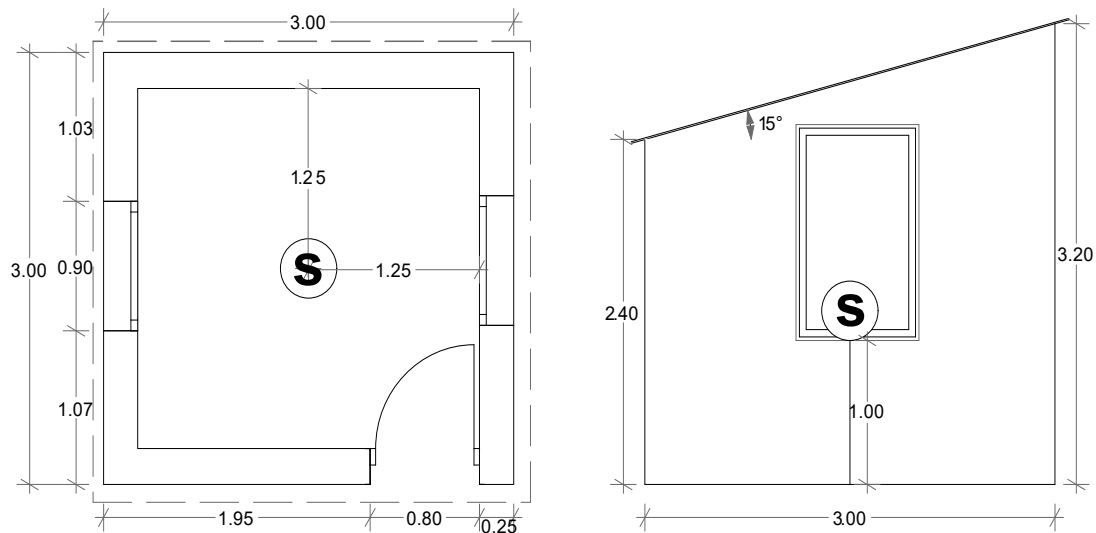


Figura 1. Dimensiones en planta y elevación del módulo A y B, la letra S inscrita en la circunferencia simboliza la ubicación del sonómetro en planta y elevación.

Los módulos se construyeron independientemente con una separación lineal de 2 m entre sí. Al módulo A no se le ha aplicado ningún tipo de aislamiento

acústico en su interior y se usó como unidad de control; el módulo B fue cubierto con una placa de yeso de 7 mm como aislante acústico (Figura 2).



Figura 2. Módulo B, el azul representa el muro de adobe, el amarillo la placa de yeso (drywall 7 mm), el verde el piso de madera y celeste ventana de madera y vidrio.

Se registraron los datos de dB(A) en ambos módulos de forma simultánea cada un minuto por un periodo de 30 minutos al interior y exterior de los módulos. Se registraron 90 datos. Para la medición **física de los datos se usaron**

tres (03) sonómetros UNI-T modelo UT353 con un rango de medición de 30 a 130 ± 1.5 dB con frecuencia de respuesta 31.5 a 8 kHz y filtro (A) a una altura de 10 cm sobre el piso. Los datos fueron registrados en fichas ordenadas

en columnas y filas para tabularlas en formato TXT.

Adicionalmente, se simuló la emisión sonora con un altavoz Bose modelo 251 de 34.3 cm de alto, 14.6 cm de ancho y 20.3 cm de profundidad, el cual generó

una intensidad de emisión sonora de 90 dB(A). El emisor se ubicó a 3 m de los receptores (módulo A y B) con un acimut de 75° (módulo A) y 225° (módulo B) orientados a la fachada oeste del módulo A y al este del módulo B, a una altura de 10 cm sobre el piso (Figura 3).

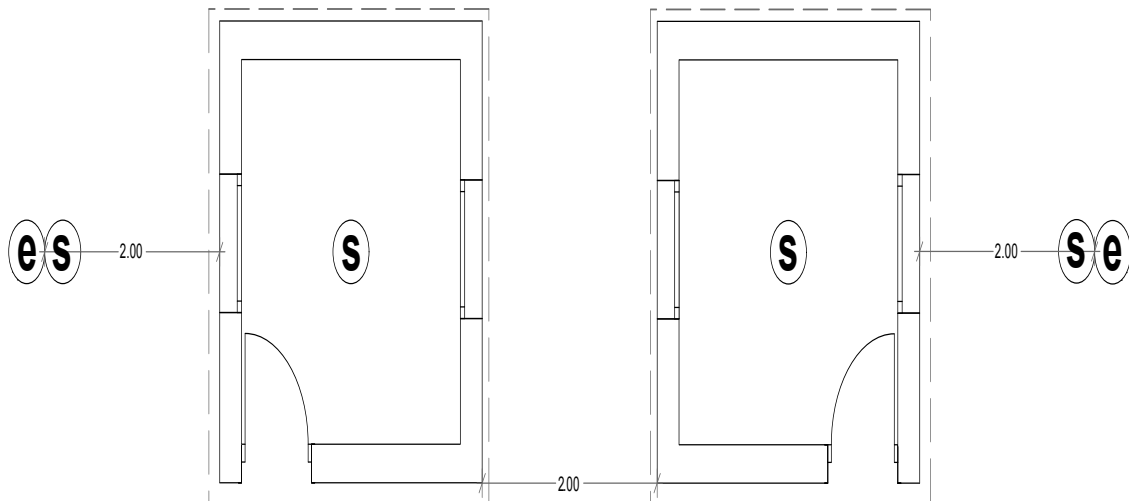


Figura 3. Ubicación del emisor (letra e inscrito en circunferencia) y la del sonómetro (letra s inscrito en circunferencia) en la izquierda el módulo A y en la derecha el módulo B.

Resultados y Discusión

Los resultados mostraron que la media del ruido en el exterior de los módulos A y B es de 84.5 ± 1.2 dB(A), respectivamente, donde el valor mínimo registrado fue de 63.2 dB(A). Este resultado demuestra

un hostil entorno sonoro. Según OEFA (2011), los límites máximos permisibles en zonas residenciales son de 55 dB(A). En la Figura 4 se muestra la progresión del dB(A) en función al tiempo de monitoreo al exterior de los **módulos** A y B (Figura 4).

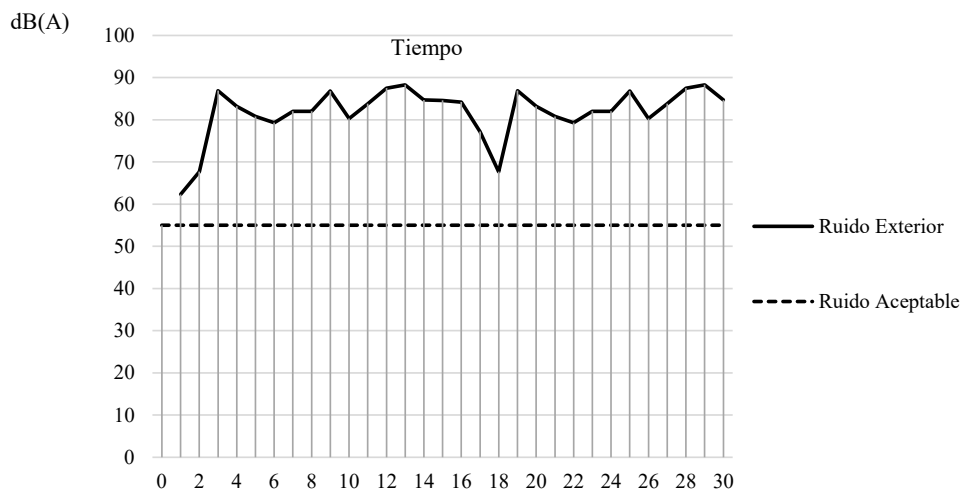


Figura 4. Monitoreo al exterior de los módulos A y B

El nivel de ruido que se escucha fuera de los **módulos** A y B supera el nivel de ruido permisivo para el oído humano. Se observa en este caso, que el nivel de escucha aceptable siempre está por debajo del límite máximo permisible, superándolo por 29.5 dB(A). Salazar (2016), señala que una ciudad activa, el 94% de los valores registrados en monitoreo supera los valores establecidos por organismos internacionales. Además, uno de los principales generadores del ruido es el tráfico vehicular con un rango de 85 a 100 dB(A) que se puede usar en simulaciones (Sánchez, 2015; Gonzales, 2015).

Las mediciones del nivel de ruido al interior del módulo A muestran una media de 75.2 ± 1.23 dB(A), lo que demuestra que una vivienda sin aislamiento acústico está expuesta a infiltraciones por las actividades que producen exceso de ruido. El 93.33% de los datos registrados supera los límites máximos permisibles en 20.2 dB(A) (Figura 5). Otra singularidad de la emisión de ruidos producidos en entornos urbanos es que estos no puedan poner en peligro el equilibrio de los sistemas naturales (Ojer, 2016). Sin embargo, la inacción de autoridades y desidia de la población nos conduce a la magnificación del problema.

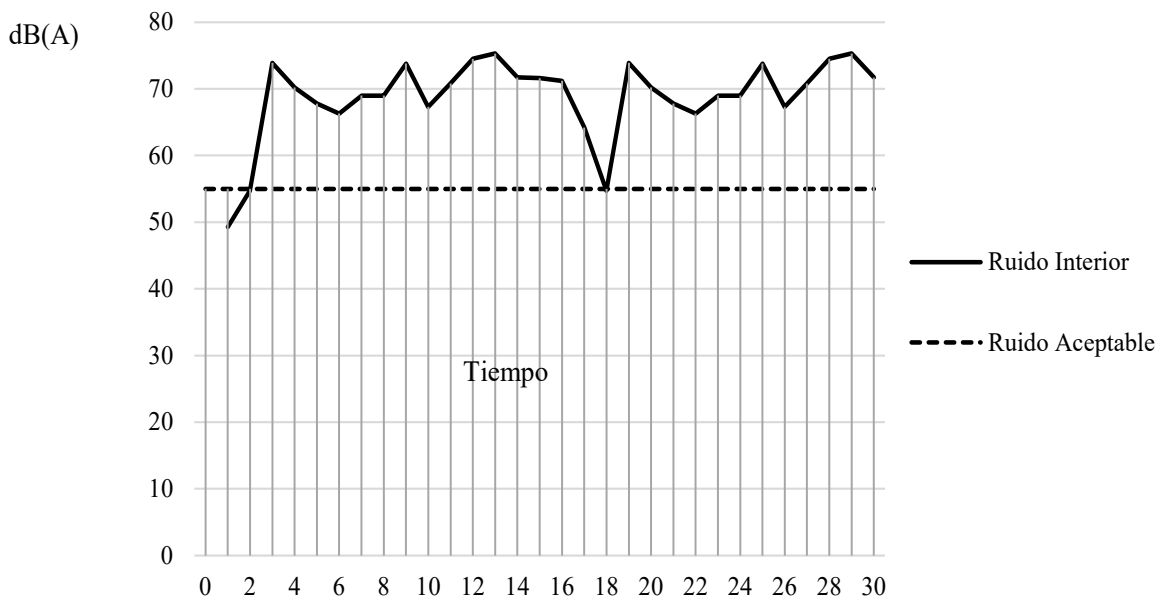


Figura 5. Monitoreo del módulo A sin recubrimiento acústico

El nivel de ruido al interior del módulo B es de 66.7 ± 1.45 dB(A), lo que muestra que existe una considerable reducción con respecto al nivel inicial cuando el módulo se encuentra aislado

acústicamente con drywall de 7 mm ya que se reducen las infiltraciones. Sin embargo, el 80% de los datos registrados supera los límites máximos permisibles en 6.7 dB(A) (Figura 6).

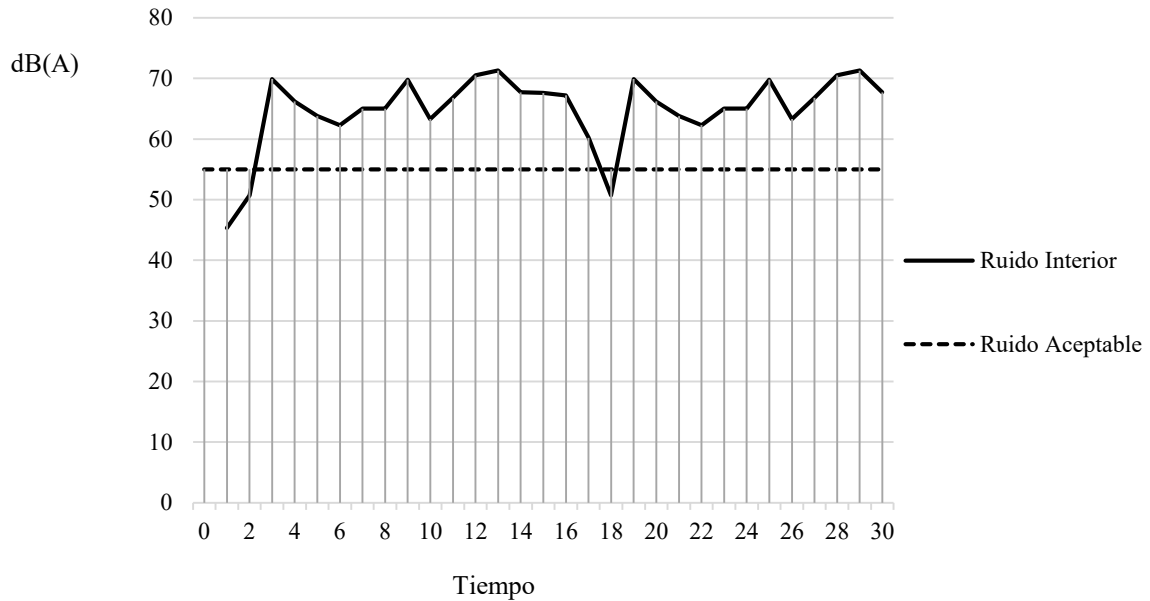


Figura 6. Monitoreo del módulo B con recubrimiento acústico de drywall de 7 mm.

La comparación de los resultados de los **módulos** A y B demuestra que en las mediciones en condiciones homogéneas las medias son diferentes y se puede asumir que existe diferencia significativa entre las medias del módulo A con las del B ya que el p-valor es 0.45. Esto indica

que el tratamiento acústico efectuado al módulo B con el drywall de 7 mm reduce los niveles de ruido al interior del mismo. La reducción del nivel de ruido del módulo B es de 8.5 dB(A) y existe una reducción al ruido externo de 17.7 dB(A) (Figura 7).

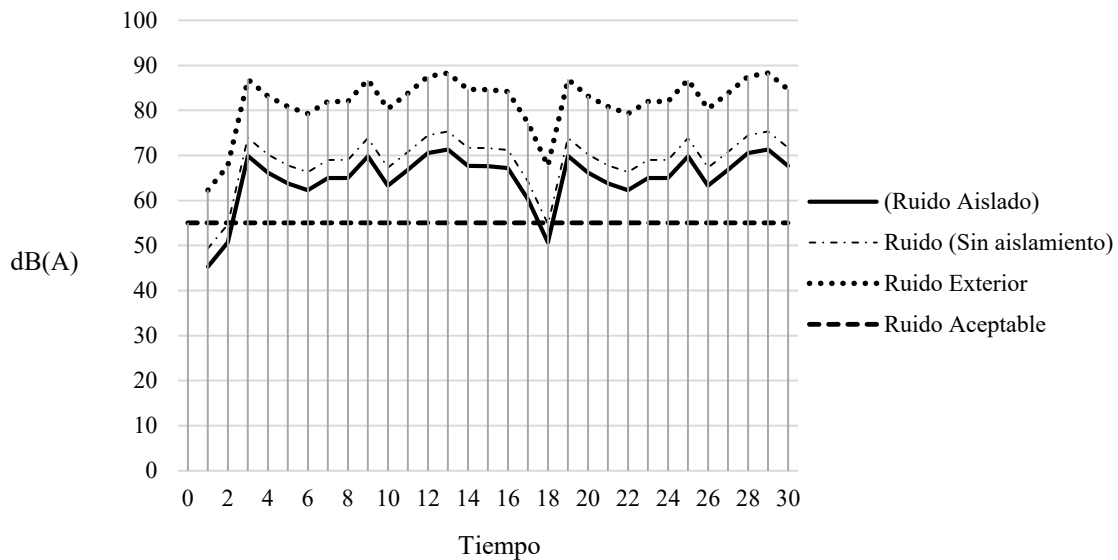


Figura 7. Comparación de los niveles de ruido exterior, módulo A interior sin aislamiento acústico, módulo B con aislamiento acústico y ruido aceptable

Se muestra que a pesar del recubrimiento en paredes con el drywall de 7 mm no es suficiente ya que el 80% de los datos

supera los límites máximos permisibles. Sin embargo, la búsqueda de soluciones o medidas que contrarresten los efectos

del ruido ambiental debe orientarse a la generación de mapas estratégicos de ruido (Marín *et al.*, 2017; Quiroz, 2018; Marín *et al.*, 2019). Además, Pineda (2016), indica que una de las principales afecciones del ser humano producto de altos niveles de ruido es el estrés y bajo rendimiento en sus actividades diarias. La principal estrategia para la mitigación del ruido es el control de la densidad de los edificios con forma compleja (Yuan *et al.*, 2019).

Conclusiones

Los problemas más grandes de estos tiempos son los diferentes tipos de contaminación. Una de ellos,

la contaminación acústica, afecta directamente la salud del ser humano. Por consiguiente, es necesario considerar un material como el drywall para un aislamiento acústico adecuado. Las pruebas en los módulos nos indican que el material utilizado como aislador acústico conocido también como yeso laminado es una solución efectiva para disminuir en 8.5 dB(A). La lámina de yeso utilizada como aislador en el módulo B es de 7 mm, más el adobe utilizado para la construcción es de 6 cm, lo cual indica que el aislador más efectivo en esta situación es el adobe disminuyendo en 14.8 dB(A) la intensidad inicial del emisor, comprobando que, a más espesor de material, mejor aislamiento acústico.

Referencias

- Alfe, C.M. & Salinas, C.O. (2017). Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Estudios demográficos y urbanos*, 32(1), 65-96. <http://www.scielo.org.mx/pdf/educm/v32n1/2448-6515-educm-32-01-00065.pdf>
- Asinsten, J.C. (2015). El sonido. Edición del sonido en computadora para proyectos en clic, multimedia y otras actividades educativas. Teoría y práctica. Ministerio de Educación, Ciencias y Tecnología. *Educar*, 1-67. <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/865/868/5131.pdf>
- Barti, D.R. (2015). Calidad acústica en la construcción. 48 Congreso Español de Acústica encuentro Ibérico de acústica. http://ftp.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/AAM-3_002_02.pdf
- Berrospi, N.J.P., Rosales, C.J.N., Huaranga, N.H. & Alarcon, C.Y.R. (2019). Ecología acústica y el paisaje sonoro en una comunidad de Huánuco, Perú. *Investigación Valdizana*; 13(3), 156-164. <https://doi.org/10.33554/riv.13.3.344>
- Cantor, C.L.C. & Muñoz, S.A.I. (2010). Condiciones acústicas de las aulas universitarias en una universidad pública en Bogotá. *Medicina y Seguridad del Trabajo*; 55(216), 26-34. <https://doi.org/10.4321/s0465-546x2009000300004>
- Cárdenas, H.F. & Cepeda, I.C. (2016). Prototipo a escala de un modelo de resonancia en edificaciones

- para el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia. <http://hdl.handle.net/10983/13936>
- Cecilio, R.C., Cerón, E.R.V & Rivera, L.A.L. (2018). Filtro digital de los coeficientes acústicos en materiales sólidos en un tubo de impedancia con dos cámaras acústicas. *Pistas Educativas*; 40(130). <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1729>
- Cerón, C.O. (2019). El Espacio en la instalación sonora. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas*; 14 (1), 27–44. <https://doi.org/10.11144/javeriana.mavael4-1.eeen>
- Cruz, B.M. & Ccamapaza, W. (2016). *Evaluación de la vía Puno-Juliaca aplicando el sistema de información geográfica para la detección de zonas de accidentes de tránsito*. [Tesis Doctoral]. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3998>
- da Silveira, N.F.Ma., Barbosa, de P.M., Aparecida, de L.N.M, Marinho, R.V., Sousa, da S.A. & Lyra da Silva, C.R. (2013). Nivel de ruido en una unidad de terapia intensiva pediátrica: estudio observacional correlativo. *Braz. j. Nurs*; 12(2), 431-441. http://www.objnursing.uff.br/index.php/nursing/article/view/4043/html_1
- Georgina, M., Medina, O. & Zumaya, R. (2014). Biblioteca Universitaria. *Bases para su Análisis y Discusión*; 29, 197–224. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187358X2015000200197&script=sci_arttext
- González, A.R. & Calle, E.A.D. (2015). Contaminación acústica de origen vehicular en la localidad de Chapinero Bogotá, Colombia. *Gestión y Ambiente*; 18(1), 17-28. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169439782001.pdf>
- Herrmann, W.A., Schweizer, I., Creswick, M. & Bernal, I. (2016). Contaminación acústica y ruido. *Journal of Organometallic Chemistry*; 165(1), 17-20. [https://doi.org/10.1016/S0022-328X\(00\)81147-X](https://doi.org/10.1016/S0022-328X(00)81147-X)
- Marín, M.G., Marín, P.E. & Argota, P.G. (2017). Zonificación acústica generada por decibeles no permisibles antropogénicos en la ciudad de Puno, Perú. *Revista Campus*; 22(23), 57-64. <https://doi.org/10.24265/campus.2017.v22n23.05>
- Marín, M.G., Marín, P.E., Lozada, V.R.A., Bolívar, E.N. & Curro, P.F. (2019). Modelamiento kriging para mapas acústicos de las festividades culturales de la región de Puno. *Revista Campus*, 24(27), 69-76. <https://doi.org/10.24265/campus.2019.v24n27.06>
- Mesa M.A. (2017). *Tópicos selectos de audio*. [Trabajo de Diploma]. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/7986>

- MINAM. (2003). El Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido (D.S. N° 085-2003-PCM). Ministerio del Ambiente del Perú: <http://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2014/02/RMN%20BA-227-2013-MINAM.pdf>
- Navarro, R. & Carbó, L. (2015). Evaluación de la contaminación acústica y utilización de detectores radar para la caracterización de los niveles acústicos generados por vehículos pesados y ligeros en la playa de Oliva. Universidad Politécnica de Valencia. España. <http://hdl.handle.net/10251/52205>
- OEFA. (2011). Reglamento del procedimiento administrativo sancionador del organismo de evaluación fiscalización ambiental (RCD N° 003-2011-OEFA/CD). https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=819
- Ojer, L.J. (2016). Análisis de la relevancia penal de la contaminación acústica en ámbitos urbanos tras la reforma de los delitos contra el medio ambiente. *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología*; 18, 1-34. <http://criminet.ugr.es/recpc/18/recpc18-12.pdf>
- Piedrahita, Y. & Fajardo, F. (2013). Construcción de una cámara anecoica para la caracterización de la pérdida de transmisión sonora. *Revista Brasileira de Ensino de Física*; 34(4), 1-9. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172012000400005>
- Pineda, I.P., Gutiérrez, A. F. & Alvarado, M.J.H. (2016). Contaminación acústica en la zona 3 de la ciudad de Querétaro: comparación de los niveles de ruido reales y los apreciados por los habitantes. *Entreciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento*; 4(9), 39-56. <https://www.redalyc.org/pdf/4576/457645340003.pdf>
- Quiroz, R.C.A. (2018). *Estudio de la contaminación acústica en la Ciudad de Sueca*. [Trabajo final de Magister]. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/106975>
- Salazar, S.P.E. (2016). *Análisis de contaminación acústica en exteriores de los hospitales públicos de la administración zonal centro del Distrito Metropolitano de Quito*. [Tesis de Pregrado]. Universidad de las Américas. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4693/1/UDLA-EC-TIAM-2016-01.pdf>
- Sánchez, R. S. (2015). *Evaluación y caracterización de la contaminación acústica en un núcleo urbano de tipo turístico costero (El Portil, Huelva)*. [Memoria para optar por el Grado de Doctor]. Universidad de Huelva. <http://hdl.handle.net/10272/11387>
- Sánchez, M.A.C. & Lozano, M.D.S.G. (2016). El sonido que sana: Manual práctico de sanación a través del sonido. *La Esfera de los Libros*. Pp. 1-272. ISBN: 9788490607800

- Sánchez, F. & Anselmo, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*; 13(1), 102-122. <https://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Varela Froján, E. (2016). Arquitectura auditiva y espacio sonoro. *Ausart*; 3(2), 130-142. <https://doi.org/10.1387/ausart.15946>
- Yuan, M. Yin, C. Sun, Y. & Chen, W. (2019). Examining the associations between urban built environment and noise pollution in high-density high-rise urban areas: A case study in Wuhan, China. *Sustainable Cities and Society*; 50, 1-9. <https://doi.10.1016/j.scs.2019.101678>