Estudios del Hábitat Vol. 22, Núm. 2, 2024. **ISSN: 2422-6483**
https://revistas.unlp.edu.ar/Habitat/index - estudhabitat@gmail.com
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Artículo

Envolvente Acústica de las Viviendas en Edificios en Altura. Un estudio en San Miguel de Tucumán

Acoustic Envelope of High-Rise Building Residences. A study in San Miguel de Tucumán

Agustina Cazón Narváez*
Universidad Nacional de Tucumán, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina
agus.cazon93@gmail.com

Isabel del Valle Juárez**
Universidad Nacional de Tucumán, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina
isabeljuarez.arq@gmail.com

Beatriz Silvia Garzón***
Universidad Nacional de Tucumán, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina
bgarzon2022@gmail.com

Víctor Luis Alberto Cancino****
Universidad Nacional de Tucumán, Argentina
luiscancino.1804@gmail.com

Fecha de envío: 22 de agosto de 2024
Fecha de aceptación: 8 de octubre de 2024
Fecha de publicación: diciembre 2024

Disponible en: ***https://doi.org/10.24215/24226483e140***

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

* Arquitecta, FAU UNT; Doctoranda en Arquitectura FAU UNT; Auxiliar Docente Graduada de la Cátedra B. Garzón de FAU UNT en Acondicionamiento Artificial, Diseño de Instalaciones II, Electiva Sonido y Hábitat y de las PPA "Acústica y Hábitat Sustentable"; Miembro del GHabSS FAU-UNT; Integrante de proyectos de investigación, extensión y docencia

** Arquitecta, FAU UNT; Especialista en Arquitectura Sustentable por FAU UNT; Doctoranda en Arquitectura por FAU UNT; Auxiliar Docente Graduada de la Catedra B. Garzón FAU UNT en Acondicionamiento Artificial, Diseño de Instalaciones II, Electiva Sonido y Hábitat y de las PPA "Acústica y Hábitat Sustentable"; Miembro del GHabSS; Integrante de proyectos de investigación, extensión y docencia

*** Arquitecta, FAU UNT; Doctora en Ciencias, UNSa UNNE; Especialista GTec Une UNT; Profesora Asociada de FAU UNT en Acondicionamiento Artificial, Diseño de Instalaciones 2, Electiva Sonido y Hábitat y de las PPA "Acústica y Hábitat Sustentable"; Investigadora Independiente del CONICET; Directora de Proyectos del MinCyT, CONICET y FAU-SCAIT de UNT; Directora del GHabSS de FAU UNT - CONICET

**** Estudiante FAU UNT; Seminarista estudiantil en docencia de la Catedra B. Garzón de FAU UNT en Acondicionamiento Artificial, Diseño de Instalaciones II, Electiva Sonido y Hábitat y de las PPA "Acústica y Hábitat Sustentable"; Miembro del GHabSS FAU UNT - CONICET; Integrante de proyectos de investigación, extensión y docencia

Resumen

El estudio examina el confort acústico en viviendas de altura en San Miguel de Tucumán, destacando la importancia del control de ruidos urbanos en la calidad de vida. La investigación se centra en tres edificios de tipo monoambiente, utilizando metodologías cualitativas y cuantitativas para medir la contaminación sonora y el aislamiento acústico. Se realizaron mediciones de ruido exterior e interior, y encuestas a los residentes para evaluar la percepción del confort acústico. Los resultados muestran niveles de ruido superiores a los recomendados por la OMS, indicando la necesidad de mejorar el diseño y aislamiento acústico en estas construcciones para asegurar el bienestar de los habitantes.

Palabras clave: acústica, confort, hábitat doméstico, desarrollo sostenible

Abstract

The study examines acoustic comfort in high-rise residences in San Miguel de Tucumán, highlighting the importance of urban noise control for quality of life. The research focuses on three studio-type buildings, using qualitative and quantitative methodologies to measure noise pollution and acoustic insulation. Exterior and interior noise measurements were taken, along with surveys of residents to assess their perception of acoustic comfort. The results show noise levels exceeding those recommended by the WHO, indicating the need to improve design and acoustic insulation in these buildings to ensure the well-being of the inhabitants.

Keywords: acoustics, confort, domestic hábitat, sustainable development

Introducción

El espacio urbano actual debe disponer de condiciones favorables de habitabilidad, tanto en los espacios exteriores como interiores. Según Torres Gómez (2022):

> Es necesario entender la habitabilidad urbana como uno de los factores que permiten el desarrollo de calidad de vida dentro del espacio urbano, y al mismo tiempo comprender que este incide directamente sobre la habitabilidad y confort interior de las viviendas. (p. 5)

Los parámetros de confort que se manejan en el diseño arquitectónico, hacen al funcionamiento óptimo del local y la calidad de vida de las personas, que deben habitar esos espacios y realizar ahí su día a día. Se puede entender al confort ambiental, como el conjunto de condiciones ambientales aceptadas por las personas, para el desarrollo de sus actividades habituales; por lo tanto, la ausencia de confort ambiental genera una sensación de incomodidad o molestia, y puede afectar la salud (Espinosa Cancino & Cortés Fuentes, 2015, p. 229). Es por esto tanto más importante, tener en cuenta las recomendaciones de los valores mínimos admisibles, que permitan generar espacios de vivienda confortables desde las primeras etapas del diseño, como condicionantes para el proyectista. Según Zulueta et al. (2020) los criterios de diseño arquitectónico, llegan a influir en el confort que sienten las personas en las viviendas.

Como indican Becerra-Barón & Torres-Merchán (2014), el ruido en ámbitos urbanos proviene principalmente de las actividades humanas, y sus fuentes son: el tránsito automotor, ferroviario y aéreo, la construcción y obras públicas. (p. 10)

Especialistas médicos de nuestro país, han destacado que la contaminación acústica es un problema acuciante, ya que “naturaliza el ruido fuera de los parámetros normales es algo que indudablemente hemos hecho como sociedad, en detrimento de nuestra salud” (Sancho Eiras, 2022, p. 154).

El control del ruido en las ciudades ha ido de la mano de las exigencias de la población. Orozco Medina et al. (2012) menciona al respecto:

> En las ciudades son muy variados los estímulos que se originan por la presencia de ruido, debido principalmente a las diferencias en los campos sonoros que se encuentran en los distintos ámbitos, y a causa de la variación en la predisposición de las personas en cada uno de ellos, los efectos del ruido esperables ante

> niveles sonoros similares frecuentemente no son los mismos, la gente es más sensible al ruido cuando está en su vivienda que en el ámbito laboral o recreativo. (p. 18)

Enfocándonos en la vivienda en altura, entendiéndola como un conjunto de unidades habitacionales que se agrupan de manera vertical, se hace evidente que en ella suceden una serie de actividades diarias tanto de estudio, como de trabajo y descanso, como así también social. Realizar dichas actividades, implica utilizar los espacios de las viviendas en diferentes horas del día (Escobar Carreño, 2022, p. 57).

A partir de las medidas sanitarias tomadas durante el periodo de la pandemia mundial en el año 2020, se modificaron las necesidades acústicas de las viviendas y sus habitantes: "[las viviendas] se convirtieron en lugar de trabajo, escuela, de juego de niños, de diversión y de descanso. Con ello los niveles de ruido vecinal aumentaron incrementando las molestias provocadas por el mismo en los hogares" (Romero Fernández et al., 2022, p. 2). Las secuelas de ese período, se reflejan en los nuevos puestos de teletrabajo que se crearon y perduraron, como así también la implementación de la academia digital, actividades que en muchos casos se continúan desarrollando en ámbitos domésticos, en ocasiones en simultáneo con las actividades del grupo familiar. Como indica Sáez et al. (2022) "esta nueva función en los hogares generó la necesidad de resolver, entre otras cosas, requerimientos acústicos que favorezcan el confort de sus habitantes. Es decir, mejorar la aislación y la reverberación del o los espacios destinados a esa función" (p. 2).

Ahora bien, desde el punto de vista de la sustentabilidad, se debe poder garantizar construcciones eficientes que cubran las necesidades de sus habitantes. Para ello "la planificación integral es la base para realizar un proyecto de vivienda sustentable y ajustada a las necesidades" (Güiraldes & González Calderón, 2019, p. 26).

Por lo tanto, se debe considerar al acondicionamiento acústico, como un condicionante global que afecta la materialización y construcción de las edificaciones. Arnau Kuri (2019) dice al respecto:

> El confort acústico, es un tema donde los parámetros convencionales de medición no aplican de la misma manera en que lo hacen con el confort térmico o visual, debido a que existen muchos más valores subjetivos que influyen directamente en el confort acústico (p. 9).

Debido a la composición de las viviendas en altura, las unidades agrupadas pueden presentar problemas acústicos específicos que deben abordarse, como los ruidos característicos generados

por las instalaciones complementarias del edificio, que se caracterizan por "ser estacionarios o fluctuantes; ser continuos o intermitentes; presentar tonos emergentes audibles; contener impulsos audibles; ser considerado como ruido de baja frecuencia, es decir, tener su energía acústica concentrada en frecuencias comprendidas entre 20 y 200 Hz." (García María Teresa et al., 2020, p. 4). Por lo tanto, es necesario conocer los parámetros de diseño y los casos ya construidos, para abordar estos problemas.

1. Metodología

Este trabajo de investigación se enmarcará en el municipio de San Miguel de Tucumán, provincia de Tucumán, Argentina, debido a que esta ciudad es uno de los principales centros urbanos de Noroeste Argentino, y funciona como punto de conexión entre el norte y el centro del país, siendo un sistema urbano consolidado que cuenta con variedad de servicios de rangos regional, que la convierten en un nodo muy concurrido en la región.

Los edificios en los que se ubican las unidades analizadas, se encuentran situados en barrio Sur y Ciudadela. Los tres casos presentan la tipología de monoambiente, contando en su programa con el servicio ubicado a la entrada, unido a una única habitación que combina las funciones de dormitorio, cocina y comedor, donde solo puede habitar una persona. Cuentan con una única abertura de acceso y en la pared opuesta, una única abertura para ventilación y luz hacia el frente del edificio. Todos los casos se encuentran entre pisos en el desarrollo del edificio.

Figura 1: Ubicación de los casos de estudio.

Fuente: elaboración propia con base en datos de Google Maps.

En una primera aproximación a los emplazamientos de cada objeto de estudio, se identifica el tráfico, como fuente sonora exterior, ya sea de la calle Congreso, 9 de Julio y en la avenida General Roca, siendo esta la principal fuente de ruido exterior. La relación que mantienen la calle Congreso y 9 de Julio con la Avenida Roca, da lugar a que se agrupen una serie de actividades comerciales, residenciales y de circulación, que condicionan el entorno de los casos de estudio, y siendo por ello que estas vías de circulación agrupan un tráfico variado, que abarcan vehículos de cargas pesadas y coches particulares, contando con paradas de ómnibus que agrupan líneas con recorridos municipales e intermunicipales, ya que la Avenida Roca funciona como vía de enlace entre los municipios sureños. Otras fuentes de ruido, provienen de las actividades urbanas en la zona.

Los objetos de estudio son de construcción tradicional de la región, mampostería de ladrillo cerámico macizo de 30 cm en sus cerramientos exteriores, y tabiquería de ladrillo macizo de 15 cm en sus divisiones interiores. Al respecto, la Cámara Industrial de Cerámica Roja (CICER) (2005) establece para construcciones de ladrillo macizo, un índice de reducción acústica (Rw) de 48 dB (A) para paquetes de 22x24x5,5 cm y un Rw de 40 dB (A) para paquetes de 11x24x5,5 cm.

Figura 2: Imágenes del exterior de cada edificio.

9 de julio 600 | Congreso 800 | Av. General Roca y Prospero Mena

Fuente: Referencia de Google Earth.

Este trabajo de investigación se desarrolló en base a una combinación metodológica. El análisis de la Calidad Acústica, se orientó para los espacios interiores de los departamentos de vivienda del edificio de estudio. Las tareas se dividieron en cuatro etapas. En la primera etapa, se realizó un análisis cuantitativo de las condiciones acústicas del entorno exterior, mediante mediciones sonoras en puntos estratégicos, con la determinación del Nivel sonoro continuo equivalente (LAeq) incidente. En la segunda etapa, se utilizó el método cualitativo, a través de encuestas a vecinos que habitan, y recorren por la zona. Una vez analizada la envolvente desde el exterior, se procede al estudio de las condiciones internas de la unidad funcional, donde en la tercera etapa se realizó un análisis cuantitativo, culminando con una quinta etapa de medición de Tiempo de Reverberación.

En la etapa cuantitativa, para la evaluación de los indicadores de ruido ambiental, se utilizó el método analítico y el deductivo. En primera instancia, con un análisis cuantitativo se realizaron mediciones de niveles sonoros, con instrumental Sonómetro Digital Integral marca Lutron (Integrating Sound Level Meter SL-4035SD) clase 2, Calibrador multifunción B&K (Bruel & Kjaer) Tipo 4226, según las recomendaciones de la NORMA IRAM 4113: "Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental":

IRAM 4113-1/2009: Parte 1 - Magnitudes básicas y métodos de evaluación.

IRAM 4113-2/2010: Parte 2 - Determinación de niveles de ruido ambiental.

Las mediciones según la Norma IRAM 4113, se realizaron de acuerdo a los siguientes parámetros acústicos:

- Nivel Sonoro Continuo Equivalente (LAeq): es indicador que permite describir la contaminación acústica en una localización. Muestra el nivel de ruido acumulado a lo largo de un período, y estandarizado con respecto a dicho intervalo. Para determinarlo se realiza el siguiente cálculo:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 \cdot dt \right]$$

Donde T es el tiempo de observación durante el cual el nivel sonoro es Li ± 2,5 dB(A).

- Niveles Percentiles L10 y L90: indican el nivel de ruido, que es superado en un determinado porcentaje del tiempo de medición. Cuanto menor sea el porcentaje del tiempo, más elevado será el nivel sonoro a superar. El percentil L90 define al nivel sonoro superado durante el 90% del tiempo de medición, y suele utilizarse para la medición de los niveles de ruido de fondo. En cambio, el valor de L10 es el nivel que se excede durante el 10% del tiempo, y considera los molestos picos de ruido.

También se consideró la norma IRAM 4043-1/2003 sobre "Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción". Parte 1 - Aislamiento al ruido aéreo. En esta norma, para manejar los datos de aislamiento es a través del "índice de Reducción Sonora Compensado" (Rw)

No existen valores de Rw aconsejados para una fachada, pero en la Norma IRAM 4044(4) de Protección contra el ruido en edificios: “Requisitos de aislamiento acústico mínimo. Método de medición y clasificación. Cerramientos y aberturas, verticales y horizontales” se marcan los valores mínimos recomendados, para muros divisorios y medianeros.

Para comparar con valores admisibles en vivienda, se adoptaron los valores recomendados por franja horaria según la norma IRAM 4062 de “Ruidos Molestos al Vecindario” (2016).

En la etapa de medición de los Tiempos de Reverberación, se consideraron las normativas establecidas en las normas IRAM 4109 adaptadas de las normas ISO 3382. Las mediciones fueron llevadas a cabo mediante el siguiente instrumental: Micrófono de Medición Behringer ECM8000; Tipo: Condensador; Patrón polar: Omnidireccional; Impedancia: 200 ohms; Sensibilidad: 70 dB; Respuesta de frecuencia: 20 Hz - 20 kHz. Una Placa de Sonido Externa Line 6. Software de análisis de Tiempo de Reverberación "Aurora" de Angelo Fariña como plugin para Audacity.

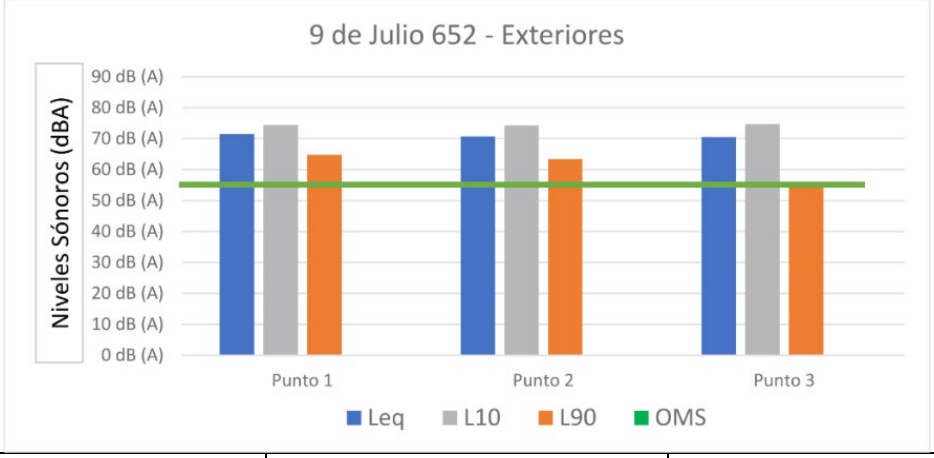
Dadas las dimensiones reducidas del departamento, se ubicó el micrófono en el medio de cada habitación y se tomaron mediciones de dos fuentes, en este caso globos, de forma tal de generar ruido de una fuente superior en 60 dB del ruido fondo.

2. Resultados

2.1. Medición NIA Exteriores

Se ubicó el equipo de medición en tres puntos exteriores, representativos de la vereda hacia donde da la fachada del edificio, y las dos esquinas de la vereda. Las mediciones exteriores realizadas durante la primera etapa arrojaron los siguientes datos para cada caso de estudio.

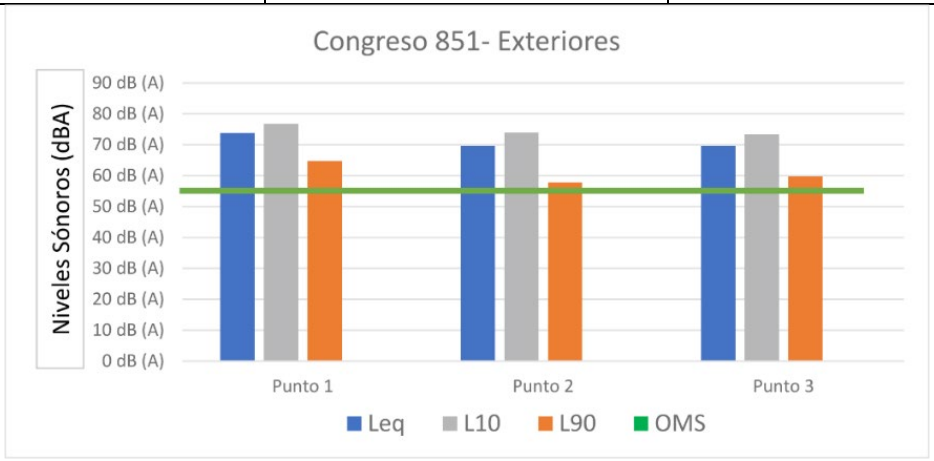
Tabla 1: Resultados de mediciones exteriores del primer caso.

<table>
<tr><td colspan="9">Caso 1 (9 de julio 600) - Exteriores</td></tr>
<tr><td colspan="3">Punto 1: Esquina Lavalle y 9 de Julio</td><td colspan="3">Punto 2: Esquina Simón Bolívar y 9 de Julio</td><td colspan="3">Punto 3: Frente del edificio</td></tr>
<tr><td colspan="3">Franja Horaria (20:00 - 20:07)</td><td colspan="3">Franja Horaria (20:14 - 20:21)</td><td colspan="3">Franja Horaria (20:23 - 20:30)</td></tr>
<tr><td colspan="9"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">Percentiles</td><td colspan="3">Percentiles</td><td colspan="3">Percentiles</td></tr>
<tr><td>Leq</td><td>L10</td><td>L90</td><td>Leq</td><td>L10</td><td>L90</td><td>Leq</td><td>L10</td><td>L90</td></tr>
<tr><td>71,5 dB(A)</td><td>74,5 dB(A)</td><td>64,8 dB(A)</td><td>70,8 dB(A)</td><td>74,3 dB(A)</td><td>63,4 dB(A)</td><td>70,5 dB(A)</td><td>74.8 dB(A)</td><td>55,8 dB(A)</td></tr>
</table>

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en los resultados obtenidos de las mediciones, cómo los valores superan los máximos admisibles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 55 dB para el periodo diurno. El valor más desfavorable fue registrado en la esquina de Lavalle y 9 de Julio con un Leq de 71,5 dB (A).

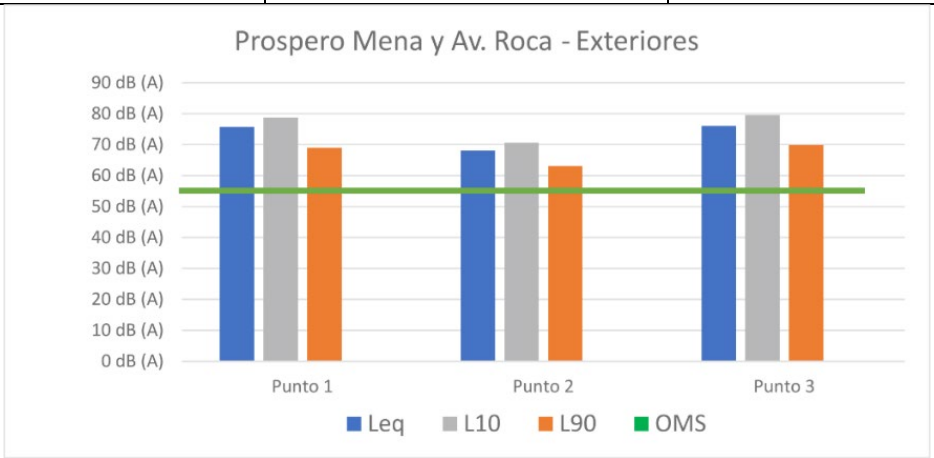
Tabla 2: Resultados de mediciones exteriores del segundo caso.

<table>
<tr><td colspan="9">Caso 2 (Congreso 800) - Exteriores</td></tr>
<tr><td colspan="3">Punto 1: Esquina Congreso y Avenida General Roca</td><td colspan="3">Punto 2: Frente del edificio</td><td colspan="3">Punto 3: Esquina Congreso y Rondeau</td></tr>
<tr><td colspan="3">Franja Horaria (16:58 - 17:08)</td><td colspan="3">Franja Horaria (17:10 - 17:20)</td><td colspan="3">Franja Horaria (17:24 - 17:34)</td></tr>
<tr><td colspan="9"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">Percentiles</td><td colspan="3">Percentiles</td><td colspan="3">Percentiles</td></tr>
<tr><td>Leq</td><td>L10</td><td>L90</td><td>Leq</td><td>L10</td><td>L90</td><td>Leq</td><td>L10</td><td>L90</td></tr>
<tr><td>73,8 dB(A)</td><td>76,8 dB(A)</td><td>64,8 dB(A)</td><td>69,7 dB(A)</td><td>74,0 dB(A)</td><td>57,8 dB(A)</td><td>69,7 dB(A)</td><td>73,4 dB(A)</td><td>59,8 dB(A)</td></tr>
</table>

Fuente: Elaboración propia.

Los valores registrados en el segundo caso, al igual que en el primero, superan los niveles máximos admisibles de 55 dB para el periodo diurno. Los valores más desfavorables se registran en la esquina Congreso y Avenida Roca con un Leq de 73,8 dB (A).

Tabla 3: Resultados de mediciones exteriores del tercer caso.

Caso 3 (Próspero Mena y Av. Roca) - Exteriores								
Punto 1: Esquina Próspero Mena y Roca			Punto 2: Pje. Ambrosio Nogues y Próspero Mena			Punto 3: Platabanda		
Franja Horaria (11:27 - 11:34)			Franja Horaria (12:31 - 12:38)			Franja Horaria (12:42 - 12:49)		
								
Percentiles			Percentiles			Percentiles		
Leq	L10	L90	Leq	L10	L90	Leq	L10	L90
75,7 dB(A)	78,8 dB(A)	69,0 dB(A)	68,1 dB(A)	70,6 dB(A)	63,1 dB(A)	76,1 dB(A)	79,6 dB(A)	69,9 dB(A)

Fuente: Elaboración propia.

En las mediciones del tercer caso, se puede observar cómo los valores de Leq oscilan entre los 68 dB y 76 dB, siendo el ejemplo más ruidoso, posiblemente por su ubicación sobre la Avenida General Roca. El punto más desfavorable se registró en la esquina de Próspero Mena y Roca, donde se obtuvieron valores de 75,7 dB(A), los cuales son superiores a los 55 dB recomendados por la OMS.

2.2. Medición NIA Interiores

En la siguiente etapa, se realizaron mediciones en el interior de cada unidad, donde se ubicó el equipo de medición en medio de cada habitación principal. Se realizaron mediciones teniendo en cuenta los casos de las carpinterías abiertas y cerradas, a fin de comparar como condiciona cada situación.

Figura 3: Planta de las unidades de estudio.

9 de julio 600 Congreso 800 Av. General Roca y Prospero Mena

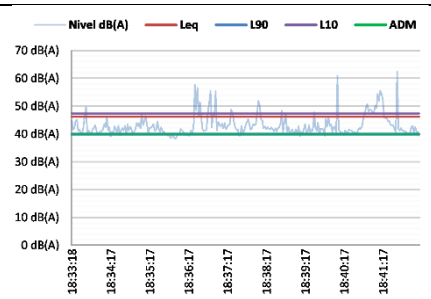
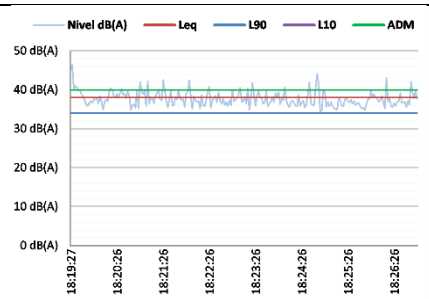
Fuente: Elaboración propia.

Caso 1: 9 de julio 600

En el primer caso se evalúa un monoambiente, donde el espacio no destinado al servicio o la circulación es de 25,2 m2. Cuenta con una única abertura que da hacia un desborde, que se concreta en el balcón de la unidad. Los muros están revocados y pintados en su interior. Se ubica el equipo

en el centro de la unidad, a fin de conocer la globalidad de las actividades de la residencia, evaluando los sonidos propios de las actividades que allí se desarrollan.

Tabla 4: Resultados de mediciones interiores.

	Abierto			Cerrado		
Caso 1 – interior monoambiente						
Franja Horaria	Tarde (18:33 - 18:43)			Tarde (18:19 - 18:29)		
Percentiles	Leq	L10	L90	Leq	L10	L90
	46,2 dB(A)	47,4 dB(A)	39,9 dB(A)	38,0 dB(A)	40,0 dB(A)	34,0 dB(A)

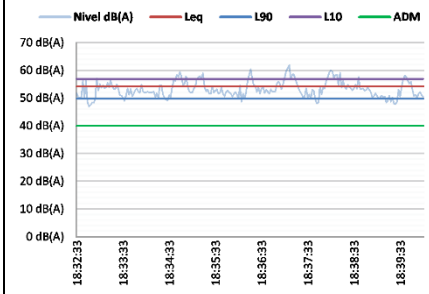
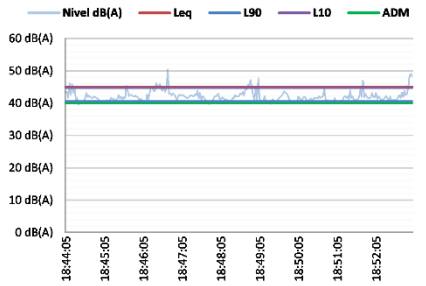
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del relevamiento con instrumental, dan resultados de 46,2 dB(A) en el caso de las carpinterías abiertas en las horas pico de la tarde, siendo este valor inferior a los 50 dB admisibles para viviendas, según la norma IRAM 4044. Y de 38,0 dB(A), en caso de cerrar la carpintería.

Caso 2: Congreso 800

El segundo caso es un monoambiente de 19,2 m2, sin contar con el área de servicio y circulación. Cuenta con una única abertura que da hacia un desborde, el balcón de la unidad. Los muros están revocados y pintados en su interior. Se ubica el equipo en mitad del espacio de uso diario, a fin de conocer la globalidad de las actividades de la residencia, evaluado los sonidos propios de las actividades que allí se desarrollan.

Tabla 5: Resultados de mediciones interiores.

	Abierto			Cerrado		
Caso 2 – interior monoambiente						
Franja Horaria	Tarde (18:32 - 18:42)			Tarde (18:44 - 18:54)		
Percentiles	Leq	L10	L90	Leq	L10	L90
	54,2 dB(A)	56,9 dB(A)	49,8 dB(A)	44,9 dB(A)	44,7 dB(A)	40,6 dB(A)

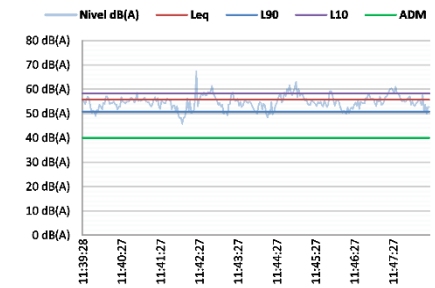
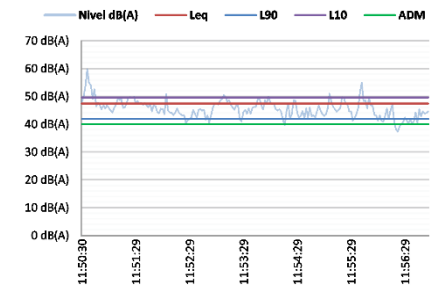
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del relevamiento con instrumental dan resultados de 54,2 dB(A) en el caso de las carpinterías abiertas en las horas pico de la tarde, siendo este valor superior a los 50 dB admisibles para la vivienda según norma IRAM 4044. Y de 44,9 dB(A), en caso de cerrar la carpintería.

Caso 3: Próspero Mena y Av. Roca

El tercer caso es un monoambiente de 14,6 m2, sin contar con el área de servicio y circulación. Cuenta con una única abertura sin desborde. Los muros están revocados y pintados en su interior. Se ubica el equipo en el centro de la habitación, a fin de conocer la globalidad de las actividades de la residencia, evaluado los sonidos propios de las actividades que allí se desarrollan.

Tabla 6: Resultados de mediciones interiores.

	Abierto			Cerrado		
Caso 3 – interior monoambiente						
Franja Horaria	Mediodía (11:39 - 11:49)			Mediodía (11:50 - 12:00)		
Percentiles	Leq	L10	L90	Leq	L10	L90
	55,7 dB(A)	58,3 dB(A)	58,8 dB(A)	47,4 dB(A)	49,6 dB(A)	41,9 dB(A)

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del relevamiento con instrumental dan resultados de 55,7 dB(A) en el caso de las carpinterías abiertas en las horas pico de la tarde, siendo este valor superior a los 50 dB admisibles para la vivienda según norma IRAM 4044. Y de 47,4 dB(A), en caso de cerrar la carpintería. Este es el caso más desfavorable de los analizados, incluso cuando las aberturas de la unidad están cerradas.

2.3. Medición de TR60

Se realizaron mediciones de Tiempo de Reverberación (TR60) en los principales espacios de uso del departamento, utilizando el método de respuesta por impulso. Los tiempos normalizados adoptados para la comparación, se corresponden con el rango de 1,2 a 1,5 segundos, que es recomendado para salas polivalentes según la norma IRAM 4065. Para el análisis, se descartaron las mediciones en frecuencias menores a 125Hz, debido a que no son representativas según la norma ISO 3382-2.

En los tres casos analizados, dadas las dimensiones reducidas de los departamentos, se ubicó el micrófono en el centro de cada habitación, y se tomaron mediciones de dos fuentes de ruido, en este caso, globos, para generar un ruido superior en 60 dB(A) al ruido de fondo.

Caso 1

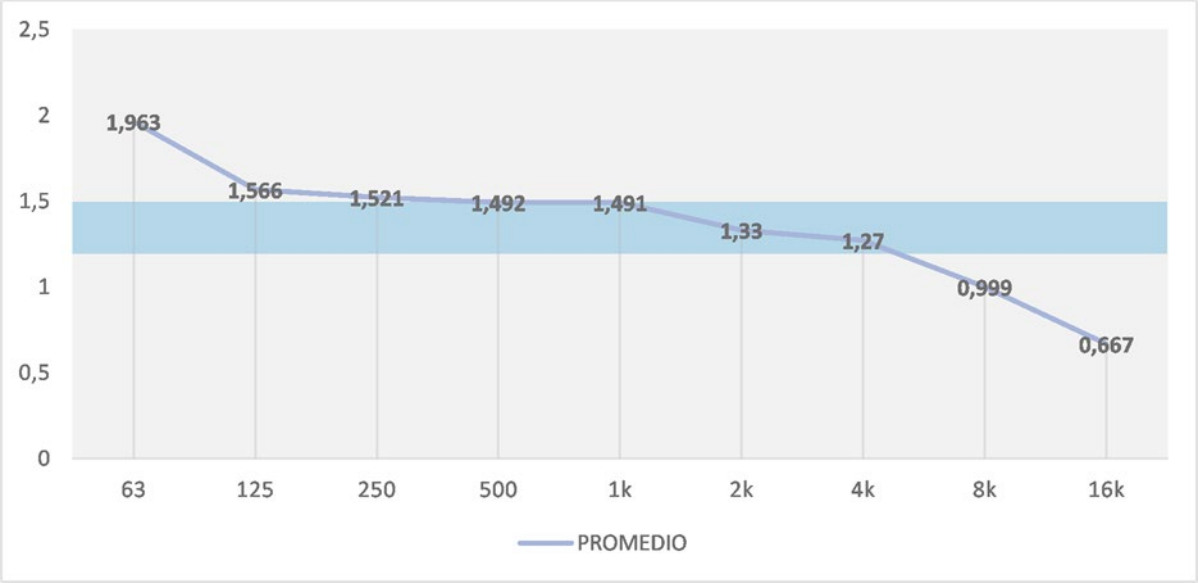
En el primer caso, las mediciones mostraron que los valores de TR60 oscilan dentro del rango recomendado de 1,2 a 1,5 segundos en las frecuencias medias, con tiempos más largos en las frecuencias bajas y tiempos más cortos en las frecuencias altas.

Tabla 7: Resultados de medición de TR60.

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
M1 - F1	1,890	1,506	1,338	1,414	1,422	1,310	1,296	0,986	0,670
M2 - F2	2,036	1,626	1,704	1,570	1,560	1,350	1,244	1,012	0,664
PROMEDIO	**1,963**	**1,566**	**1,521**	**1,492**	**1,491**	**1,33**	**1,27**	**0,999**	**0,667**

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: Gráficos de TR60



Fuente: Elaboración propia.

Caso 2

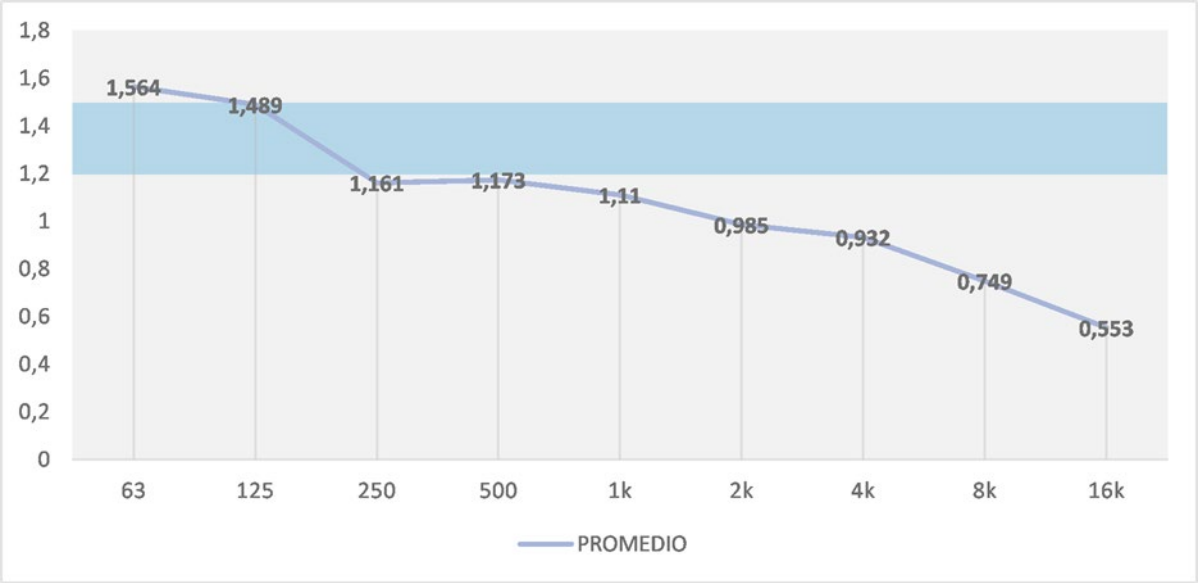
En el segundo caso, los valores de TR60 superaron el rango recomendado, especialmente en las frecuencias medias, mientras que los tiempos en las frecuencias medias y altas estuvieron por debajo de los mínimos establecidos.

Tabla 8: Resultados de medición de TR60.

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
M1 - F1	1,452	1,432	1,120	1,124	1,110	0,984	0,928	0,740	0,550
M2 - F2	1,676	1,546	1,202	1,222	1,110	0,986	0,936	0,758	0,556
PROMEDIO	**1,564**	**1,489**	**1,161**	**1,173**	**1,11**	**0,985**	**0,932**	**0,749**	**0,553**

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5: Gráficos de TR60



Fuente: Elaboración propia.

Caso 3

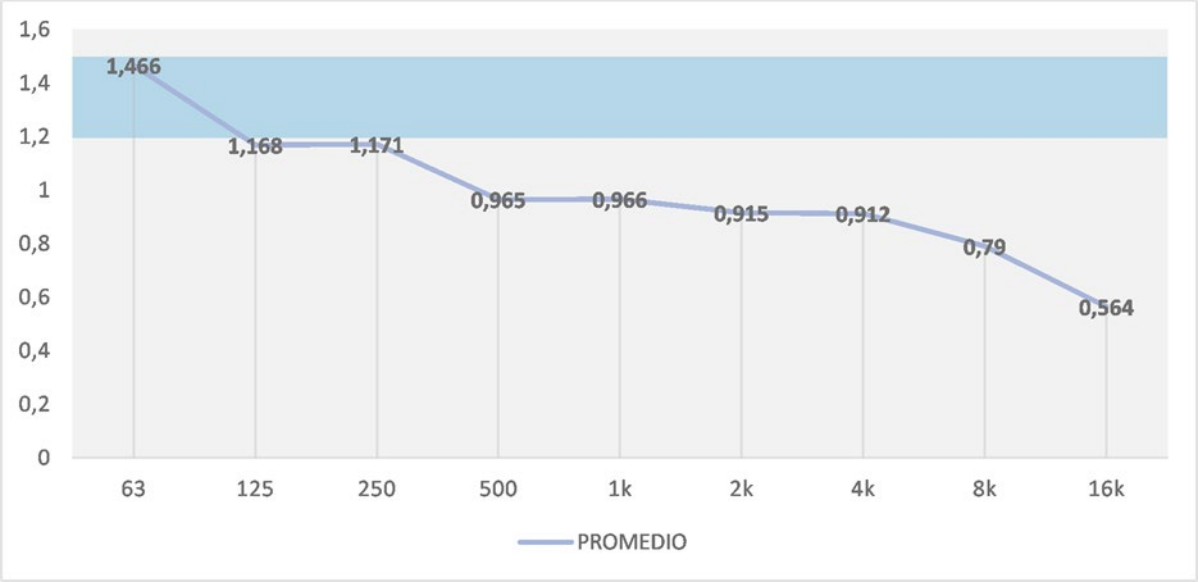
Finalmente, en el tercer caso, los valores de TR60 estuvieron por debajo del rango recomendado en todas las frecuencias analizadas, con los tiempos más largos en las frecuencias bajas, y los tiempos más cortos en las frecuencias altas. Este caso resultó ser el menos favorable en términos de reverberación dentro del rango recomendado.

Tabla 9: Resultados de medición de TR60.

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
M1 - F1	1,208	1,334	1,158	0,928	0,980	0,928	0,912	0,794	0,566
M2 - F2	1,724	1,002	1,184	1,002	0,952	0,902	0,912	0,786	0,562
PROMEDIO	**1,466**	**1,168**	**1,171**	**0,965**	**0,966**	**0,915**	**0,912**	**0,79**	**0,564**

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6: Gráficos de TR60



Fuente: Elaboración propia.

3. Discusión de los resultados

Analizando cómo influye la ubicación de los objetos de estudio respecto a los resultados obtenidos, se puede observar que el caso más desfavorable es el tercero. Este, ubicado en proximidad con la Avenida Roca, registra valores de 55,7 dB(A) con las carpinterías abiertas. Estos valores están por encima de los 50 dB para el ruido aéreo, adoptados como admisibles en el caso de viviendas según la norma IRAM 4044. Los valores descienden a 47,4 dB(A) con las carpinterías cerradas. Esto coincide con los valores obtenidos en las mediciones exteriores de 75,7 dB(A) sobre la esquina del edificio. Este valor supera los 55 dB recomendados por la OMS. Por lo cual se deduce una reducción bruta de aproximadamente 28 dB. Posiblemente debido a la distancia respecto a la avenida y el aislamiento de las carpinterías.

En los otros dos casos, ubicados en calles colectoras, como el primero, muestra valores de 46,2 dB(A) con las carpinterías abiertas y 38,0 dB(A) con las carpinterías cerradas, situándose por debajo de los 50 dB recomendados para el ruido aéreo en viviendas. Los valores obtenidos en las mediciones exteriores frente al edificio son de 70,5 dB(A). Superando este valor de 55 dB recomendados por OMS. Analizando el segundo caso, se obtuvieron valores de 54,2 dB(A) en la situación de las carpinterías abiertas y de 44,9 dB(A), con las carpinterías cerradas. En este caso, los

valores interiores con las carpinterías abiertas están por encima de los recomendados. Los valores obtenidos frente al edificio registran 69,7 dB(A), siendo valores superiores a los recomendados, aunque constituyendo el caso de estudio con los valores más bajos en comparación.

Los tiempos de reverberación en los tres casos de estudio son variados. El primer caso se ajusta mejor a los tiempos recomendados de entre 1,2 y 1,5 segundos, con tiempos de 1,52 segundos a 250 Hz y de 1,49 segundos a 500 y 1000 Hz. El segundo y tercer caso de estudio, se encuentran ambos por debajo del rango adoptado en todas las frecuencias de análisis. En el segundo caso, se cuenta con valores de 1,16 segundos en la frecuencia de los 250 Hz y de 1,17 segundos para los 500 Hz y 1,11 segundos para los 1000 Hz. En el tercer caso, se registran valores de 1,17 segundos en la frecuencia de los 250 Hz y de 0,96 segundos para los 500 Hz y los 1000 Hz.

4. Propuestas

Dado los resultados obtenidos, se pueden realizar las siguientes recomendaciones para la obra ya construida, en aquellas unidades donde los niveles de presión registran valores superiores a los recomendados.

- ***Reducción de la envolvente:*** se sugiere mejorar el aislamiento de los muros, agregando espesor a los muros que cuentan con la carpintería al exterior, dado que estos son los más desfavorables al estar constantemente expuestos a fuentes sonoras exteriores. Esto se puede traducir en el uso de tabiques con aislamiento acústico, lana de vidrio o lana de roca de 2 pulgadas, como capa adicional.
- ***Aislamiento en aberturas:*** se puede mejorar las superficies vidriadas de las carpinterías, colocando vidrios laminados en las aberturas que comunican con el exterior. A su vez, se recomienda el uso de carpinterías con doble vidriado hermético (DVH), logrando una reducción de 42 dB a 46 dB.

  Por otro lado, es importante también mantener o mejorar las carpinterías existentes, es decir, conservar en condiciones las hojas de puertas y ventanas, sus burletes, procurar que no queden espacios entre el marco y las hojas de las carpinterías, etc. En caso de mejorarlas, cambiarlas por ventanas de doble vidriado hermético, reemplazar las hojas de las puertas por hojas de materiales más pesados y que sean de doble o triple contacto.
- ***Cielorrasos con aislantes acústicos:*** dado que las unidades se encuentran entre pisos, para las divisiones horizontales entre departamentos, se puede incorporar placas con aislante

acústico al cielorraso, que aumenten su espesor o generen una cámara de aire, por ejemplo, lana de vidrio o lana de roca entre placas de yeso cartón.

- ***Uso de materiales absorbentes:*** se puede incorporar en el interior de las viviendas, como medida para mitigar la reverberación, placas perforadas o resonadores de madera en muros o techos, haciendo un adecuado uso de materiales según la función del local.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en las mediciones en exteriores, registran valores diurnos superiores a los recomendados por la OMS para exteriores de 55 dB para el día, por lo que se puede considerar a la zona como ruidosa, debido tanto al tráfico automotor como a las diversas actividades que plantea cada zona, afectando a los habitantes de los edificios como la principal fuente de ruido.

Al comparar unidades tipológicamente iguales y con programas similares, se puede observar cómo afecta su emplazamiento en las mediciones obtenidas, siendo el tercer caso, el que se ubica en la esquina con la Avenida Roca, la vivienda más afectada por su proximidad a una fuente de ruido proveniente de una arteria principal, y emplazamiento que da lugar a un alto tráfico de vehículos, personas y actividades comerciales.

Los valores obtenidos en las tres unidades dependen de su emplazamiento. Los mayores valores se registran en las unidades ubicadas sobre la avenida o cercanas a ella (caso 2 y caso 3) donde, incluso con las carpinterías cerradas, los valores son altos, especialmente en el tercer caso. Esto podría afectar el bienestar de sus ocupantes y el desarrollo de sus actividades.

En dos de los tres casos los tiempos de reverberación están por debajo del rango considerado para la actividad, el segundo y tercer caso. Estas condiciones pueden ser beneficiosas para cada recinto, ya que no perjudica la inteligibilidad de la palabra.

Al observar los resultados obtenidos en los tiempos de reverberación, los dos casos de menor superficie (el primer y tercer monoambiente), son los que registraron tiempos más cortos, corroborando que a menor volumen los tiempos son más cortos. El tercer departamento, el de mayor volumen, registra tiempos más largos, dentro del rango adoptados de 1,2 a 1,5 segundos.

Referencias

Arnau Kuri, J. (2019). El ruido, la percepción de confort acústico y la percepción del entorno urbano arquitectónico. En J. Garmendia Ramírez (Coord.), *De los métodos y las maneras* (Vol.4, pp. 9-14). Universidad Autónoma Metropolitana. https://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/6382

Becerra-Barón, J. D. y Torres-Merchán, N. Y. (2014). Design of Educational Material as a Contribution to Environmental Problems in Educational and Community. *Revista Educación,* 38(2), 1-18. http://dx.doi.org/10.15517/revedu.v38i2.15258

Cámara Industrial de Cerámica Roja. (2005). Ficha Técnica No 4 *Aislamiento Aéreo de Sonidos con Mampostería Cerámica.* CICER.

Escobar Carreño, A. J. (2022). *Criterios de diseño arquitectónico y su relación con el confort del espacio habitable de la vivienda, caserío Tunape – Piura,* 2021 [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/80129

Espinosa Cancino, C. F. y Cortés Fuentes, A. (2015). Confort higrotérmico en vivienda social y la percepción del habitante. *Revista INVI,* 30(85), 227-242.

García María Teresa, C., Fernández Amelia, R. y Herguedas María Belén, C. (2020). *Aplicación del RD 1367/2007 a las Instalaciones de los Edificios.* Casos de Estudio. TecniAcústica.

Güiraldes, P. y González Calderón, J. (2019). *Manual de Vivienda Sustentable. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.* https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/vivienda/manual

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2009). *Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1 - Magnitudes básicas y métodos de evaluación.* (Norma núm.4113-1).

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2010). *Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2 - Determinación de niveles de ruido ambiental.* (Norma núm.4113-2)

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2016). *Ruidos molestos al vecindario. Método de medición y calificación* (Norma núm. 4062).

Orozco Medina, M. G., González, A. E. y Kogan, P. (2012). *Ruido en ciudades latinoamericanas: Bases orientadas a su gestión.* Orgánica.

Romero Fernández, A., Casla Herguedas, B. y García, T. C. (2-4 noviembre, 2022). *Cuestionario Sobre la Percepción del Ruido en Viviendas Durante el Confinamiento COVID-19. Parte 2: Satisfacción de los Usuarios con el*

Aislamiento Acústico [ponencia]. 53o. Congreso Español de Acústica - XII Congreso de Acústica. Elche. Alicante, España.

Saez, V., Juarez, I. y Garzón, B. (4-7 de octubre de 2021). *Alternativas tecnológicas sustentables con residuos de la construcción para la adecuación acústica en pandemia y post-pandemia.* Ponencias y Workshops, XXIV Congreso Arquisur. Universidad Nacional de Chile, Universidad Nacional de Tucumán.

Sancho Eiras, P. M. (2022). Presente y pasado de los ruidos molestos en la Argentina. *Revista de la Escuela Judicial,* 3(3), 150-189. https://doi.org/10.59353/rej.v3i3.56

Torres Gómez, N. C. (2020). Rehabilitar desde la envolvente: *Una alternativa sostenible Rehabilitate from the facade: A sustainable alternative* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79991

Zulueta, C., Tarma, L. y Álvarez, B. (2020). *Parámetros de diseño de viviendas para los damnificados del FEN 2017 del centro poblado menor Viduque, basado en los usos y costumbres de los pobladores - Catacaos* - Piura 2019. Universidad Privada Antenor Orrego.