

ARTÍCULO CIENTÍFICO - NUEVO FORMATO 3 (CORREGIDO 2222).docx

 My Files My Files Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:563115756

Fecha de entrega

3 mar 2026, 9:41 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

3 mar 2026, 10:16 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

ARTÍCULO CIENTÍFICO - NUEVO FORMATO 3 (CORREGIDO 2222).docx

Tamaño del archivo

2.4 MB

32 páginas

8607 palabras

47.904 caracteres

12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 10%

 Fuentes de Internet
- 2%

 Publicaciones
- 8%

 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.upt.edu.pe	2%
2	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	1%
3	Internet	hdl.handle.net	<1%
4	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
5	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	<1%
6	Trabajos entregados upeu on 2024-11-27		<1%
7	Internet	worldwidescience.org	<1%
8	Internet	revistas.unsm.edu.pe	<1%
9	Internet	www.uaa.alaska.edu	<1%
10	Trabajos entregados Universidad Privada de Tacna on 2024-11-07		<1%
11	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%

12	Internet	repositorio.utc.edu.ec	<1%
13	Internet	www.slideshare.net	<1%
14	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-12-02	<1%
15	Internet	es.scribd.com	<1%
16	Trabajos entregados	Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López on 2025...	<1%
17	Internet	vdocuments.net	<1%
18	Internet	www.newcastle.gov.uk	<1%
19	Internet	www.njcul.org	<1%
20	Internet	repositorio.bicu.edu.ni	<1%
21	Internet	rraae.cedia.edu.ec	<1%
22	Trabajos entregados	ucss on 2025-08-26	<1%
23	Trabajos entregados	Universidad Tecnológica Indoamerica on 2025-05-19	<1%
24	Trabajos entregados	Universidad del Norte, Colombia on 2022-05-18	<1%
25	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%

26	Internet	www.conftool.pro	<1%
27	Internet	www.produccioncientificaluz.org	<1%
28	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-11-18	<1%
29	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-08-07	<1%
30	Trabajos entregados	Universidad Tecnologica del Peru on 2025-12-15	<1%
31	Internet	core.ac.uk	<1%
32	Internet	repositorio.upse.edu.ec	<1%
33	Internet	sowakajuen.com	<1%
34	Internet	www.politicas.unam.mx	<1%
35	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-22	<1%
36	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2019-12-10	<1%
37	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-07-19	<1%
38	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-11-11	<1%
39	Trabajos entregados	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion on 2025-12-18	<1%

40	Trabajos entregados	Universidad San Francisco de Quito on 2016-02-17	<1%
41	Trabajos entregados	Universidad de Nebrija on 2025-05-31	<1%
42	Trabajos entregados	Universidad de Nebrija on 2025-06-26	<1%
43	Internet	doku.pub	<1%
44	Internet	ifip.asso.fr	<1%
45	Internet	pdffox.com	<1%
46	Internet	repositorio.udl.edu.pe	<1%
47	Internet	repositorio.ulc.edu.pe	<1%
48	Internet	www.researchgate.net	<1%
49	Trabajos entregados	Universidad Tecnológica del Peru on 2025-09-19	<1%
50	Trabajos entregados	Universidad Catolica Tecnologica de Barahona on 2025-11-17	<1%
51	Internet	repositorio.upeu.edu.pe:8080	<1%

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Evaluación del efecto de barreras acústicas sostenibles (eco ladrillos, panca de maíz y cascara de papa) en la reducción del ruido en centros educativos del nivel secundario de Juliaca, Perú

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Katia Valeria Torres Miranda

Lucero Illanes Sucasaca

Asesor:

Ing. Veronika Haydee Pari Mamani

Juliaca, noviembre de 2025

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BARRERAS ACÚSTICAS SOSTENIBLES (ECO LADRILLOS, PANCA DE MAÍZ Y CASCARA DE PAPA) EN LA REDUCCIÓN DEL RUIDO EN CENTROS EDUCATIVOS DEL NIVEL SECUNDARIO DE JULIACA, PERÚ

Evaluation of the effect of sustainable acoustic barriers (eco bricks, corn cob, and potato skins) on noise reduction in secondary schools in Juliaca, Peru

RESUMEN

La contaminación acústica en las instituciones educativas trae consecuencias de estrés, disminución de concentración de estudiantes en aulas y perjudicar la calidad educativa. Es por lo cual se plantea como objetivo evaluar el efecto de barreras acústicas sostenibles (eco ladrillos, panca de maíz y cascara de papa) en la reducción del ruido en centros educativos del nivel secundario de Juliaca, Perú. El estudio de tipo aplicada, de diseño experimental, se realizó en la Gran Unidad Educativa Secundaria “José Antonio Encinas” de Juliaca. Se diseñaron barreras acústicas utilizando eco-ladrillos, panca de maíz y cáscara de papa como materiales de relleno. El recojo de datos se realizó con un sonómetro en 4 puntos estratégicos, en dos franjas horarias: mañana (10:00 am - 11:00 am) y tarde (2:00 pm - 3:00 pm). Los datos recolectados se analizaron con el programa Excel 365 para determinar promedios, máximos, mínimos y desviaciones estándar, y calcular la eficiencia de las barreras en decibelios (dB). Los resultados mostraron que las barreras acústicas redujeron significativamente el ruido en la biblioteca. La panca de maíz fue la más eficiente, con reducciones de hasta 17.37 dB en la mañana y 14.27 dB en la tarde. La cáscara de papa ofreció una atenuación moderada y estable, mientras que los eco-ladrillos fueron menos eficaces. En promedio, los niveles de presión sonora en el interior de la biblioteca sin barreras alcanzaron entre 63.5 y 67.7 dB, mientras que, con las barreras, los valores se redujeron a entre 49 y 58 dB. La panca de maíz se confirmó como la barrera más efectiva, seguida por la cáscara de papa y los eco-ladrillos.

Palabras clave: Contaminación acústica, Ruido, Pérdida de inserción

ABSTRACT

Noise pollution in educational institutions causes stress, reduces student concentration in classrooms, and undermines educational quality. Therefore, the objective of this study is to evaluate the effect of sustainable acoustic barriers (eco-bricks, corn husks, and potato peels) on noise reduction in secondary schools in Juliaca,

Peru. This applied study, with an experimental design, was carried out at the José Antonio Encinas Secondary School in Juliaca. Acoustic barriers were designed using eco-bricks, corn husks, and potato peels as filling materials. Data was collected using a sound level meter at four strategic points during two time slots: morning (10:00 a.m. to 11:00 a.m.) and afternoon (2:00 p.m. to 3:00 p.m.). The collected data was analyzed using Excel 365 to determine averages, maximums, minimums, and standard deviations, and to calculate the efficiency of the barriers in decibels (dB). The results showed that the acoustic barriers significantly reduced noise in the library. Corn husks were the most efficient, with reductions of up to 17.37 dB in the morning and 14.27 dB in the afternoon. Potato peels offered moderate and stable attenuation, while eco-bricks were less effective. On average, sound pressure levels inside the library without barriers reached between 63.5 and 67.7 dB, while with the barriers, the values were reduced to between 49 and 58 dB. Corn husks were confirmed as the most effective barrier, followed by potato peels and eco-bricks.

Key words: Noise pollution, Noise, Loss of integration

INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica se ha convertido en una problemática de salud pública a nivel mundial debido a sus efectos negativos sobre la salud física y mental de las personas, principalmente en entornos urbanos densamente poblados (Angulo - Castro et al., 2025). A nivel mundial, de acuerdo con los datos registrados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) a febrero de 2025 casi 2500 millones de personas afrontan pérdida de audición, de las cuales 700 millones de personas aproximadamente necesitan atención especializada en rehabilitación auditiva, estas cifras reflejan que esta situación asume una tendencia ascendente por lo que en las próximas décadas la situación sea agravante. Entre los factores que contribuyen a esta problemática son los altos niveles de generación de ruidos de manera continua por largas horas cuyo fenómeno muchas veces es ignorado que suele afectar humano si esta no se interviene de manera oportuna (OMS, 2025).

Esta problemática también posee efectos directos en entornos sensibles como el sector educación, dado que se compromete el proceso de enseñanza – aprendizaje, tal como Duque – Aldaz, et al. (2023) destacaron que la exposición prolongada a niveles elevados de ruido en las instituciones educativas suele conllevar a estrés, reducción de la concentración e inclusive en problemas auditivos en los estudiantes. Por tanto, posee

consecuencias como son tener dificultades en el aprendizaje, impactos negativos en la salud emocional, bajo rendimiento académico (Moretti - Villegas & Valiente - Saldaña, 2023). La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que hasta un 60% de los casos de pérdida auditiva en escolares podrían evitarse mediante acciones efectivas de salud público (OMS, 2025).

Hasta la actualidad, existe una carencia de conocimiento sobre la problemática de las barreras acústicas sostenibles en las instituciones educativas peruanas. De hecho, la ausencia de normas técnicas específicas que regulan su diseño e implementación restringe la capacidad de establecer estándares claros en cuanto a uso, durabilidad, comparación con materiales convencionales y evaluación del ciclo de vida ambiental.

En el peruano contexto educativo, estas soluciones acústicas no se implementaron de manera específica debido a que los diseños arquitectónicos no toman en cuenta la aceptación social de la comunidad, la estética institucional ni la infraestructura educativa (Cardenas et al., 2020).

Por otro lado, un vacío significativo es la ausencia de estudios longitudinales: la mayoría de las investigaciones se enfocan en medir la atenuación acústica en un único instante, sin llevar a cabo seguimientos prolongados que posibilitan la evaluación de la evolución de variables críticas como el rendimiento académico, la concentración y el bienestar escolar.

En la ciudad de Juliaca, donde convergen altos niveles de contaminación acústica y condiciones climáticas particulares, estas deficiencias adquieren mayor relevancia donde diversos estudios muestran que el ruido en mercados y zonas comerciales supera los límites establecidos por la normativa nacional (70 dB), afectando directamente la salud y el bienestar de la población. Por consiguiente, es necesaria una investigación aplicada que relacione la disminución del ruido ambiental principalmente en instituciones educativas que se encuentran dentro de las zonas comerciales que afectan los ruidos en la calidad educativa y el desarrollo comunitario escolar (Velasquez, 2025).

Es así como, en el ámbito educativo, la situación resulta cada vez más preocupante, puesto que afecta directamente el bienestar emocional y el rendimiento académico de los estudiantes. Además, este problema se agrava cuando las estrategias de mitigación del ruido no se implementan, no se promueven entornos escolares apropiados para la concentración y el aprendizaje, tampoco promueven entornos escolares apropiados para la concentración y el aprendizaje. Al respecto, Gutiérrez, et al. (2020) refirieron que en muchas instituciones urbanas los niveles de ruido exceden los parámetros determinados

por la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo cual afecta en la capacidad cognitiva, la atención sostenida y el desempeño escolar. Dado, que los estándares determinados por la OMS es que para exteriores con molestia grave en el día y anochecer con limite igual a 55 dB(A), para molestias moderados de día y anochecer de 50 dB (A) (Chávez & Jalomo, 2023).

Esta situación, se agrava en países de América Latina, donde la infraestructura de centros educativos carece de acondicionamiento acústico adecuado (Orjuela & Tapia, 2022). Frente a esta realidad, diversos estudios vieron la necesidad de plantear acciones para mitigar esta situación en entornos educativos, destacando la implementación de barreras acústicas ecológicas elaboradas a partir de materiales reciclados, como una disyuntiva eficiente, económica y ambientalmente responsable (Thakre et al., 2024).

Asimismo, diferentes investigaciones se realizaron al respecto, por lo que iniciaron a explorar el potencial de materiales como eco-ladrillos, panca de maíz y cáscara de papa, los cuales han evidenciado propiedades favorables para la atenuación del sonido, aportando a la mejora del ambiente educativo (Fernández - Mamani et al., 2024).

Esta situación afecta diferentes entornos incluido el educativo, donde Perú no se encuentra exento de esta problemática, dado que la contaminación acústica en el país ha alcanzado niveles preocupantes, especialmente en áreas urbanas donde el tráfico vehicular y las actividades comerciales generan niveles de ruido que superan los estándares permitidos. De acuerdo con INEI (2019) se registra que 3 de cada 10 municipalidades reportaron 6881 denuncias ambientales, de los cuales el 2792 corresponde a la contaminación sonora, demostrando la magnitud del problema dado que afecta todos los espacios como es el ámbito educativo. Asimismo, estudios demostraron que los niveles de ruido en las aulas superan los límites establecidos, teniendo repercusión negativa en la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes, tal como Lozano (2020) demostró en su investigación que existen niveles de ruido entre 58 y 62 dB en centros educativos que generan interferencias en la comunicación y disminución del rendimiento académico. Del mismo modo, Gutiérrez – Cisneros (2022) registró en su estudio realizado en Tacna que los niveles de ruido en centros educativos que oscilaban entre 43.18 dB y 69.25 dB, superando los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud, dicha exposición continua conlleva a que los estudiantes presenten estrés, ansiedad y otros problemas de salud, afectando su bienestar general y desempeño escolar.

A nivel local, la realidad no es distante, debido que la contaminación acústica representa

50

31

una problemática ambiental que afecta diversos aspectos de la vida urbana, incluyendo la salud de la población y el entorno educativo (Quispe et al., 2021). Asimismo, en un estudio registrado por Ramírez (2025) resalta que en la carretera Juliaca-Puno, específicamente entre los kilómetros 1316 al 1324, los niveles de ruido superan los estándares de calidad ambiental tanto durante el día como en la noche. Los valores más altos registrados fueron de 66.8 dB en el día y 63.8 dB en la noche. Además, el 96% de la población encuestada reportó malestar físico, como dolores de cabeza y agotamiento, mientras que el 90% indicó efectos negativos en su bienestar mental, incluyendo estrés y dificultades para conciliar el sueño. A ello, Zapana (2024) agrega que esta realidad también ocurre en ámbito educativo, donde la contaminación sonora también es una preocupación. Aunque no se encontraron estudios específicos en Juliaca, investigaciones en la ciudad de Puno han demostrado que los niveles de ruido en centros educativos superan los límites permisibles, alcanzando hasta 70.82 dB en algunos casos, dichos niveles de ruido tienen interferencia en la comunicación en el aula y afectar negativamente el rendimiento académico de los estudiantes. Frente a esta situación, es fundamental implementar estrategias de mitigación, como la instalación de barreras acústicas sostenibles en los centros educativos, utilizando materiales reciclados como eco-ladrillos, panca de maíz y cáscara de papa.

Las barreras acústicas sostenibles surgen como respuesta a la necesidad de soluciones ecológicas en el control del ruido, mediante el uso de materiales reciclados como residuos textiles y botellas plásticas, que ofrecen buena absorción sonora y promueven la economía circular (Gutiérrez - Cisneros et al., 2022). En esta línea, los eco-ladrillos elaborados con botellas plásticas y residuos orgánicos también han demostrado eficacia como barreras acústicas (Muñoz et al., 2021). Además, se ha explorado el uso de residuos agrícolas como la panca de maíz (Puma, 2022) y la cáscara de papa, esta última con propiedades acústicas prometedoras pese a la limitada investigación específica (Thakre et al., 2024) (Duque - Aldaz et al., 2023).

El ruido, definido como un sonido no deseado que interfiere en las actividades humanas (Fernández - Mamani et al., 2024), representa una amenaza creciente para la salud pública, especialmente en entornos urbanos donde el tráfico, la industria y la construcción elevan los niveles sonoros por encima de los 70 dB, considerados perjudiciales por la Organización Mundial de la Salud (2025). Por ello, la reducción del ruido mediante estrategias sostenibles es clave para mejorar la calidad de vida (Gutiérrez - Cisneros et al., 2022).

Es por lo cual se planteó como pregunta de investigación general ¿Cuál es el efecto de barreras acústicas sostenibles en la reducción del ruido en centros educativos del nivel secundario de Juliaca, Perú? Asimismo, se plantea como preguntas específicas, ¿Cuál es la presión sonora (dB) en el exterior e interior del área de estudio según franja horaria?; ¿Cuál es la pérdida de inserción (IL) más eficiente de las barreras acústicas, según franja horaria?; ¿Cómo se comporta la presión sonora según el marco normativo nacional e internacional?

Finalmente, se planteó el objetivo general de evaluar el efecto de barreras acústicas sostenibles (eco ladrillos, panca de maíz y cascara de papa) en la reducción del ruido en centros educativos del nivel secundario de Juliaca, Perú. Asimismo, los objetivos específicos: Determinar la presión sonora (dB) en el exterior e interior del área de estudio según franja horaria; Determinar la pérdida de inserción (IL) más eficiente de las barreras acústicas, según franja horaria, Comparar el comportamiento de la presión sonora con el marco normativo nacional e internacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se realizó en la Gran Unidad Educativa Secundaria José Antonio Encinas de la ciudad de Juliaca, cuya institución es una institución pública de nivel secundario ubicada en el Jr. Lambayeque N.º 1180, provincia de San Román, región de Puno – Perú, cuyas coordenadas geográficas: 379465,56 Este (X) y 8287415,18 Norte (Y), dicha institución se encuentra bajo la jurisdicción de la UGEL San Román y la Dirección Regional de Educación de Puno (DREP) (Figura 1).

Procedimiento metodológico de preparación de barreras

Esta etapa empezó con el diseño de barreras acústicas, dichas barreras fueron según dimensiones rectangulares de las seis ventanas interiores de la biblioteca en base madera boema, tal como se muestra a continuación.

Ventana 1: 3.58 cm largo , 1.29 cm alto y 5 cm de grosor (0.44 – 0.41)

Ventana 2: 3.54 cm largo, 1.28 cm alto y 5 cm de grosor (0.43- 0.41)

Ventana 3: 3.60 cm largo, 1.29 cm alto y 5 cm de grosor (0.44 – 0.41)

Ventana 4: 2.20 cm largo, 69 cm alto y 5 cm de grosor (0.54 – 0.32)

Ventana 5: 3.56 cm largo, 69 cm alto 5 cm de grosor (0.44 – 0.32)

Ventana 6: 2.22 cm largo, 69 cm alto y 5 cm de grosor (0.54 – 0.32)

La estructura de las barreras internamente estuvo dividida por cuatro medidas grandes en 4 columnas y 3 filas y las pequeñas en 4 columnas y 2 fila. La tapa posterior interna y externa de dicha barrera fueron de material triplay y estuvo compuesto por tapas contra placadas que cubre la barrera acústica. Asimismo, se instaló en todos los bordes seguros que permiten el soporte con ayuda de clavos y pernos que se removieron para desempotar las barreras en las pruebas que se realizó. Se efectuó el triplay de manera removible las tapas externas de las barrears acústica, esto debido a que durante las mediciones que se realizó se incluyó y se extrajo los materiales para pasar de una a otra prueba, prueba 1 eco ladrillos, prueba 2 panca de maíz y prueba 3 cascara de papa.

El proceso de elaboración del eco ladrillo inicia con el acopio de residuos plásticos y envolturas en espacios públicos, seguido de la preparación de la botella mediante retiro de etiquetas de las botellas, lavado y secado para evitar humedad; luego se procedió al llenado y compactación de los desechos con una varilla hasta lograr firmeza y densidad, colocando la tapa para asegurar su reutilización. Posteriormente se realizó una verificación de calidad, comprobando dureza, ausencia de residuos orgánicos, uniformidad en la compactación, peso superior al de una botella vacía y buen cierre sin daños. Finalmente, el eco ladrillo se selló para garantizar estabilidad y se emplea en la construcción de barreras, como en marcos de ventanas, reforzadas con pernos y clavos para asegurar su resistencia.

La segunda barrera acústicas fue en base a panca de maíz y se inició con la recolección de los mercados y zonas aledañas como el mercado “Tupac Amaru – Juliaca” y mercado “Union y dignidad – Puno”, almacenada en sacos de arroz y registrada con pesos que variaron entre 40 y 200 kg en distintos meses. Posteriormente, la panca de maíz fue picada en trozos de 0.04 m con machete y trasladada al área de secado, donde se dispuso sobre mantas para asegurar una deshidratación uniforme. Una vez seca al 100%, se utilizó como relleno de las barreras acústicas destinadas a las ventanas de la biblioteca. Finalmente, con el apoyo del personal de la biblioteca, las barreras acústicas rellenas con panca de maíz fueron trasladados y ajustadas dentro de las ventanas. Para garantizar su estabilidad, se instalaron armellas, las cuales funciones como puntos de sujeción y evitan que las barreras se desprendan.

El proceso de elaboración de las barreras con cáscara de papa y periódico inició con la recolección del material orgánico reciclado de las principales ferias de venta de víveres y productos de primera necesidad (Mercado Túpac Amaru y Unión Dignidad). Por otro lado, la recolección de periódico se hizo en casas aledañas a nuestras viviendas,

seguido del secado de las cáscaras de papa 3 días. Luego se procedió al triturado correspondiente. Las cáscaras se trituraron con un palo de madera y el periódico se cortó en tiras pequeñas con tijera, asegurando uniformidad. Una vez secos y triturados, los materiales se almacenaron en costales en lugares frescos y secos, para después mezclarlos y compactarlos, logrando que las fibras del papel se adhirieran a la cáscara de papa, luego la mezcla se colocó en moldes con presión fuerte, relleno de todos los espacios y cubriéndose con triple para mantener la forma. Finalmente, se dejó secar al sol por 4 a 5 horas, lo que refuerza la compactación y permite obtener bloques firmes y resistentes para su uso en barreras acústicas.

Procedimiento de recolección de datos

La recolección de datos se realizó con un sonómetro clase 2 de marca SVANTEK 973 cuenta con un certificado de calibración de INACAL, la cual cuenta con un rango de frecuencia de hasta 10 kHz, un rango de medición de 25 dB a 129 dB (hasta 141 dB pico) y filtros de ponderación A, C y Z. Es alimentado por 4 pilas AAA, utiliza un micrófono MEMS con garantía de por vida y tiene una memoria interna de 8 GB para almacenar datos.

Los puntos de monitoreo fueron en 4 puntos correspondientes, siendo las siguientes:

Sin barreras

Punto de monitoreo 1 : Interior de la biblioteca

Punto de monitoreo 2 : Exterior de la biblioteca

Punto de monitoreo 3: Jr. Lambayeque

Punto de monitoreo 4: Jr. Maestro

Con barreras

Punto de monitoreo 1 : Interior de la biblioteca

Las mediciones se realizaron en dos franjas horarias, cumpliendo con la recomendación del RM 022-2013-MINAM de registrar variaciones temporales del ruido:

- Mañana (M) : Desde las 10:00 a.m. hasta 11:00 a.m.

- Tarde (T) : Desde las 3:00 p.m. hasta 4:00 p.m.

Se aplicó un intervalo de registro de 1 minuto, lo cual permite obtener valores representativos para el cálculo de indicadores como Leq, Lmax, Lmin y percentiles acústicos, en concordancia con el protocolo nacional. Además, el proceso de recolección de datos se desarrolló siguiendo estrictamente las disposiciones del Protocolo de Monitoreo de Ruido Ambiental aprobado mediante RM 022-2013-MINAM, el cual

establece los criterios técnicos para garantizar la validez, comparabilidad y reproducibilidad de las mediciones acústicas en el Perú. En cumplimiento del protocolo, se verificó la calibración acústica del sonómetro antes y después de cada sesión, se seleccionaron puntos de monitoreo representativos de la exposición real de la población, y se mantuvo una altura estándar del micrófono entre 1.2 m y 1.5 m, evitando interferencias por superficies reflectantes. La duración de las mediciones, el intervalo de registro y la selección de franjas horarias se ajustaron a lo indicado por la norma, permitiendo obtener valores confiables para la evaluación del cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido (ECA-Ruido) (Ministerio del Ambiente, 2013).

Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó mediante el programa Excel 365, en los cuales se determinó el promedio, máximo, mínimo y la desviación estándar. Esto conllevó a realizar un análisis comparativo de los puntos de muestreo.

Para el análisis comparativo se realizó el cálculo de eficiencia de barreras en decibelios (dB), siendo la pérdida de inserción con la siguiente formula.

IL = pérdida de inserción

$$IL = L_{p,sin} - L_{p,con}$$

IL alta = barrera más eficaz. Reporta por banda de octava y como valor global dB para comunicar impacto. Luego se diseñó el diagrama de comportamiento en las dos franjas horarias y de la misma forma los IL promedio, mínimo, máximo y los rangos observados. Finalmente, en gráficos de barras se presentó el análisis comparativo de las barreras acústicas de cuál es la más eficiente por franja horaria.

Para determinar la eficacia de las barreras acústicas sostenibles en la reducción del ruido en centros educativos de Juliaca, se aplicó un diseño experimental con tres tratamientos: panca de maíz, cáscara de papa y eco ladrillos. Las mediciones se realizaron con un sonómetro calibrado, registrando los niveles de ruido antes y después de la instalación de cada barrera. Posteriormente, los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA de un factor) que se determinó mediante el programa estadístico Minitap, lo que permitió identificar diferencias significativas en la capacidad de absorción acústica entre los materiales evaluados. Los pares que comparar fueron: T1 vs T2 (panca de maíz vs cáscara de papa); T1 vs T3 (panca de maíz vs eco ladrillos); T2 vs T3 (cáscara de papa vs ecoladrillos)

Al confirmarse dichas diferencias, se aplicó la prueba post hoc de Tukey con un nivel de confianza del 95%, la cual agrupó los materiales en categorías distintas de eficacia, cuya formula del test de Tukey (HSD) usada después de un ANOVA para comparar pares de medias es la siguiente:

$$HSD = q_{\alpha,k,df_{error}} \sqrt{\frac{MSE}{n}}$$

Donde:

q_{α} : Valor crítico de la distribución de rango estudentizado, que depende del nivel de significancia (α), número de grupos ($k = 3$) y grados de libertad del error (df_{error}).

MSE (Mean Square Error): Cuadrado medio del error obtenido de la tabla ANOVA.

n: Número de observaciones en cada grupo (asumiendo tamaños de muestra iguales).

Este procedimiento estadístico permitió establecer una jerarquía clara: la panca de maíz como la opción más eficiente, seguida por la cáscara de papa y, finalmente, los eco ladrillos. De esta manera, se garantizó un análisis riguroso que respalda la selección de materiales sostenibles más adecuados para mejorar el confort acústico en entornos educativos.

RESULTADOS

Determinación la presión sonora (dB) en el exterior e interior del área de estudio según franja horaria (OE₁)

Los resultados muestran que las barreras acústicas instaladas en la biblioteca de la institución educativa lograron una reducción significativa del ruido respecto al interior sin barrera, donde los niveles alcanzaban en promedio entre 63.5 y 67.7 dB (Cuadro 1). Entre las tres barreras acústicas, la panca de maíz fue la más eficiente, con reducciones de hasta 17.37 dB en la mañana y 14.27 dB en la tarde (Cuadro 2), seguida por la cáscara de papa, que ofreció una atenuación moderada pero más estable por la menor desviación estándar, y los eco ladrillos fueron menos eficaces, también contribuyeron a disminuir el impacto sonoro. Dichos resultados evidencian que los materiales orgánicos presentan un mejor desempeño en la absorción y bloqueo del ruido, especialmente en condiciones de mayor actividad durante la mañana.

Al comparar con el exterior de la biblioteca, donde los niveles superaban los 71 dB, y la fuente de ruido del exterior de la institución educativa que superaban los 78 dB, se observa que la estructura por sí sola atenúa entre 4 y 8 dB, pero con las barreras

adicionales la reducción total alcanza entre 13 y 22 dB, logrando ambientes más confortables para el estudio de los estudiantes de la institución educativa.

Determinar la pérdida de inserción (IL) más eficiente de las barreras acústicas, según franja horaria (OE₂)

La variabilidad de los resultados también es relevante entre las barreras acústicas: La panca de maíz mostró mayor consistencia en las mediciones por ser datos más estables, mientras que la cascara de papa, aunque más eficaz en promedio, presentó fluctuaciones según su compactación. En conjunto, las barreras demuestran un impacto positivo en la calidad acústica interior, siendo la panca de maíz la opción más potente y la cáscara de papa la más estable.

Las dos figuras (fig. 5 y fig. 6) muestran la evolución de la pérdida de inserción (IL) en decibelios durante dos franjas horarias: mañana (10:00 am – 11:00 am) y tarde (3:00 pm – 4:00 pm), comparando las tres barreras acústicas. En ambas gráficas, la panca de maíz (línea verde) mantiene consistentemente los valores más altos de IL, lo que indica que es el material más eficaz para reducir el ruido en el interior de la biblioteca. La cascara de papa (línea azul) presenta fluctuaciones, pero se mantiene en un rango intermedio, mientras que el eco ladrillo (línea roja) muestra los valores más bajos, reflejando menor capacidad de atenuación sonora.

Al comparar las dos franjas horarias, se aprecia que los patrones de comportamiento se mantienen constantes: la panca de maíz lidera claramente en eficiencia acústica, seguida por la cáscara de papa y en último lugar los eco ladrillos. En mediciones realizadas en la mañana, los niveles de pérdida de inserción (IL) tienden a ser ligeramente más altos, lo que sugiere que las barreras responden mejor frente a condiciones de mayor intensidad sonora, propias de ese horario. Esta diferencia horaria no altera el orden de desempeño de las barreras acústicas, sino que refuerza la evidencia de que los materiales orgánicos como la panca de maíz y la cascara de papa son más eficaces que los plásticos compactados.

La consistencia de los resultados en ambas franjas horarias fortalece la confiabilidad de las mediciones y permite concluir que, aunque la cáscara de papa ofrece una solución estable y homogénea, la panca de maíz es la barrera más potente y sobresaliente en términos de reducción de ruido, alcanzando los valores máximos de IL en los gráficos anteriores. Esto la convierte en la opción más recomendable para entornos educativos expuestos a ruido ambiental, ya que combina accesibilidad, bajo costo y una capacidad de atenuación superior, lo que la posiciona como el material líder dentro de

las alternativas evaluadas.

Al analizar los valores de pérdida de inserción (IL) (**cuadro 2**), se observa que la barrera acústica en base a panca de maíz lidera en eficiencia acústica tanto en la mañana como en la tarde, alcanzando promedios de 17.37 dB y 13.78 dB respectivamente, y registrando los valores máximos más altos (25.9 dB en la mañana y 19 dB en la tarde). Este desempeño superior puede atribuirse a la estructura fibrosa y porosa de la panca de maíz, que favorece la absorción y dispersión de las ondas sonoras, así como a su densidad intermedia y espesor adecuado, los cuales incrementan la capacidad de atenuación acústica.

En contraste, la cáscara de papa ocupa el segundo lugar con un desempeño intermedio (14.28 dB y 9.16 dB), mostrando mayor estabilidad en sus resultados debido a su textura compacta y homogénea, que ofrece un balance entre absorción y consistencia en diferentes condiciones de medición. Finalmente, los eco ladrillos presentan la menor reducción de ruido (8.94 dB y 7.80 dB), lo que se explica por su alta densidad y baja porosidad, características que limitan la absorción acústica, aunque aportan mayor durabilidad estructural. En conclusión, la panca de maíz se consolida como la opción líder en términos de eficiencia acústica, gracias a la combinación de fibrosidad, porosidad y espesor, factores que potencian su capacidad de atenuación sonora en entornos educativos

En términos prácticos, la selección de la barrera acústica debe responder al objetivo de la intervención. Cuando es la máxima reducción de ruido, la panca de maíz se presenta como la alternativa más eficiente, alcanzando los mayores valores de pérdida de inserción y demostrando un desempeño superior frente a los demás materiales evaluados. Su capacidad de atenuación la convierte en la opción más recomendable para entornos educativos donde el control del ruido es crítico para el confort y la concentración.

Se realiza un análisis estadístico de análisis de varianza que se presenta en el **Cuadro 3**, se muestra un valor $F = 230.07$, $p = 0.000$, lo cual significa que existe un efecto altamente significativo de las barreras acústicas en la reducción del ruido.

Por otro lado, se muestra el resumen del modelo (**Cuadro 4**) donde un coeficiente de determinación R^2 igual a 0,7188, y al ajustar el modelo R^2 ajustado = 71.57% indica que más del 70% de la variabilidad en la reducción del ruido se explica por el tipo de barrera utilizada, lo cual es un nivel de explicación muy sólido en estudios experimentales.

Finalmente, en la Cuadro 5 se presenta el análisis comparativo de las medias revela

que la barrera acústica en base a panca de maíz ($\bar{x} = 15.578$, grupo A) constituye la barrera acústica más efectiva, mostrando un desempeño significativamente superior frente a las demás alternativas. En segundo lugar, la barrera acústica en base a cáscara de papa ($\bar{x} = 11.716$, grupo B) presenta un efecto intermedio, menor que el alcanzado por la panca de maíz, pero mayor que el registrado por los eco ladrillos. Finalmente, las barreras acústicas en base a eco ladrillos ($\bar{x} = 8.372$, grupo C) si bien contribuyen a la reducción del ruido, evidencian un efecto significativamente inferior respecto a los otros materiales evaluados. La asignación de letras A, B y C confirma que cada material pertenece a un grupo distinto, lo cual demuestra que las diferencias observadas son estadísticamente significativas y reflejan la variabilidad real en la eficacia de las barreras acústicas sostenibles.

Según los análisis estadísticos, el estudio demuestra que el tipo de barrera acústica influye de manera significativa en la reducción del ruido en centros educativos. Entre las alternativas evaluadas, la panca de maíz se posiciona como la opción más eficiente, seguida por la cáscara de papa, que ofrece un equilibrio adecuado entre eficacia y consistencia al mostrar resultados homogéneos en distintas condiciones de medición. En contraste, los eco ladrillos, aunque menos efectivos en términos acústicos, representan una alternativa estructuralmente más duradera y sostenible gracias al reciclaje de plásticos. Estos hallazgos respaldan la incorporación de materiales locales y sostenibles en soluciones acústicas, con beneficios directos para el aprendizaje y el bienestar estudiantil, al tiempo que promueven prácticas constructivas responsables con el entorno.

Comparación el comportamiento de la presión sonora con el marco normativo nacional e internacional (OE₃)

La colocación de barreras acústicas sostenibles es una medida para mejorar las condiciones acústicas en centros educativos expuestos a ruidos urbanos, pero su eficacia depende de las propiedades físicas de los materiales y de su capacidad para disminuir considerablemente la presión sonora. Estudios de caso en ambientes urbanos y escolares han demostrado la necesidad de desarrollar soluciones verdes capaces de atenuar el ruido y que sean asequibles y compatibles con las condiciones locales. dándonos una perspectiva sobre la eficiencia acústica de cada barrera y cómo esto afecta el confort de los estudiantes. A continuación, se presentan estos resultados comparados con estudios.

Los resultados de presión sonora obtenidos en los distintos puntos de monitoreo fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para ruido del Perú,

que establecen un límite máximo de 50 dB para zonas de protección especial según categoría que incluye instituciones educativas durante el horario diurno. Los valores registrados en la investigación muestran que únicamente la barrera de panca de maíz se aproxima al cumplimiento en la franja de la tarde, mientras que todas las demás barreras y puntos evaluados superan el límite nacional. Este hallazgo indica que, aun con la implementación de materiales atenuadores, la exposición acústica en el entorno escolar continúa por encima de lo permitido por la normativa peruana (**Cuadro 6**).

Al comparar los resultados con las recomendaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se observa un incumplimiento aún más marcado. La OMS establece valores guía de 35 dB para interiores educativos y 55 dB para áreas exteriores de escuelas. En este estudio, el interior de la biblioteca sin barrera registró niveles entre 63 y 68 dB, lo que representa casi el doble del valor recomendado para ambientes de aprendizaje (**Cuadro 6**). Asimismo, los exteriores de la institución educativa alcanzaron niveles cercanos a 80 dB, superando ampliamente el umbral de 55 dB sugerido para espacios escolares al aire libre.

Las barreras acústicas evaluadas eco ladrillos, panca de maíz y cáscara de papa mostraron reducciones parciales del ruido, pero con eficiencias diferenciadas. La panca de maíz fue la única que logró aproximarse al límite nacional en uno de los horarios, mientras que las otras dos barreras mantuvieron niveles superiores a 53 dB. Aunque estas barreras contribuyen a disminuir la presión sonora respecto a los puntos exteriores, su desempeño no es suficiente para garantizar el cumplimiento simultáneo de los estándares nacionales e internacionales, lo que evidencia la necesidad de optimizar su diseño o complementar su uso con otras estrategias de mitigación.

Los puntos exteriores, especialmente los ubicados en Jr. Maestro y Jr. Lambayeque, presentaron los niveles más elevados, con promedios superiores a 78 dB. Estos valores son característicos de zonas de tráfico vehicular intenso y representan una fuente constante de contaminación acústica que afecta directamente a la comunidad educativa. La magnitud de estos niveles sugiere que el ruido ambiental proviene principalmente de actividades urbanas externas a la institución, lo que implica que las soluciones deben considerar tanto intervenciones internas como acciones de gestión urbana y control del tránsito.

En conjunto, la comparación normativa evidencia que la institución educativa evaluada se encuentra expuesta a una contaminación acústica severa, incompatible con un entorno saludable y adecuado para el aprendizaje. Los resultados respaldan la

necesidad de implementar medidas de mitigación más eficientes, tales como barreras acústicas de mayor desempeño, mejoras en la infraestructura escolar, reordenamiento del tránsito en los alrededores y la formulación de planes de acción conforme a la normativa peruana vigente. Este análisis demuestra que la problemática del ruido en entornos educativos requiere un enfoque integral que combine soluciones técnicas, urbanas y de gestión ambiental.

Los resultados evidencian que los residuos agrícolas (panca de maíz y cáscara de papa) poseen un mayor potencial de absorción acústica que los eco ladrillos. Esto puede atribuirse a la estructura fibrosa y porosa de los materiales orgánicos, que favorece la dispersión y absorción de ondas sonoras. Los resultados obtenidos de este estudio revelaron que la panca de maíz alcanzó altos valores de pérdida de inserción (IL), 17.37 dB en la mañana y 13.78 dB en la tarde, y la cáscara de papa logró entre 14.28 dB y 9.16 dB, siendo superior a los eco ladrillos como podemos observar en el cuadro II. Esta ventaja tiene que ver con sus propiedades físicas: tanto la panca como la cáscara tienen fibras vegetales y poros que absorben y dispersan las ondas sonoras. En comparación con los estándares de la norma internacional (ISO 14001, 2015) que exige reconocer aspectos ambientales significativos y establecer medidas efectivas de mitigación bajo una perspectiva de ciclo de vida, la panca de maíz es la barrera más acorde a esta norma, ya que disminuye en mayor medida un impacto ambiental prioritario como el ruido escolar y, además, es un desecho biodegradable de baja huella ecológica. La cáscara de papa también se adapta a la sostenibilidad del ISO 14001, pero con menor eficiencia acústica, los eco ladrillos, aunque reciclan plásticos, no reducen el ruido en la medida necesaria para cumplir con la mejora del desempeño ambiental que exige la norma. En conclusión, los resultados indican que las barreras orgánicas, en particular la panca de maíz, no solo presentan la mayor eficiencia técnica, sino que son la alternativa más consistente con los estándares internacionales ISO 14001 de prevención de la contaminación y gestión ambiental en centros educativos.

DISCUSIÓN

Estos resultados concuerdan con lo que encontró Puma (2022) quien evidenció que la panca de maíz es una barrera acústica altamente efectiva por su estructura fibrosa y es capaz de reducir significativamente el ruido en ambientes escolares. Además, Maderuelo-Sanz et al. (2022) indican que los materiales elaborados con residuos agrícolas tienen mejores propiedades acústicas que los materiales densos y compactos, ya que las cavidades internas actúan como cámaras de resonancia natural. Además, Jang

(2023) aclara que los materiales verdes con fibras naturales absorben mejor las frecuencias medias y altas en comparación con los polímeros reciclados. Por lo cual, la mayor porosidad y ligereza de los residuos agrícolas explican su mejor desempeño en comparación con los eco ladrillos, en los cuales sus componentes compactados limitan la propagación del sonido. Esto justifica la diferencia encontrada en la IL promedio de cada material como podemos observar en el cuadro 2, confirmando que los residuos orgánicos tienen mayor potencial acústico por naturaleza.

Los eco ladrillos, aunque sostenibles desde la perspectiva ambiental (reciclaje de plásticos), muestran menor eficiencia acústica, lo que sugiere que su aplicación debería complementarse con otros materiales absorbentes. Los resultados obtenidos demuestran que los eco ladrillos son los menos eficientes acústicamente de las muestras analizadas, ya que sus pérdidas de inserción fueron de 8.94 dB en la mañana y 7.80 dB en la tarde lo que indica que, no se garantiza una atenuación acústica apropiada para ser utilizado en aulas del sistema educativo expuestas al ruido. Desde la norma (ISO 14001, 2015) en la medida en que disminuye la cantidad de residuos plásticos, pero no cumple totalmente con el requisito ambientales, entre los cuales se encuentra la contaminación sonora. La norma define que toda organización debe establecer objetivos ambientales para los que se deben definir criterios de efectividad y medibles, para mejorar el desempeño, como los eco ladrillos que no logran los niveles de atenuación requeridos y más bien complementarlos con medios absorbentes de desecho de mayor rendimiento como las fibras vegetales profundizando en la mejora continua que exige la ISO 14001. Por consiguiente, aunque su valor ecológico como material reciclado sea muy bueno, su comportamiento acústico es deficiente y no se pueden conseguir por sí solo resultados apropiados en atenuación, por lo que tiene que ir acompañado de otros materiales absorbentes como las fibras utilizadas, de las que existe gran disponibilidad y bajo coste, según la norma (ISO 14001, 2015).

Este comportamiento concuerda con Muñoz et al. (2021) que señalan que los eco ladrillos son estructuralmente estables y ambientalmente favorables al reducir la cantidad de residuos plásticos, pero tienen restricciones para la absorción acústica por su rigidez y ausencia de porosidad interna. Además, investigaciones como las de Islam y Bhat (2019) señalan que los polímeros compactados se comportan más como superficies reflectantes que como absorbentes, limitando su capacidad acústica. Esto confirma que, aunque sean sostenibles, los eco ladrillos necesitan mezclarse con materiales que mejoren su coeficiente de absorción, como fibras vegetales, textiles

reciclados o espumas naturales. Por lo cual, si se quiere maximizar la reducción de ruido en ambientes escolares, los eco ladrillos deben ser parte de una estructura híbrida y no ser el único material absorbente.

En el contexto educativo de Juliaca, donde los niveles de ruido urbano son elevados, la panca de maíz se posiciona como la alternativa más eficaz y sostenible para mejorar el confort acústico en aulas de secundaria. Los resultados obtenidos, la panca de maíz fue la mejor barrera y redujo hasta 25.9 dB, más que los otros materiales. Esta eficiencia está en concordancia con la norma ISO 14001, ya que esta última obliga a implementar medidas para disminuir los impactos ambientales significativos, como la contaminación sonora. Además, la panca de maíz satisface la sostenibilidad ISO 14001 (2015) ya que es un desecho agrícola biodegradable, de bajo impacto y de fácil disponibilidad local. El estudio mostro que fuera del colegio los niveles de ruido superan los 78 dB en hora punta por encima de los límites recomendados por la OMS (2025) para áreas escolares y residenciales, que no deben superar los 50–55 dB. Estés hallazgo fue confirmado por Ramírez (2025), quien encontró valores de hasta 66–68 dB en la vía Juliaca–Puno, impactando en la salud física y mental de la población. Además, Zapana (2024) demostró que los colegios de Puno logran niveles de ruido de hasta 70.82 dB, lo que interrumpe la comunicación del profesor y la atención del estudiante. En la misma línea, Duque-Aldaz et al. (2023) informaron que la exposición permanente a ruido ambiental en centros educativos provoca estrés, falta de atención y bajo rendimiento escolar. Además de ser efectiva técnicamente es barata, está disponible en la zona, lo que la convierte en una solución sostenible, accesible.

CONCLUSIÓN

La comparación de los niveles de la presión sonora revela que las barreras acústicas disminuyen considerablemente el ruido externo dentro de la biblioteca. A pesar de que los promedios sobrepasan los 78 dB en las áreas externas y se mantienen entre 63 y 67 dB dentro de la biblioteca sin barrera, la implementación de barreras acústicas como la panca de maíz, la cáscara de papa y los eco ladrillos permite reducciones adicionales, con valores que llegan a estar entre 49 y 58 dB, donde la panca de maíz se ha confirmado como el obstáculo más efectivo, seguida por la cáscara de papa como una opción estable y los eco ladrillos como una alternativa estructural. Esto reafirma la relevancia de los materiales orgánicos para optimizar el confort acústico en áreas educativas.

La panca de maíz demuestra ser la barrera acústica más eficaz, alcanzando consistentemente los valores máximos de pérdida de inserción (IL) en ambos horarios

de medición lo que la posiciona como la alternativa más recomendable para entornos educativos expuestos a ruido ambiental. La cáscara de papa ofrece un desempeño intermedio, pero brinda mayor estabilidad, mientras que el eco ladrillo presenta la menor capacidad de atenuación sonora. La consistencia de los resultados refuerza la confiabilidad de las mediciones y confirma que los materiales orgánicos superan en eficiencia a los plásticos compactados, combinando accesibilidad, bajo costo y mayor impacto en la reducción del ruido.

Finalmente, la selección de la barrera acústica debe responder al objetivo específico de la intervención: cuando se busca la máxima reducción de ruido, la panca de maíz resulta la opción más eficiente por su elevada capacidad de atenuación y desempeño superior; si la prioridad es la estabilidad y consistencia en el rendimiento, la cáscara de papa ofrece un balance confiable y homogéneo; y cuando lo más importante es la durabilidad estructural y sostenibilidad, los eco ladrillos constituyen una alternativa viable gracias a su resistencia y al aprovechamiento de plásticos reciclados, aunque con menor eficacia acústica frente a los materiales orgánicos.

Potencial conflicto de intereses:

Los autores afirman que no poseen intereses financieros ni relaciones personales reconocidas que puedan haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Fuentes de financiación

La investigación fue autofinanciada por los autores

REFERENCIAS

- Angulo - Castro, Y., Sinisterra - Cundumí, E., & García - Noguera, L. (2025). Conciencia ambiental al sobre la contaminación auditivo: Una revisión de literatura desde el contexto educativo y de ciudad. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 518 - 551. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.15740
- Buratti, C., Belloni, E., Lascaro, E., Merli, F., & Ricciardi, P. (2018). Rice husk panels for building applications: Thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials. *Revista Construction and Building Materials*, 171, 338 - 349. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.089>
- Cardenas, J., Vargas, N. A., Arévalo, M., Rios, H., & Escobar, B. (2020). Comparación de normas acústicas para centros educativos en Perú con las de Argentina, Nueva Zelanda y Estados Unidos. *Trabajo de investigación*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

- <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ff25d8b3-fe0b-4e6e-88cb-76c3ca52ce2f/content>
- Chávez, C., & Jalomo, F. (2023). Contaminación acústica y sus efectos en la calidad ambiental del espacio urbano. *Revista Tecnogestión: Una Mirada al Ambiente*, 20(1), 114 - 145. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/21344/19534>
- Duque - Aldaz, F., Fierro, J., Pérez, H., & Tobar, G. (2023). Afectación del ruido ambiental a Instituciones Educativas; conjunto de acciones desde la Participación Ciudadana y Centros Educativos. *Revista Journal of Science and Research*, 8(2), 29 - 48. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/2873>
- Fernández - Mamani, R., Carranza - Sánchez, E., & Lozano - Sulca, Y. (2024). Eficacia de barreras acústicas con ecoladrillos en la reducción del ruido producido por vehículos de carga pesada. *Revista Amazónica De Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 3(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.51252/reacae.v3i1.618>
- Gutiérrez - Cisneros, V., Rojas - Victoria, J., & Yupanqui - Huapiachiwar, N. (2022). Percepción de contaminación acústica y el aprendizaje de los estudiantes de una institución educativa andina. *Revista Peruvian Journal of Health Care and Global Health*, 6(2), 90 - 92. <https://revista.uch.edu.pe/index.php/hgh/article/view/216>
- Gutiérrez, W., Díaz, D., Ruíz, T., & Flores - Pacheco, J. (2020). Evaluación de la contaminación acústica en dos centros de educación inicial en la ciudad de bluefields. *Revista Científica NEXO*, 33(2), 795 - 807. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/nexo.v33i02.10810>
- INEI. (2019). *Protección y conservación del ambiente*. Elementos que originan la contaminación ambiental: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1720/14.pdf
- Islam, S., & Bhat, G. (2019). Environmentally-friendly thermal and acoustic insulation materials from recycled textiles. *Revista Journal of Environmental Management*, 251(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109536>
- ISO 14001. (2015). *Sistemas de gestión ambiental: requisitos con orientación para su uso*. https://www.iso.org/standard/60857.html?utm_source=
- Jang, E. (2023). Sound absorbing properties of selected green material a review. *Revista Forests*, 14(7). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/f14071366>
- Lozano, E., & Figueroa, F. (2020). Niveles de ruido y percepcion de sus efectos en los estudiantes de la Institución Educativa Rafael Olascoaga - Cajamarca, 2019. *[Tesis de pregrado]*. Unievrsidad Privada de Norte, Cajamarca. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23859/Lozano%20Becerra%20Elida%20-%20Figueroa%20Llaxa%20Flor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Maderuelo - Sanz, R., García - Cobos, F., Sánchez, F., Mota - López, M., Meneses - Rodríguez, J., Romero - Casado, A., Acedo - Fuentes, P., & López - Ramos, L. (2022). Mechanical, thermal and acoustical evaluation of biocomposites made of agricultural waste for ceiling tiles. *Revista Applied Acoustics*, 191(30). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108689>
- Maquera, N., & Vera, M. (2023). Uso de barreras acústicas para reducir la contaminación sonora en domicilios de Moquegua-Moquegua, 2023. *[Tesis de Pregrado]*. Universidad César Vallejo, Lima. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/112265>
- Ministerio del Ambiente. (2013). Resolución Ministerial N.º 022-2013-MINAM: Protocolo de Monitoreo de Ruido Ambiental. Lima, Perú: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/02/RM-N%C2%BA-227-2013-MINAM.pdf>.
- Moretti - Villegas, L., & Valiente - Saldaña, Y. (2023). Contaminación Ambiental y sus Efectos en la Salud Pública. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOENONIA*, 8(1), 258 - 268. <https://doi.org/https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2784>
- Muñoz, S., Delgado, J., & Facundo, L. (2021). Elaboración de ladrillos ecológicos en muros no estructurales: una revisión. *Revista Cultra Científa y Tecnol.*, 18(1), 1 - 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.20983/culecyt.2021.1.3.1>
- Navacerrada, M., Prida, D., Sesmero, A., Pedrero, A., Gómez, T., & Fernández, P. (2021). Comportamiento acústico y térmico de materiales basados en fibras naturales para la eficiencia energética en edificación. *Revista*, 73(561). <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/ic74558>
- OMS. (26 de Febrero de 2025). *Sordera y pérdida de la audición*. Datos y cifras: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Orjuela, J., & Tapia, S. (2022). Condiciones acústicas en las Instituciones Educativas: una revisión de literatura. *Revista Enfoque Latinoamericano*, 5(1). <https://revistas.ul.edu.co/index.php/rel/article/view/6/6>
- Puma, R. (2022). *Atenuación de nivel de ruido a través de barreras acústicas de panca de maíz en el colegio Carlos Armando Laura, Tacna*. Universidad Privada de Tacna, Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2790?show=full>
- Quispe, J., Roque, C., Rivera, G., Rivera, F., & Romani, A. (2021). Impacto de la contaminación sonora en la salud de la población de la ciudad de Juliaca, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), 311 - 337. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i1.228
- Ramirez, E. (2025). Evaluación de la contaminación acústica y el impacto en la población, en la carretera Juliaca – Puno desde el kilómetro 1316 al 1324- 2024. *[Tesis de*

pregrado]. Universidad Privada San Carlos, Puno.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1203>

Strazdas, E., & Januševičius, T. (2023). A review of the acoustic properties of noise barriers made from waste and plant-based materials. *Revista Environmental Engineering, 1*, 1 - 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.3846/enviro.2023.869>

Thakre, C., Bisarya, A., Laxmi, V., Kalawapudi, K., & Vijay, R. (2024). An innovative design and development of noise barrier with newly composite mix of acoustic panel. *Revista Journal of Environmental Management, 361*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121276>

Velasquez, S. L. (2025). Evaluación de contaminación sonora en los principales mercados de la ciudad de Juliaca, 2024. [*tesis pregrado*]. Universidad Privada San Carlos, Puno.
https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/1442/Soledad_Lisbeth_VELASQUEZ_HUARACHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zapana, J. (2024). Contaminación acústica por ruido vehicular en los centros educativos de la zona céntrica de la ciudad de Puno, 2024. [*Tesis de pregrado*]. Universidad Privada de San Carlos, Puno. <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/930>

ANEXOS

Cuadro 1. Comparación de medias, máximos y mínimos de presión sonora (db) de puntos de monitoreos según franja horaria

Barreras y puntos de monitoreo	Promedio		Máximo		Mínimo		Desv. Estándar	
	M	T	M	T	M	T	M	T
Eco ladrillos	58.661	55.707	61.9	60.3	55.1	52	1.588	1.567
Panca de maíz	50.23	49.745	54.2	54.1	45.7	45.1	1.782	1.997
Cascara de papa	53.325	54.354	56.4	56.9	49.4	51.2	1.336	1.309
Interior de biblioteca sin barrera	67.601	63.509	71.6	68.1	63.7	60	2.055	1.794
Exterior de biblioteca	71.879	71.661	77.4	75.3	66.8	68.8	2.055	1.552
(Exterior de la I.E.) Jr. Maestro	78.777	78.944	84.8	82.7	72.8	74.1	2.398	1.817
(Exterior de la I.E.) Jr. Lambayeque	79.002	79.1	83.4	87.8	74.6	71.2	2.017	3.228

M= mañana (10:000 am – 11:00 am); T= tarde (2:00 pm – 3:00 pm)

Cuadro 2. Cálculo de promedio y rangos observados de perdida de inserción (il) en el horario de la mañana y en la tarde

	Promedio (IL)		Máximo (IL)		Mínimo (IL)		Rango observado /R)	
	M	T	M	T	M	T	M	T
Horario de recojo								
Eco ladrillos	8.941	7.803	15.1	14.2	3.2	1.8	11.9	12.4
Panca de maíz	17.372	13.784	25.9	19	12.2	8.2	13.7	10.8
Cascara de papa	14.277	9.156	19.5	13.7	9.3	4	10.2	9.7

M= mañana (10:000 am – 11:00 am); T= tarde (2:00 pm – 3:00 pm)

Cuadro 3. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Barreras	2	1586.4	793.180	230.07	0.000
Error	180	620.6	3.448		
Total	182	2206.9			

Cuadro 4. Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.85678	71.88%	71.57%	70.94%

Cuadro 5. Agrupar información según método de tukey

Barreras	N	Media	Agrupación
Panca de maíz	61	15.578	A
Cascara de papa	61	11.716	B
Eco ladrillos	61	8.372	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Cuadro 6. Cumplimiento de normativas nacionales e internacionales

Puntos de monitoreo	Cumple ECA Peru (< 50 dB)	Cumple OMS Exterior (< 55 dB)	Cumple OMS interior (< 35 dB)
Eco ladrillos	No cumple (M T)	Cumple en la tarde No cumple en la mañana	No cumple (M T)
Panca de maíz	Cumple en la tarde No cumple en la mañana	Cumple (M T)	No cumple (M T)
Cascara de papa	No cumple (M T)	Cumple (M T)	No cumple (M T)
Interior de biblioteca sin barrera	No cumple (M T)	No cumple (M T)	No cumple (M T)
Exterior de biblioteca	No cumple (M T)	No cumple (M T)	
Exterior de la I.E.	No cumple (M T)	No cumple (M T)	

Fig. 1. Lugar de estudio

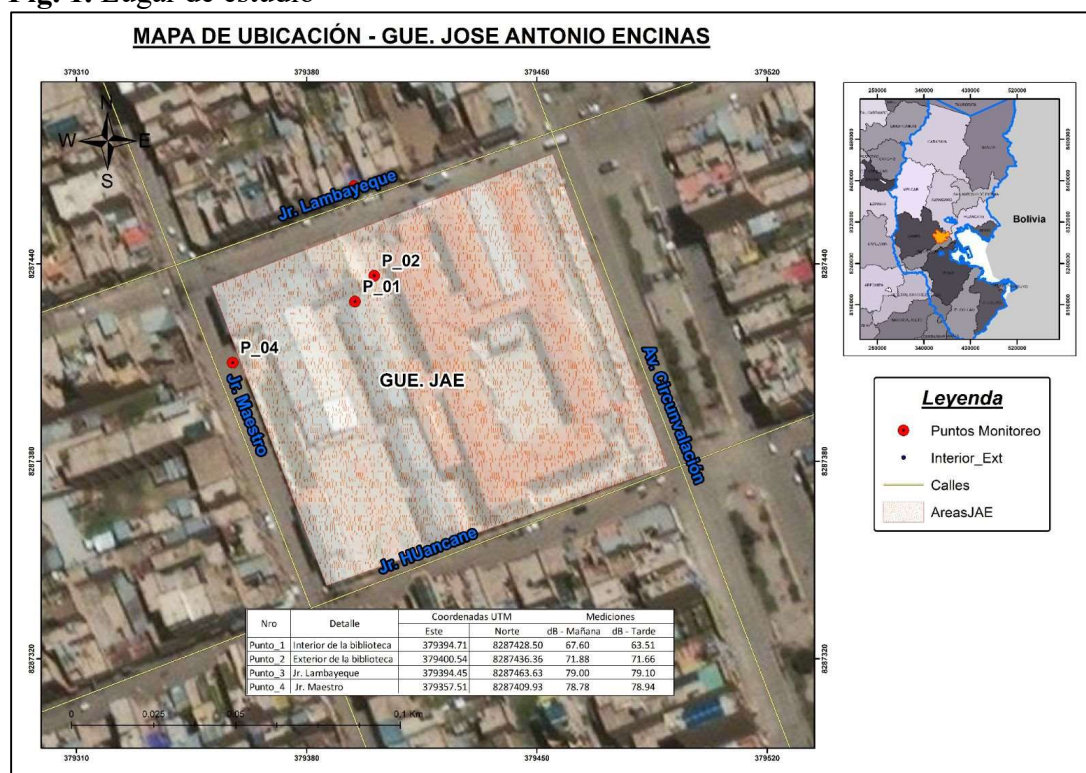


Fig. 2. Diagrama de flujo de procesos en la elaboración de eco ladrillos

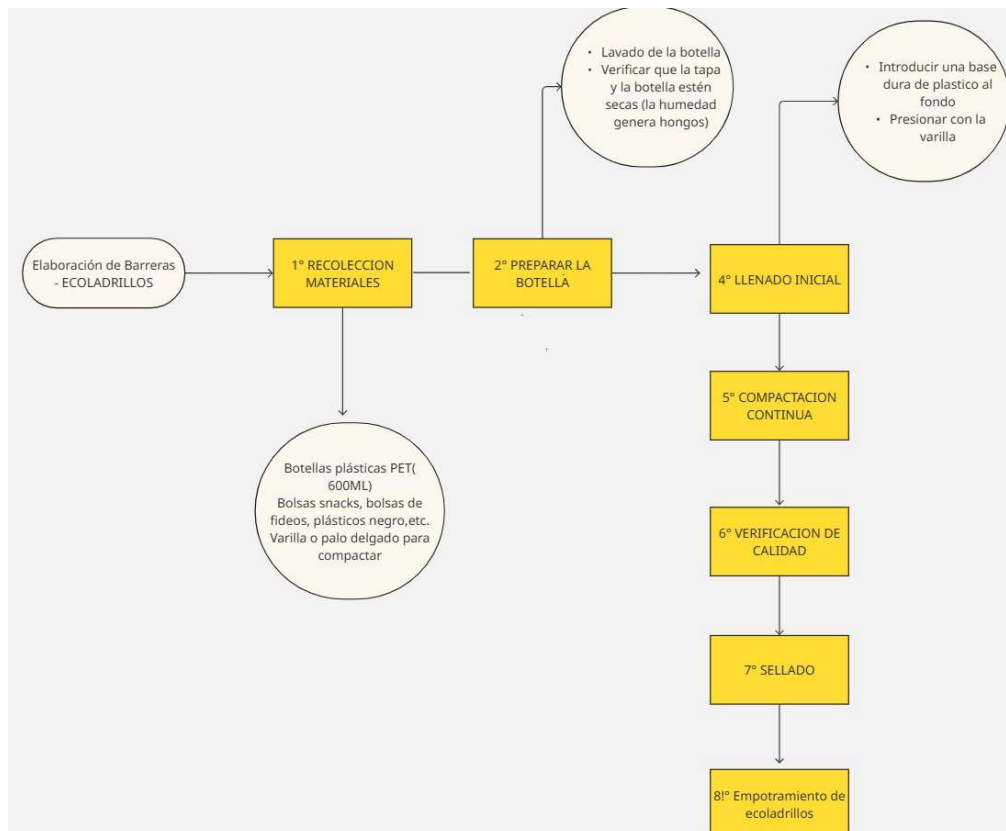


Fig. 3. Diagrama de flujo de procesos de la elaboración de barrera acústica elaborada con panca de maíz

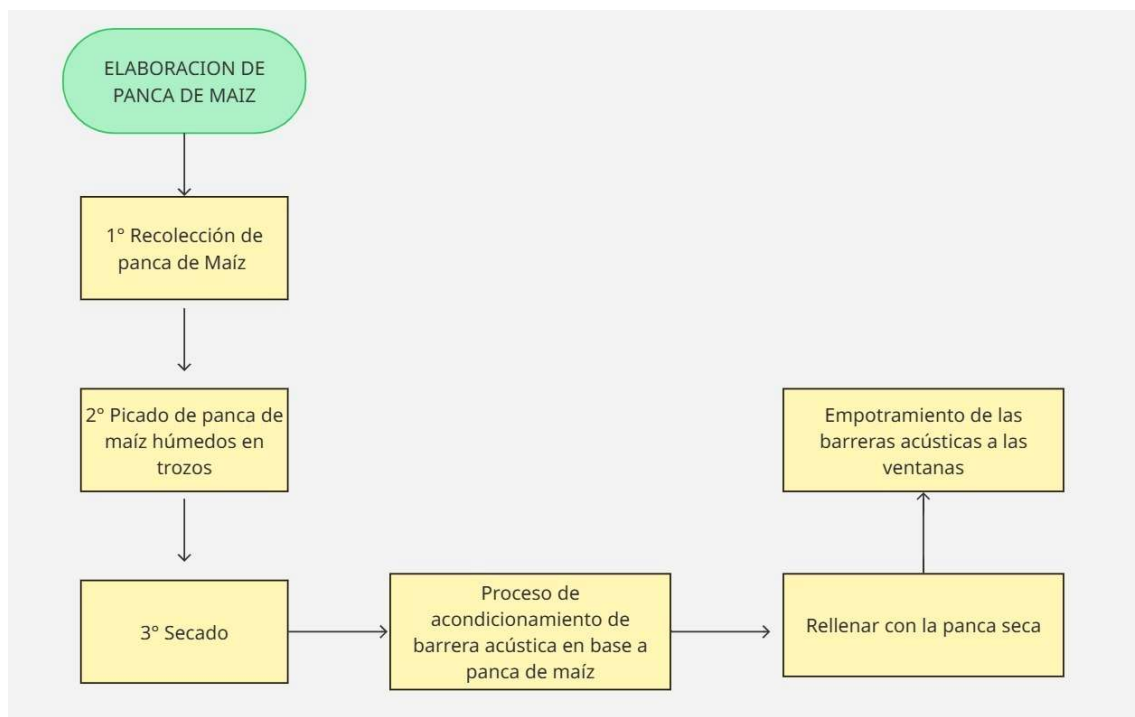


Fig. 4. Diagrama de flujo de la barrera acústica de cascara de papa

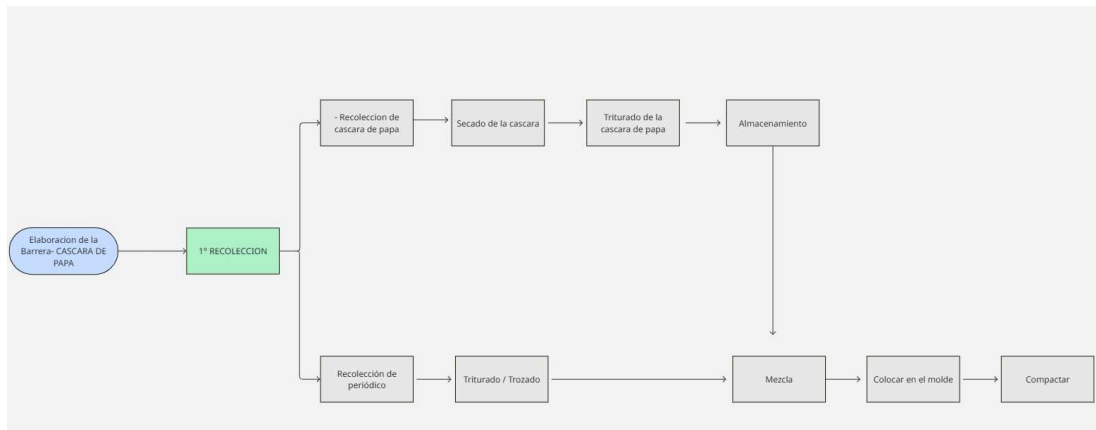


Fig. 5. Comportamiento de pérdida de inserción (IL) de las tres barreras acústicas en la mañana

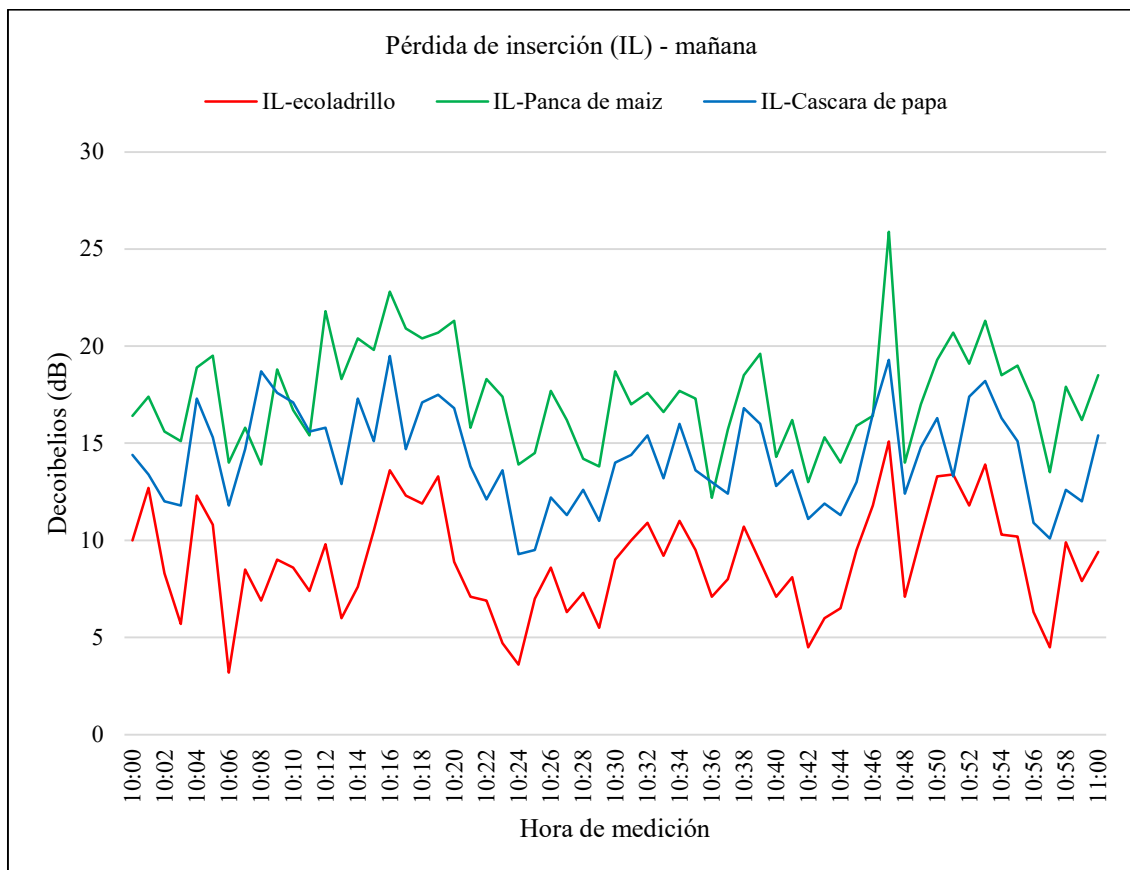


Fig. 6. Comportamiento de pérdida de inserción (IL) de las tres barreras acústicas en la mañana

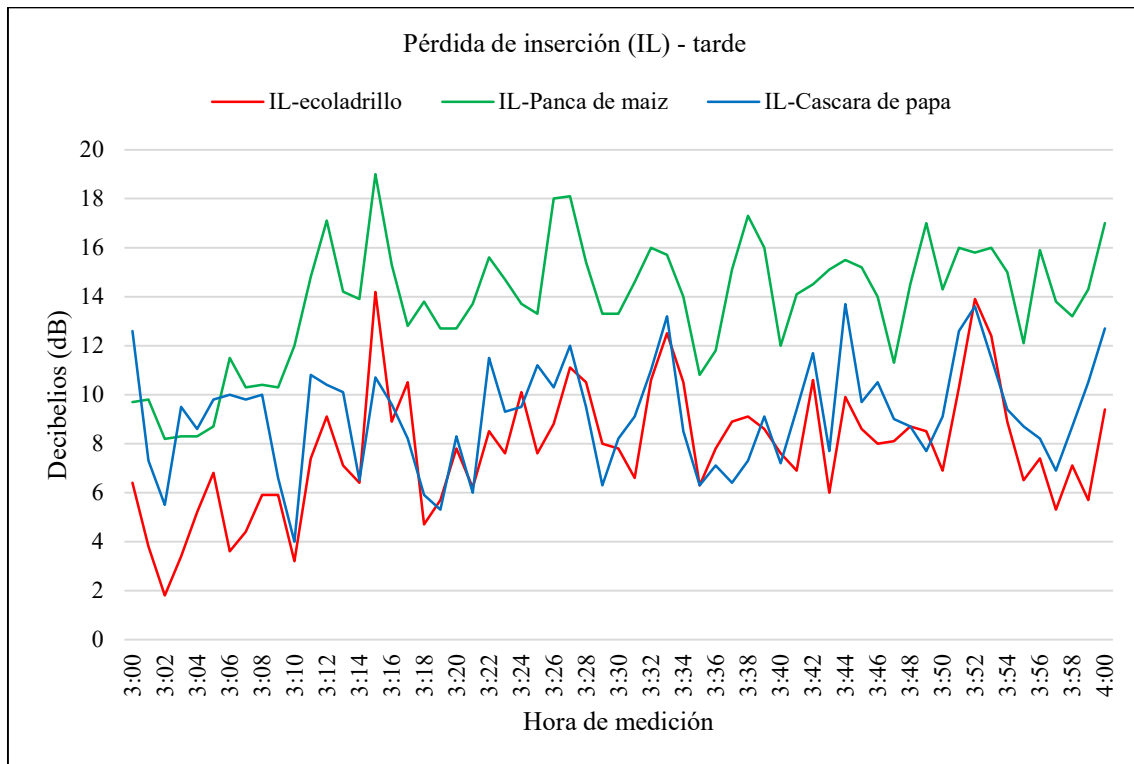


Fig. 7. Comparación de eficiencia según promedio de IL por franja horaria de las barreras acústicas

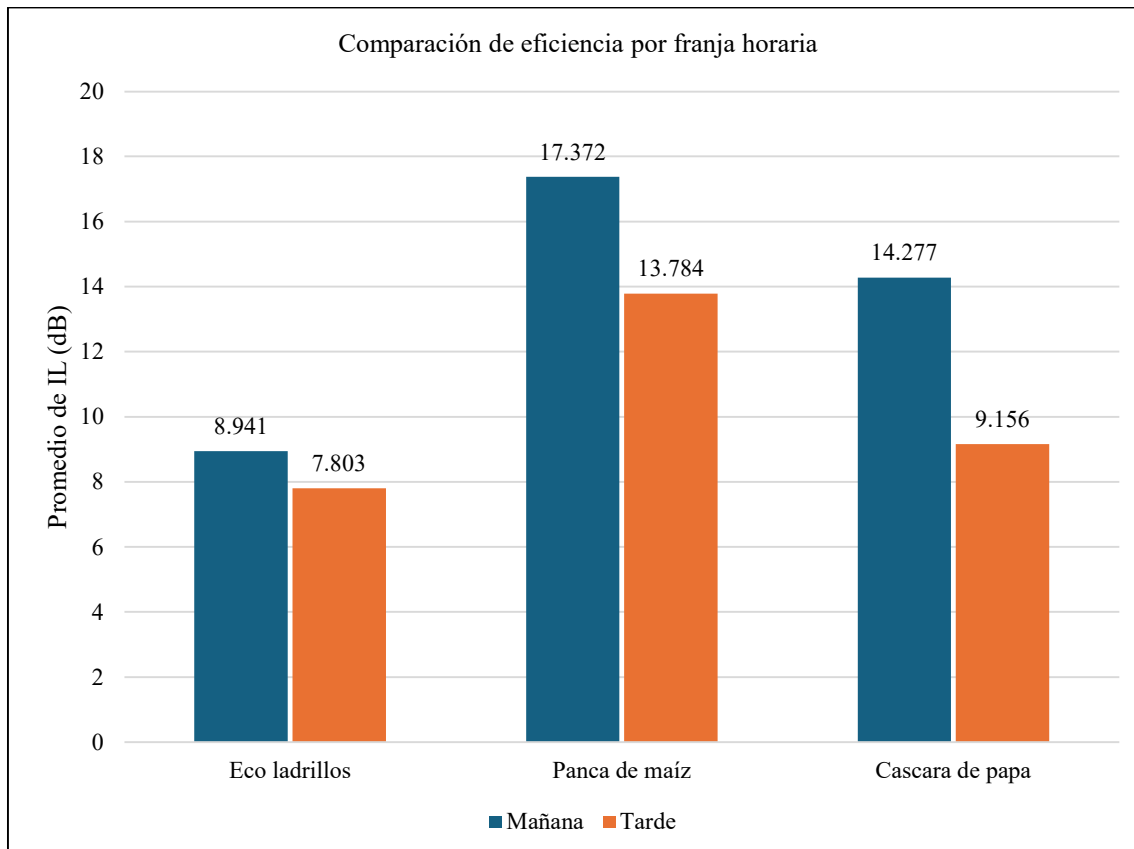


Fig. 8. Fotografías de barreras acústicas



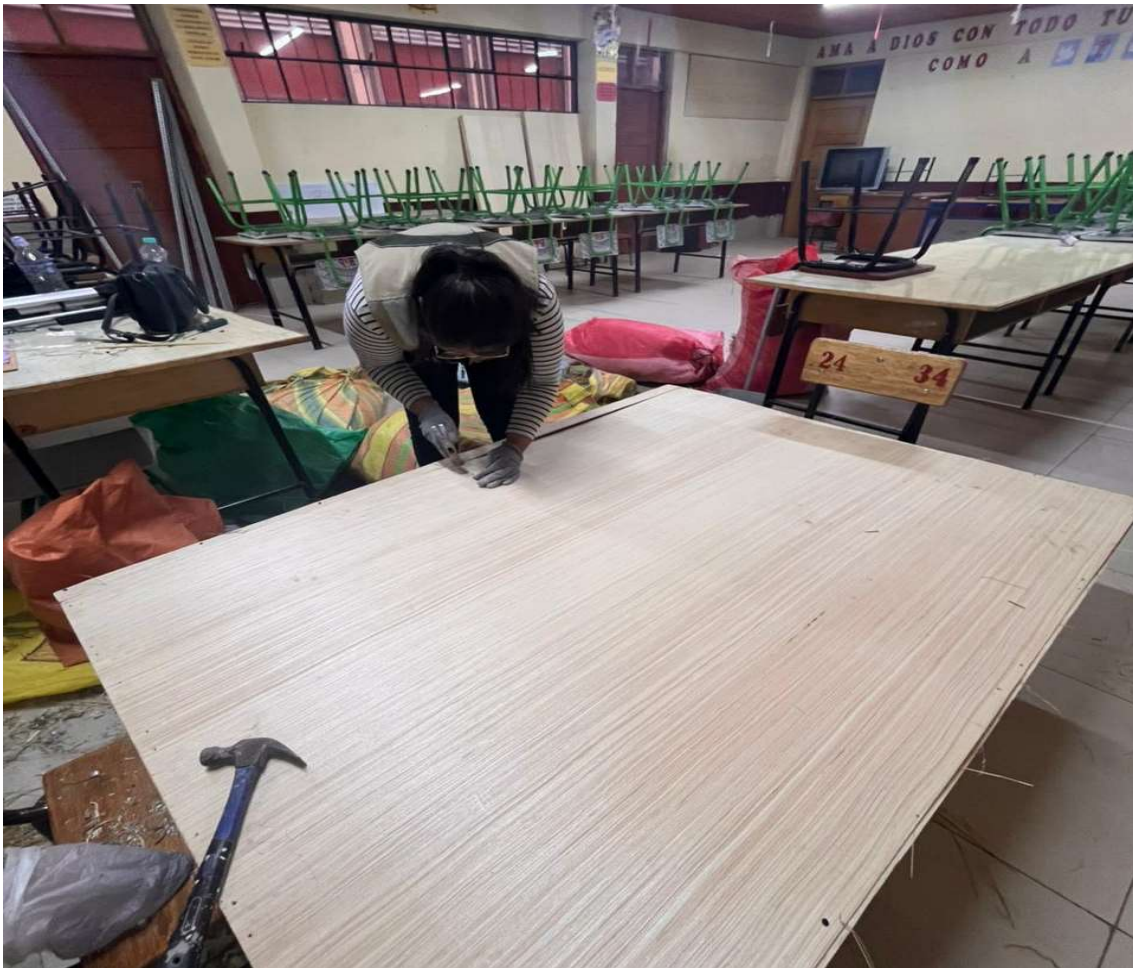


Fig. 9 . Fotografías de la realización de monitoreos







Fig. 10. Certificado de calibración del sonómetro



SIMETICAL

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SI - 1663 - 2025

PROFORMA : 1166A

Fecha de emisión: 2025-08-04

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

Dirección : Carretera Salda a Arequipa Km. 6

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : SONOMETRO

Marca :	SVANTEK
Modelo :	SVAN 971
N° de Serie :	44576
Clase :	I
Tipo :	Digital
Procedencia :	Polonia
Rango de medida :	15dB a 140 dB (A/C/Z).
Resolución :	0.1 dB
Microfono :	SV 18
Identificación :	24215

Fecha de Calibración : 2025-08-04

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Laboratorio de SIMETICAL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa, tomando como referencia la PC-023
Procedimiento de Calibración de Sonómetros 1 ed. 2017 INACAL-DM, Norma Metrologica
Peruana - NMP-011 Primera Ed. 2007 "Electroacústica, Sonómetros. Parte 3: ensayos periódico",
la Norma IEC 61672-1, IEC 61672-3:2003, CLASE 1, la IEC 61010-1 "Safety requirements for
electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements".

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20.9 °C	20.9 °C
Humedad Relativa	56 %	57 %

SIMETICAL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

SIMETICAL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

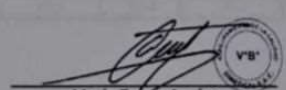
Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SIMETICAL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Mario Torres Aquino
Gerente Técnico
SIMETICAL S.A.C.

Página : 1 de 6



Jr. José Díez Cansaco N° 142
Urb. Ingeniería-S.M.P.

✉ ventas@simetical.com.pe

🌐 www.simetical.com.pe

☎ (01) 310-6138

📞 (51) 926 003 405