

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

RECURSOS NATURALES



Tesis

Barreras acústicas sustentables para la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023

Asesor:

Mg. Salas Peña, Vanesa

Autor:

Meza Puma, Maricruz

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Abancay – Apurímac – Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Abancay, a los 04 días del mes de marzo del 2025, siendo las 09:11 a.m. horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 016-2025-UTEA-FI-EPIARN de fecha 11 de febrero del 2025 de la Escuela Profesional de Ing. Ambiental y Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Mg. Alvarado Ramos Jessica
Dictaminante :	Ing. Rojas Cáceres Mariela
Replicante :	Mg. Pimentel Maldonado Waldir

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Barreras acústicas sustentables para la atenuación de ruido a nivel de laboratorio de la Universidad Tecnológica De Los Andes, Abancay-2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br.: Meza Puma Maricruz

(Apellidos y Nombres)

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título)

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) **APROBADO (S)**:

Por: **Unanimidad**


(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:


Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Br. Meza Puma Maricruz	Aprobado

Siendo las 11:16 horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: **Mg. Alvarado Ramos Jessica**
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)


.....
(Firma)

Dictaminante: **Ing. Rojas Cáceres Mariela**
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)


.....
(Firma)

Replicante: **Mg. Pimentel Maldonado Waldir**
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)


.....
(Firma)

(*): Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art.18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Barreras acústicas sustentables para la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor	
Apellidos y nombres	: Meza Puma Maricruz
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Numero de Documento de Identidad	: 60014298
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0002-9228-2529
Datos del asesor	
Apellidos y nombres	: Salas Peña Vanesa
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Numero de Documento de Identidad	: 70144718
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0003-3734-6278
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
Línea de investigación	: Calidad Ambiental
Rango de años en que se realizó la investigación	: 2023-2024
Fuente de financiamiento	: Autofinanciada
Porcentaje de similitud	: 19 %
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01

DEDICATORIA

A mis padres por ser parte fundamental en mi desarrollo personal y profesional, fuente de inspiración para ser mejor; a mi enamorado por su apoyo incondicional, paciencia y fortaleza que me ayudaron a seguir adelante y a Gema por haber sido mi soporte emocional y la mejor compañía que, aunque no llego al final de esta etapa sé que siempre estará presente.

A ustedes con amor y cariño.

AGRADECIMIENTOS

- A mis familiares por brindarme su apoyo y consejos para seguir adelante y poder culminar satisfactoriamente la investigación.
- A la Mg. Vanesa Salas Peña, por su paciencia y sabiduría en la contribución para culminar la presente tesis.
- A los Ing. Richard Villegas Ustua, Ing. Víctor Núñez Baca e Ing. Jessica Alvarado Ramos, por darse el tiempo de evaluar y validar los instrumentos de investigación de la presente tesis.
- A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de la Universidad Tecnológica de los Andes, por brindar sus conocimientos mediante enseñanzas que permiten formar buenos profesionales.

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo determinar la eficacia de la barrera acústica sustentable para la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023. Siendo una investigación de enfoque cuantitativo del tipo aplicada, de diseño experimental y nivel explicativo.

El método consistió en la elaboración de 2 barreras acústicas sustentables, la composición que tienen ambas barreras se realizó con residuos orgánicos, ellos son, la barrera acústica a base de aserrín - bagazo y la barrera de aserrín - papel, considerando las características físicas de las barreras, así como las proporciones, siendo su composición para ambas de un 60% para aserrín y un 40% para bagazo de caña o papel reciclado; se realizó la parte experimental en un ambiente controlado y la muestra es el ruido generado a 80 dB; se realizó la recopilación de 10 datos en tiempos de 10 minutos antes y después de implementarse las barreras en fichas técnicas, se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y análisis de significancia T-student.

Se contrastó las hipótesis, siendo aceptada todas las hipótesis alternas, P-valor $< \alpha$ 0.05, este valor fue de $p = 0.000$, por ende, se concluye que las barreras elaboradas a base de aserrín - bagazo de caña como la barrera a base de aserrín - papel reciclado tienen una eficacia promedio de 8.4% y 14.2% respectivamente y una atenuación de ruido de 7.38 dB(A) y 11.27 dB(A), logrando disminuir el ruido.

Palabras clave: Barreras, atenuación, bagazo, papel, decibeles.

ABSTRACT

The objective of the research is to determine the effectiveness of the sustainable acoustic barrier for noise attenuation at laboratory level at the Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023. It is a quantitative approach research of the applied type, with an experimental design and explanatory level.

The method consisted in the elaboration of 2 sustainable acoustic barriers, the composition of both barriers was made with organic waste, they are, the acoustic barrier based on sawdust - bagasse and the sawdust - paper barrier, considering the physical characteristics of the barriers, as well as the proportions, being its composition for both of them 60% for sawdust and 40% for sugarcane bagasse or recycled paper; The experimental part was carried out in a controlled environment and the sample is the noise generated at 80 dB; 10 data were collected in times of 10 minutes before and after the barriers were implemented in data sheets, Shapiro-Wilk normality tests and T-student significance analysis were performed.

The hypotheses were contrasted, being accepted all the alternative hypotheses, P-value $< \alpha$ 0.05, this value was $p = 0.000$, therefore, it is concluded that the barriers made from sawdust - cane bagasse as the barrier based on sawdust - recycled paper have an average efficiency of 8.4% and 14.2% respectively and a noise attenuation of 7.38 dB (A) and 11.27 dB (A), achieving noise reduction.

Key words: Barriers, attenuation, bagasse, paper, decibels.

Índice general

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Porcentaje de sustentación.....	iii
Metadatos complementarios.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice general.....	ix
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras.....	xiii
Índice de anexos.....	xiv
I. Introducción.....	15
II. Planteamiento del problema.....	16
2.1. Descripción y formulación del problema.....	19
2.1.1. Problema general.....	19
2.1.2. Problemas específicos.....	19
2.2. Objetivos.....	19
2.2.1. Objetivo General.....	19
2.2.2. Objetivos Específicos.....	20
2.3. Justificación e importancia.....	20
2.4. Hipótesis.....	22
2.4.1. Hipótesis General.....	22

2.4.2. Hipótesis Específicas	22
2.5. Variables.....	23
III. Marco teórico	24
3.1. Antecedentes.....	24
3.1.1. A nivel internacional.....	24
3.1.2. A nivel nacional.....	27
3.1.3. A nivel regional y local	31
3.2. Bases teóricas	33
3.2.1. La acústica	33
3.2.2. El sonido.....	33
3.2.3. Ruido	40
3.2.4. Ruido ambiental.....	40
3.2.5. Barreras acústicas	41
3.2.6. Normativa nacional e internacional	48
3.3. Definición de términos	50
IV. Metodología.....	53
4.1. Tipo y nivel de investigación	53
4.2. Ámbito temporal y espacial.....	53
4.3. Población y muestra	54
4.4. Instrumentos.....	55
4.5. Procedimientos.....	56
4.5.1. Elaboración de barreras de papel y bagazo.....	56

4.5.2. Recopilación de datos antes y después de implementar las barreras

60

4.6. Análisis de datos	60
4.7. Consideraciones éticas.....	61
V. Resultados y discusión	62
5.1. Resultados	62
5.2. Discusión.....	77
VI. Conclusiones	79
VII. Recomendaciones	80
VIII. Referencias	81
IX. Anexos.....	90

Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro de las variables del proyecto de investigación	23
Tabla 2. Características del bagazo de caña (<i>Saccharum officinarum</i>)	46
Tabla 3. Características del aserrín	46
Tabla 4. Materias primas usadas para elaboración de papel.....	44
Tabla 5. Estándares de Calidad Ambiental para ruido (ECA- Ruido)	49
Tabla 6. Validación de instrumentos por juicio de expertos	56
Tabla 7. Propiedades físicas de las barreras acústicas	62
Tabla 8. Datos meteorológicos del día de la toma de datos.....	63
Tabla 9. Datos obtenidos con el sonómetro (dB) del ruido antes y después de la barrera aserrín - bagazo	65
Tabla 10. Datos obtenidos con el sonómetro (dB) del ruido antes y después de la barrera aserrín - papel	66
Tabla 11. Procesamiento de datos descriptivos de la investigación	68
Tabla 12. Resumen procesamiento de datos.....	69
Tabla 13. Prueba de normalidad.....	70
Tabla 14. T-student para prueba de muestras emparejadas.....	71
Tabla 15. Prueba de muestras emparejadas de la barrera aserrín-bagazo.....	72
Tabla 16. Prueba de muestras emparejadas de la barrera aserrín-papel.....	74
Tabla 17. Prueba de Levene de igualdad de varianzas	76
Tabla 18. Prueba para muestras independientes.....	76

Índice de figuras

Figura 1. Características de la propagación de las ondas transversales	344
Figura 2. Características de la propagación de las ondas longitudinales.....	355
Figura 3. Cambio de escala de la intensidad sonora	366
Figura 4. Curvas de ponderación y frecuencia del sonido	388
Figura 5. Efecto de la barrera acústica en la emisión de ondas sonoras	41
Figura 6. Difracción de ondas sonoras frente a una pantalla acústica	432
Figura 7. Barrera acústica a base de residuos orgánicos	444
Figura 8. Mapa de ubicación del proyecto.....	53
Figura 9. Dimensiones del molde para la elaboración de cada módulo de la barrera acústica	56
Figura 10. Procedimiento para la elaboración de las barreras de aserrín-bagazo.....	57
Figura 11. Procedimiento para la elaboración de módulos aserrín-papel	58
Figura 12. Instalación y uso del sonómetro	59
Figura 13. Gráfico de barras de las diferencias de ruido antes y después de la implementación de la barrera aserrín - bagazo	64
Figura 14. Gráfico de barras de las diferencias de ruido antes y después de la implementación de la barrera aserrín - papel.....	676
Figura 15. Gráfico de intervalo de confianza para la barrera de aserrín-bagazo	71
Figura 16. Gráfico de intervalo de confianza para la barrera de aserrín-papel	743
Figura 17. Gráfico de intervalo de confianza para grupos independientes	775

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	89
Anexo 2. Certificado de calibración del sonómetro.....	90
Anexo 3. Certificado de análisis en laboratorio.....	91
Anexo 4. Ficha juicio de expertos.....	96
Anexo 5. Ficha técnica 1.....	102
Anexo 6. Ficha técnica 2 (aserrín-bagazo de caña).....	103
Anexo 7. Ficha técnica 2 (aserrín-papel).....	104
Anexo 8. Panel fotográfico.....	105
Anexo 9. Reporte de denuncias ambientales.....	111
Anexo 10. Renders de la aplicación de las barreras en diferentes escenarios.....	123

I. Introducción

La investigación de Barreras acústicas sustentables para la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023, contempla los siguientes capítulos:

En el capítulo II, se brinda información relevante sobre el planteamiento del problema, es decir, se detalla la problemática que existe a nivel global y local, se aborda la problemática y el problema general y los específicos, así como los objetivos y la hipótesis, se describe la justificación e importancia de la investigación y se brinda información detallada de las variables, los indicadores de estudio y la escala de medición.

En el capítulo III, se aborda el marco teórico, desde los antecedentes a nivel internacional, nacional y local, así como las bases teóricas y la definición de términos en base a las variables que se manejan en la presente investigación.

En el capítulo IV, comprende la metodología, es decir, brinda información que permite delimitar el tipo y nivel de investigación, el ámbito temporal y espacial, así como la población y muestra, los instrumentos, procedimientos, análisis de datos y consideraciones éticas por los cuales se va regir la investigación.

Respecto al capítulo V, en este capítulo se realiza los resultados estadísticos que se contrastan con las hipótesis y se realiza la discusión con otras investigaciones.

En el capítulo VI se desarrolla las conclusiones y el capítulo VII las recomendaciones.

II. Planteamiento del problema

En la Revista de la Universidad de ciencias médicas de Matanzas, Amable et al. (2017), menciona que la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 1972 empezó a considerar el ruido como un contaminante a causa de las consecuencias que este tenía en la salud humana. Posteriormente en 1979 en la Conferencia de Estocolmo se cataloga al ruido como un contaminante específico para la salud auditiva.

La Organización Mundial de la Salud (2018) en su revista *“Environmental noise guidelines for the European region”* presentó datos de una encuesta que se realizó sobre la percepción que tiene cada individuo con respecto al ruido al cual se exponían en los 27 países de la Unión Europea, poniendo en manifiesto que el 80% de los encuestados consideran que el ruido genera un impacto negativo a su salud, siendo esta una problemática perceptible a nivel global que perjudica la calidad de vida.

Por ende, el ruido que se genera en las diferentes ciudades tales como el ruido rodado, industrial y de las diferentes actividades antropogénicas, vienen siendo una problemática para la salud debido al perjuicio acumulativo que va teniendo por la exposición a la cual se vive diariamente. Por ejemplo, Ripoll (2010) en su investigación titulada “Evolución de la contaminación acústica provocada por el tráfico de la N-32 en Altea” sostiene que el ruido es un contaminante que se establece en toda sociedad desde aquellas industrializadas, las que se encuentran en vías de desarrollo y en mayor medida en aquellas con una densidad poblacional elevada, existiendo así variaciones de la sensibilidad auditiva de acuerdo al entorno cultural de cada individuo, sin embargo, los efectos nocivos agravan físicamente a todos por igual.

El Perú no es ajeno a este tipo de contaminación por ende se rige por una normativa a la cual se tiene acceso virtual mediante el Sistema Peruano de Información Jurídica (SPIJ), en ella se encuentra el D.S. N° 013-2017-MINAM (2017) en la cual sostiene que, el ente rector del Sistema de Evaluación y Fiscalización

Ambiental (SINEFA) es el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) encargado de la evaluación, supervisión, fiscalización y sanción en materia ambiental (agua, suelo, ruido, etc.), entre otras normas legales se tiene los Estándares de Calidad de Ruido (ECA - Ruido) en la cual se establece los estándares de exposición al ruido con un nivel de presión sonora continua equivalente en ponderación A de acuerdo a la zonificación y horario, se recopilan datos mediante monitoreo de los niveles sonoros a los cuales los ciudadanos están expuestos, de esta manera considera la implementación de medidas de control en caso lo requiera.

Considerándose todo lo expuesto en el anterior párrafo, el siguiente estudio realizado por la dirección de evaluación del OEFA (2016) en Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao donde se realizaron mediciones en un total de 250 puntos, distribuidos en los 49 distritos de las dos provincias, encontraron 10 puntos críticos en Lima Metropolitana entre los más elevados se registró intensidades de ruido que van desde los 81.6 dBA en Breña, 84.9 dBA en El Agustino y la Provincia de Callao con 3 puntos críticos que va desde los 80.3 dBA en Callao, 81.1 dBA en Ventanilla y 86.3 dBA en Bellavista; se estimó que el 94.74% de los puntos monitoreados sobrepasan los niveles establecidos en el reglamento siendo este un problema perjudicial en la salud auditiva de la población, asimismo el estudio realizado por el OEFA (2023), evaluación ambiental de causalidad en el ámbito de influencia de Owens Illinois S.A.; realizaron monitoreos dentro de la empresa así como en las zonas colindantes, donde se registró decibeles que superan los ECA para ruido de zonificación residencial y de protección especial por colindar con residencias, el hospital y parque recreativo, recomendando que la autoridad supervisora que corresponda evalúe las medida de control del ruido generado por la empresa; la contaminación acústica es un problema que se va agravando con el incremento de la tasa de natalidad, a su vez la poca información, educación y concientización por parte de los mismos es preponderante a agravar la salud auditiva; atenuar el ruido mediante

barreras acústicas a partir de materiales sintéticos y convencionales son de un coste elevado y de difícil acceso, además que, no existen normativas que establezcan pautas que permitan el adecuado diseño e implementación de barreras acústicas como alternativa para disminuir la contaminación por ruido permitiendo una mejor calidad auditiva en las personas a comparación de Europa que emplea estas tecnologías en mayor medida, dado que, cuentan con normativas que determinan algunos criterios para la implementación de barreras acústicas así lo menciona Iñigo, Romero & Vargas (2021).

La contaminación acústica en la provincia de Abancay viene siendo un problema que va en ascenso afectando a la ciudadanía, debido al incremento poblacional, de acuerdo al censo realizado en el año 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la provincia de Abancay representa el 27.2% de la población total en el departamento de Apurímac, esto viene siendo un total de 110 520 habitantes y presenta un crecimiento poblacional promedio anual de 1.4%; al incrementarse la población también crece la demanda de bienes y servicios, tales como los de transporte siendo el parque automotor uno de los mayores generadores de ruido junto con las actividades comerciales e industriales, además muchas de estas actividades colindan con instituciones educativas del nivel inicial, primario y secundario, instituciones públicas y privadas, centros de Salud y universidades, las cuales vienen siendo perjudicadas en el normal desarrollo de sus actividades por la presencia del ruido externo, que con facilidad ingresa a los ambientes, es por ello que se requiere de materiales que permitan aislar el ruido. La municipalidad de Abancay a través de la gerencia de gestión ambiental saneamiento y salud y mediante el oficio N° 577-2024-A-MPA presenta el registro de denuncias ambientales, en las cuales figura 5 denuncias por una presunta contaminación sonora en diferentes puntos de la ciudad, estas denuncias se deben por el hecho de que el ruido emitido por diferentes actividades antrópicas genera perturbación hacia la salud del denunciante. Además, la

implementación de barreras acústicas es de un coste elevado siendo este un problema, por ende, el uso de materia orgánica en la elaboración de barreras acústicas son una buena alternativa.

2.1. Descripción y formulación del problema

2.1.1. Problema general

- ¿Cuál es la eficacia de las barreras acústicas sustentables para atenuar el ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023?

2.1.2. Problemas específicos

- ¿Es eficaz el uso de la barrera acústica sustentable con aserrín-bagazo de caña en la atenuación del ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023?
- ¿Es eficaz el uso de la barrera acústica sustentable con aserrín-papel reciclado en la atenuación del ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023?
- ¿Cuál es la barrera acústica sustentable más eficaz en la atenuación del ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

- Determinar la eficacia de la barrera acústica sustentable para la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023

2.2.2. Objetivos Específicos

- Conocer la eficacia de la barrera acústica con aserrín-bagazo de caña en la atenuación del ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023
- Conocer la eficacia de la barrera acústica con aserrín-papel reciclado en la atenuación del ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay — 2023
- Determinar la barrera acústica sustentable más eficaz en la atenuación del ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023

2.3. Justificación e importancia

Justificación

Desde el punto de vista teórico la presente investigación se basa en la necesidad de reducir la contaminación acústica utilizando materiales reutilizables, promoviendo la mejora de la calidad ambiental en el marco de los lineamientos de investigación de la universidad busca dar a conocer la valorización de residuos mediante la elaboración de barreras acústicas de aserrín-bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y aserrín-papel reciclado, el término barreras acústicas sustentables se da, porque el desarrollo de los módulos considera recursos que afectan mínimamente al ambiente a comparación de los materiales sintéticos, además se considera el término barreras acústicas sustentables por que se plantean en la investigación como una alternativa ecológica y económicamente viable para reducir la contaminación sonora, por ende en cumplimiento con el desarrollo sostenible, específicamente con el ODS número 12 se busca promover la reutilización y el reciclaje de los residuos.

Desde el punto de vista técnico la determinación de los decibeles a los cuales va ser sometido la barrera, está considerando datos de los antecedentes de la presente investigación en la cual Puma (2022), realiza monitoreos de medición en un colegio

obteniendo como mayor dato el de 65.1 dB y el ruido externo vehicular de un 86.3 dB, asimismo León & Rímac (2020), realizaron la medición del ruido generado por una prensa excéntrica la cual obtuvo como dato mayor el 79.1 dB; Guarín & Gutiérrez (2020) en el marco investigativo de su tesis explica que las ambulancias registraron niveles de ruido entre 80 a 100 decibeles. Es por ello que se consideró utilizar el ruido generado por una Garlopa la cual emite ruido de entre los 80 ± 5 dB, máquina de carpintería que porta unas cuchillas de acero y tiene un motor de 3HP a 3600 rpm.

Desde el punto de vista socioambiental con la elaboración de las barreras acústicas se busca la minimización de los niveles de contaminación sonora. Asimismo, se fomenta la investigación en pro del cuidado de la salud auditiva de la ciudadanía y el cuidado del ambiente, siendo prioridad en la presente investigación, además, la elaboración a nivel de laboratorio se da porque se busca tener un medio controlado que brinde mejores resultados sin intervención o fluctuaciones de algún fenómeno meteorológico o ruido residual que altere considerablemente los datos, siendo este un antecedente para futuras investigaciones.

Importancia

La investigación aborda de manera eficaz a la problemática, además, se está agregando conocimiento al campo de estudio, ya que a través del análisis de estos resultados se podrá implementar acciones de mejora, dado que, los datos obtenidos son fidedignos, es decir, se puede diseñar estrategias en beneficio de la población, en especial a futuros tesis mejorando los procesos investigativos.

La importancia de la investigación contribuye a la mejora de la calidad ambiental y la reducción del ruido mediante la elaboración de barreras acústicas sustentables con materiales reutilizables. Esta investigación fomenta la valorización de residuos, promoviendo un impacto positivo tanto ambiental como económico.

La importancia en la salud radica en la minimización de los impactos negativos que ocasiona la contaminación sonora, pudiendo mejorarse el bienestar físico y mental de las personas promoviendo soluciones ecológicas y accesibles.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

- Las barreras acústicas sustentables son eficaces en la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023

2.4.2. Hipótesis Específicas

- La barrera acústica sustentable de aserrín-bagazo de caña es eficaz en la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023
- La barrera acústica sustentable de aserrín-papel reciclado es eficaz en la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023
- La barrera acústica sustentable más eficaz presenta mejores datos de atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023

2.5. Variables

Tabla 1.

Cuadro de las variables del proyecto de investigación

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente Barrera acústica sustentable: Las barreras acústicas son aquellas que inhiben el paso de la presión sonora que ejerce una fuente emisora (Sanz, 2003). El diseño de las barreras acústicas sustentables se elaborado con la finalidad de reducir el impacto sonoro y la valorización de los recursos naturales siendo bagazo de caña y papel reciclado la materia prima de la presente investigación.	Características de la barrera de aserrín-papel reciclado	Composición Proporción Grosor Densidad Humedad	gr % cm gr/cm ³ %
	Características de la barrera de aserrín-bagazo de caña	Composición Proporción Grosor Densidad Humedad	gr % cm gr/cm ³ %
Variable dependiente Ruido: El ruido es la perturbación auditiva generada por un sonido desagradable que genera molestia (Harris, 1957). Son los sonidos que generan perturbación en un individuo a su vez esto le genera un perjuicio o un efecto negativo a su salud (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003).	Intensidad sonora	Nivel de presión sonora continua equivalente	LeqT
		Ponderación sonora	A
	Exposición	Tiempo	min

Nota. Elaboración propia

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel internacional

(Castiñeira et al., 2023) en su artículo científico de investigación titulado: “Uso de materiales reciclados para la modelización de barreras acústicas abiertas para una sociedad eco-sostenible” la cual tiene como objetivo la reutilización de residuos siendo posible la sustitución de la madera, siendo de uso para zonas urbanas. A partir de las cáscaras de coco se realizó la elaboración de las muestras compactadas, la cáscara fue triturada con un molino de 5kW en las cuchillas, asimismo se realizó una compresión con prensa de platos calientes, de una fuerza de 200 kg. La muestra compactada se evaluó mediante ensayos con tubo de Kundt. Los resultados permitieron obtener el espectro de atenuación acústica (dB) en el rango de 100 a 1500 Hz, se realizó la comparación correspondiente mediante un gráfico de espectros y se obtuvo resultados muy próximos entre la madera convencional y la elaborada a base de cáscara de coco, en conclusión, al sustituir la madera por cáscara de coco contribuye a la protección y cuidado del ambiente, además del uso de residuos que no tenían valor alguno permiten tener una economía circular activa en la región que produce estos residuos.

(Borda & Castillo, 2019) cuya tesis titulada: “Elaboración de un panel aislante térmico a base de cartón y tapones de corcho reciclado para viviendas de interés social”, tuvo como objetivo la elaboración de paneles aislantes térmicos los cuales mediante pruebas físicas se determinó el aislamiento térmico, y acústico del producto, además la elaboración del prototipo tuvo una dimensión de 50 x 70 cm y 2cm de espesor para cubrir la pared, el corcho y el cartón los cuales fueron triturados y licuados para obtener la pasta y elaborar de esta manera el panel, se realizaron pruebas de humedad y flexión teniendo como resultados un peso en húmedo del

907,18 g y seco 535,2 g y una flexión de 16, 975 Mpa de pasta de cartón, 21,219 Mpa de los tapones de corcho mixto y el panel de 18,39 Mpa. Asimismo, se realizó encuestas las cuales tiene como población los habitantes de la ciudad de Babahoyo y una muestra de 90 personas encuestadas, así se conoció cada una de las necesidades familiares en las viviendas de interés social, de las cuales el 98% de los encuestados está de acuerdo en utilizar el panel aislante para los ambientes de viviendas, oficinas, locales y centros comerciales. Los resultados de aislamiento acústico al implementarse el panel de tapones de corcho tuvieron una atenuación de 87,8 dB a una disminución de 64,2 dB. Mientras que en la prueba de aislamiento térmico se expuso el panel a una temperatura de 250°C durante 15 minutos a unos 20 cm de distancia, recibiendo en su cara interna 215.1°C y 43,2°C en la cara exterior. En conclusión, el panel elaborado a base de cartón y corcho si tiene la capacidad de aislamiento térmico, además, presenta resistencia a la compresión, es un aislante acústico y es de un coste por debajo de los materiales convencionales.

(Ponce, 2018) en su tesis denominada: "Evaluación térmica y acústica de un panel en base al alga *Durvillaea antártica*" la cual tuvo como objetivo evaluar las propiedades térmicas y acústicas. La estructura fue elaborada con un bastidor de madera de 65x60x4cm, además de la alga se utiliza como materia prima el yeso cartón de 10mm con un espesor total de 6 cm, largo de 65 cm y un ancho de 60 cm, la comparación con el poliestireno expandido se utilizaran las mismas medidas, el proceso de secado fue en un ambiente seco y ventilado, como muestra se contempló la elaboración de 4 prototipos, 3 a base algas (A, B y C) y el cuarto con poliestireno, el prototipo A es realizado colocando dos capas de las algas en dirección ortogonal, el prototipo B va en forma perpendicular al revestimiento ejerciendo presión y el prototipo C tiene una capa todos a la misma dirección, los paneles son revestidos con yeso cartón de 10mm por ambas caras. Los resultados de los ensayos térmicos dieron a conocer que el panel A presenta mejores características de aislación térmica de 21.12

°C superando en un 14% al panel de poliestireno, el panel B de 20.20°C con un 8 % y el C de 19.4°C con un 2%; con respecto a la aislación acústica a frecuencias altas de 2000 Hz a 4000 Hz; el panel que presenta mejores resultados de aislamiento acústico (dB) es el panel C con un 22,3 dB que los prototipos A con 16,37 dB y B con 20,05 dB. En conclusión, el aislamiento térmico de los 3 prototipos presentó mejores resultados que el panel de poliestireno, mientras que el aislamiento acústico presentó mejores resultados en el panel C.

(Palazuelos, 2018) en su trabajo final de máster titulado: "Soluciones acústicas con nuevos absorbentes acústicos fabricados con lana de oveja" el cual tuvo como objetivo caracterizar las diferentes muestras de las lanas de ovejas, buscando que la elaboración sea con materiales ecológicos, el material absorbente es creado a partir de la lana de ovejas churras y merinas mezclada con PET, elaborándose 7 muestras con el diámetro de 40mm y con diferentes porcentajes de la materia prima los cuales coinciden con el tubo de Kundt donde se determinó la absorbancia, se utilizó el sistema Symphonie de 01dB-Stell para generar ondas planas y las muestras tienen un área de 12 m². Se obtuvo como resultado que la muestra número 5 que tiene una densidad 30 Kg/m³ y espesor de 60 mm presenta mejores resultados con respecto al coeficiente de absorción medio siendo el resultado de 0.87, el nivel de absorción crece con la frecuencia y los valores de coeficiente de absorción son mayores a 0.2, se reduce considerablemente la emisión sonora de entre 40 y 50 dB. En conclusión, el material absorbente elaborado a base de lana de oveja y PET reciclado cumple con los requisitos básicos para determinarse como aislante, además de tener un valor agregado porque el impacto que genera al ambiente es menor a materiales usados comúnmente.

(Guzmán, 2017) en su trabajo de graduación denominado: "Paneles aislantes de sonido elaborados con concreto y adición de polvo de llanta", cuyo objetivo fue la reutilización de material de reciclaje, conocer las características físicas y mecánicas,

así como realizar pruebas aislantes de sonido. El método fue del tipo experimental que consta del triturado de las llantas, además se realizaron pruebas de impurezas orgánicas mediante la NTG 41007h1 dando como resultado que se encontró libre de contaminación, el peso específico que presentó fue de 0.96, la granulometría de 4.75 considerándose un agregado grueso, el peso unitario del polvo de llanta de 410.00 kg/m³, el porcentaje de vacío de 57.00 % suelto, 51.00 % compactado; el diseño del concreto tiene una resistencia de 210 kg/cm². Realizo muestras con 10% de caucho y con 5% de caucho, esto para determinar en qué porcentaje se reduce la resistencia a la compresión del concreto, siendo la prueba con un 5% la que presento mejores resultados con una resistencia de 11,20 y del 10% de caucho con una resistencia de 8,90. Se determinaron 3 escenarios para las pruebas de los paneles considerándose una prueba sin aislante de 89,8 dB, el otro con el aislante sin cubierta de 81,0 dB y el último con cubierta 63,7 dB, en conclusión se presentó una reducción considerable en el que tenía cubierta, en conclusión, además, el polvo de llanta puede adicionarse a la mezcla de concreto sin presentar alguna alteración en su composición química.

3.1.2. A nivel nacional

(Puma, 2022) cuya tesis se denomina: "Atenuación de nivel de ruido a través de barreras acústicas de panca de maíz en el colegio Carlos Armando Laura" tuvo como objetivo diseñar y determinar la atenuación del ruido mediante barreras acústicas. La elaboración de la placa acústica tiene dimensiones de 67cm x 48cm con un espesor de 0.06m siendo relleno con panca de maíz seco con un peso total de 1.1kg y otra placa con un llenado de Tecnopor con un peso total de 180gr, la elaboración de las barreras en base son de dimensiones de las tres ventanas de la biblioteca de 2.73m 1.50m y 6cm de ancho, y las proporciones de panca y Tecnopor fueron evaluadas para determinar cuáles fueron las que mayor atenuación presentó, la muestra de la investigación fue la biblioteca del colegio Carlos Armando Laura y las unidades de muestra experimental estuvo conformada por 3 barreras acústicas

implementadas en la biblioteca de dicha institución, se realizó monitoreos antes de la implementación de dichas barreras, obteniéndose para ruido sin barreras el nivel de presión sonora de 54,1 dB; para el ruido implementado la barrera de panca de maíz y Tecnopor fue de 43,5 dB y para el ruido implementado la barrera con panca de maíz al 100% fue de 42 dB ; en conclusión las que presentaron mejores resultados fueron las rellenas de panca de maíz al 22% y combinadas con Tecnopor al 20% atenuando niveles sonoros de 12dBA y 11 dBA, determinando que estos resultados son significativos para la reducción del ruido.

(Gamonal, 2020) cuya tesis titula: "Eficiencia de la cáscara de arroz *Oryza sativa* como barrera termoacústica para reducir el ruido y mejorar condiciones de temperatura" tuvo como objetivo determinar la eficiencia del arroz como barrera termoacústica; se elaboraron 4 moldes de 35 cm² para espesores de 2.5 y 3.0 cm, el aglutinante se elaboró de forma casera con harina, agua y bicarbonato a un promedio de 55 °C, se elaboraron 4 prototipos a diferentes dosificaciones para determinar el que presente mejores características, la muestra 4 tuvo mejores resultados con una proporción de 70% de cáscara de arroz, 60% aglutinante y 45% de yeso, para la determinación de la funcionalidad como barrera termoacústica se diseñó una barrera de 3 lados con medidas de 180x160cm frontal y laterales de 180x100cm formado por 4 barreras de 35 cm². La población de estudio fue el total de cascara de arroz la cual fue una cantidad aproximada de 100 toneladas al mes, la muestra fue 80 kg de cascara. Los resultados fisicoquímicos de la cáscara de arroz presentan una densidad aparente de 0.32 g/cm³, porosidad de 39.17%, humedad de 7.11%, lignina de 25.25% y celulosa de 37.46%; las barreras fueron sometidas a sonidos de 90 dB presentando un porcentaje del 17% de eficiencia el de 2.5cm de espesor y de 22% el de 3.0cm, de igual manera las barreras sometidas a temperaturas de 16 °C la barrera de espesor 2.5cm presentó un 22% de eficiencia y el de 3.0cm un 35%. Para los resultados de experimentación sonora se simulo 90 dB sin barrera, una vez implementado la barrera

de 2.5 cm un dato promedio de 74,3 dB obteniendo una reducción de ruido del 14,8 dB; mientras que al implementarse la barrera de 3 cm de espesor obtuvo un promedio de 69,3 dB obteniéndose una reducción promedio de 20 dB, respecto a la temperatura sin barrera se obtuvo un promedio de 15,8 °C, implementándose la barrera de 2.5 cm de espesor se obtuvo un promedio de 19,2 °C y al implementarse la barrera de 3 cm de espesor se obtuvo un promedio de temperatura de 21,3 °C. En conclusión, las barreras acústicas elaboradas con cáscara de arroz fueron eficientes como barreras termoacústicas, aunque la barrera con espesor de 3 cm presentó mejores resultados tanto en la atenuación de ruido como en la temperatura.

(León & Rímac, 2020) con su tesis denominada: "Mitigación del ruido mediante encapsulamiento acústico con fibra de coco (*Cocos nucifera*) para una prensa excéntrica en Villa María del Triunfo" cuyo objetivo fue determinar la eficiencia de la fibra de coco como atenuante de una prensa excéntrica, el diseño de los prototipos de bloque tuvieron las siguientes proporciones, fibra de coco 70% y 80%, cartón de 30% y 20%, con un grosor de 4cm y 5cm; con respecto a la granulometría la fibra de coco de 0-7mm permitió una mejor compactación sin rajaduras, pero la de 0-40mm mostró rajaduras y humedad, además de absorber mayor aglutinante, además se realizó una prueba de atenuación de ruido antes de la elaboración de los paneles en los 4 prototipos M1, M2, M3 y M4. La población es el taller mecánico León S.A.C. y la muestra de estudio es el área de la prensa excéntrica siendo la fuente fija del taller mecánico, es del tipo no probabilístico dado que no se aplicaron fórmulas de muestreo. Se realizó el encapsulamiento de la prensa excéntrica con las medidas de 1.80m de alto por 1.20m de ancho y se realizaron monitoreos en el entorno del taller de mecánica antes del encapsulamiento y también después, además de considerarse el ruido de la prensa de 79.1 dB, la barrera M4 elaborada con un grosor de 5cm y una proporción de 80% fibra de coco y 20% cartón dio como resultado una eficiencia de 15.4% de mitigación sonora, la atenuación fue de 8.37dB, siendo considerado como

un material que puede ser implementado en industrias para la atenuación del ruido. En conclusión, se determinó que el prototipo M4 es el más eficiente como material acústico para implementarse en las industrias.

(Puma, 2018) En su tesis titulada: "Atenuación sonora por barreras acústicas a base de residuos orgánicos para reducir el nivel de ruido en una avenida principal, Puente Piedra" cuyo objetivo fue la reducción de ruido con las barreras elaboradas a base de papel periódico, cáscara de papa y marlo de maíz en la Panamericana Norte Km 33.5. Se elaboraron 4 prototipos con diferentes proporciones para determinar el prototipo que mejor atenúe el ruido, la medición se realizó con una simulación de ruido vehicular y se analizó con un sonómetro del tipo 2 el primer análisis fue sin el prototipo y el segundo con el prototipo, se realizaron 3 repeticiones de 60 segundos, teniendo el mejor resultado el prototipo que tiene un 55% marlo de choclo, 35% cascara de papa y 55% de papel periódico; posteriormente se elaboró la barrera de tres lados cuya dimensión frontal es de 180cm x 160cm x 4 cm para los laterales de 180cm x 100cm x 4cm compuesto por 70 pequeñas barreras con dimensiones de 30cm x 23cm x 4cm y con una densidad de 0.65 gr/cm³. La población es el ruido en toda la avenida Panamericana Norte y la muestra es la avenida Panamericana Norte, Puente Piedra, altura del km 33.5. Para los resultados se realizó la medición en la avenida a una distancia de 3m y 6m de la pista, monitoreo realizado con la barrera y sin ella, se realizaron 4 prototipos de los cuales el prototipo P3 presento mejor atenuación es así que, de los datos procesados se obtuvo la atenuación sonora promedio de 8.45 dBA y presento una eficacia de 83.33%. En conclusión, la absorción sonora es similar a las barreras acústicas convencionales, además la barrera es elaborada con materiales orgánicos lo que contribuye al cuidado del ambiente y aminora la contaminación.

(Delgadillo, 2018) en su tesis denominada: "Reducción del ruido mediante barreras vegetales con las especies *Jacobaea marítima* y *Aptenia cordifolia* en condiciones controladas - Lima 2018", cuyo objetivo fue evaluar la reducción del ruido

mediante las barreras vegetales *Jacobaea maritima* y *Aptenia cordifolia* en condiciones controladas siendo esta una propuesta ecológica y rentable. La metodología empleada es de nivel explicativo y de diseño experimental con 4 tratamientos, la primera sin cobertura vegetal, la segunda con cobertura de la especie *Jacobaea maritima*, la tercera con cobertura de ambas especies y la cuarta con cobertura de la especie *Aptenia cordifolia* con cuatro repeticiones en un periodo de cuatro meses, para el monitoreo de ruido se colocó el reproductor de música a un metro del sonómetro y este a su vez a un metro de la barrera vegetal. La muestra de la investigación fue el ruido generado desde un reproductor de audio a 90 dBA en una sala de ensayos la cual estaba acondicionada. Los resultados de los niveles de ruido fueron: la pérdida de potencia de ondas acústicas en la barrera sin cobertura vegetal es de 6.07 dBA, en la barrera con cobertura *Jacobaea maritima* la atenuación es de 8.69 dBA, la barrera con cobertura de ambas especies tiene una atenuación de 11.85 dBA y la barrera con cobertura de *Aptenia cordifolia* tiene una atenuación acústica del 13.56 dBA. En conclusión, al evaluar la reducción de ruido de las barreras vegetales la que tuvo mayor nivel de atenuación fue la barrera con cobertura *Aptenia cordifolia*, esto se debió al mayor desarrollo foliar, dando como resultado la reducción de los fenómenos de propagación del sonido.

3.1.3. A nivel regional y local

(Orosco, 2023) cuyo título de investigación es “Nivel de contaminación sonora percepción en la población del Distrito de Abancay 2021” tuvo como objetivo evaluar el nivel de contaminación sonora mediante monitoreos de ruido en horario diurno y nocturno. En la muestra se consideró 16 puntos de la ciudad de Abancay y se realizó 1050 encuestas mediante la cual determino la percepción que se tiene sobre esta problemática. La técnica que se empleó en esta investigación es de observación directa en campo, fichas técnicas para los datos y las encuestas considerando la percepción fisiológica y psicológica. Respecto a los resultados del monitoreo en zona

comercial se obtuvo un promedio de 66.94 dB y en la zona de protección especial de 54.11 dB, además se determinó que hubo 16 fuentes móviles la cual representa el 55.17%, unas 7 fuentes fijas siendo un 24.14% y 6 fuentes colectivas siendo un 20.69%; una vez realizadas las encuestas se determinó que el 76% de la población considera que la contaminación sonora causa efectos negativos en su salud. En conclusión, el nivel de contaminación sonora sobrepasa los Estándares de Calidad para Ruido establecido por el estado peruano y la población tiene una percepción negativa con respecto a algunos cambios en su salud por el impacto sonoro, también que el ruido provoco situaciones de estrés.

(Alhuay, 2021) en su tesis titulada: "Evaluación de la contaminación sonora y su impacto en la población del distrito de Andahuaylas - Apurímac 2018" tuvo como objetivo evaluar el nivel de contaminación sonora y el impacto en población. La población de la investigación fue toda la ciudad de Andahuaylas y la muestra fue un total de 44 puntos en horario diurno y nocturno utilizando un sonómetro del tipo 1, en base a la normativa consideró zonas comerciales y residenciales, además se realizó 96 encuestas aleatorias a la población para determinar la percepción que tienen respecto a la contaminación generada por el ruido. La técnica de la investigación fue directa mediante recopilación de datos en campo, encuestas y análisis de resultados. Los resultados del monitoreo de ruido determinaron que el 20% de los 44 puntos monitoreados en horario nocturno superan los Estándares de Calidad para Ruido; mientras que en horario diurno el 84% de los 44 puntos monitoreados superan los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido, siendo el dato mayor de 80.7 dB en horario diurno y el horario nocturno de 65.1 dB, además, la principal fuente de emisión el parque automotor; respecto a las encuestas el considera que el ruido por comercio, el 13.54% considera que es por ruido generado por discotecas y el 7.29% considera que la mayor fuente de contaminación es generado por construcción. En conclusión, la contaminación sonora y el impacto en la población de Andahuaylas tiene una relación

directa, dado que la población siente que causa efectos negativos en su bienestar físico y mental.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. La acústica

Es la rama de la física que se encarga del estudio del comportamiento del sonido en su producción, transmisión, recepción, almacenamiento y su reproducción; la acústica es de carácter multidisciplinario desde la física pura, la biología entre otras ciencias (Martin, 2014)

3.2.2. El sonido

3.2.2.1. Naturaleza del sonido. El sonido consiste en la variación de la presión en un medio elástico que puede ser gaseoso, líquido o sólido, cuando no existe sonido alguno se considera que la presión atmosférica alcanza un estado de equilibrio siendo constante en espacio y tiempo, cuando se ocasiona una perturbación se producen variaciones generando ondas de presión las cuales se denominan como ondas sonoras, produciendo variación en la presión que se producen en un tiempo y a una cierta velocidad, considerando la distancia de donde se originó (Martin, 2014; Miraya, 1999).

3.2.2.2. Propiedades físicas del sonido

- a. Velocidad del sonido:** A condiciones ideales de presión y temperatura, siendo presión = 1 atm y con una temperatura de 0°C, tiene una velocidad de:

$$V_{so} = 331 \text{ m/s}$$

Donde:

V_{so} = Velocidad del sonido

Por cada grado centígrado que aumente la temperatura, la velocidad del sonido aumenta a 0.6 m/s , siendo:

$$V_{fs} = V_{so} + 0.6 \Delta T$$

Donde:

V_{fs} = Velocidad final del sonido

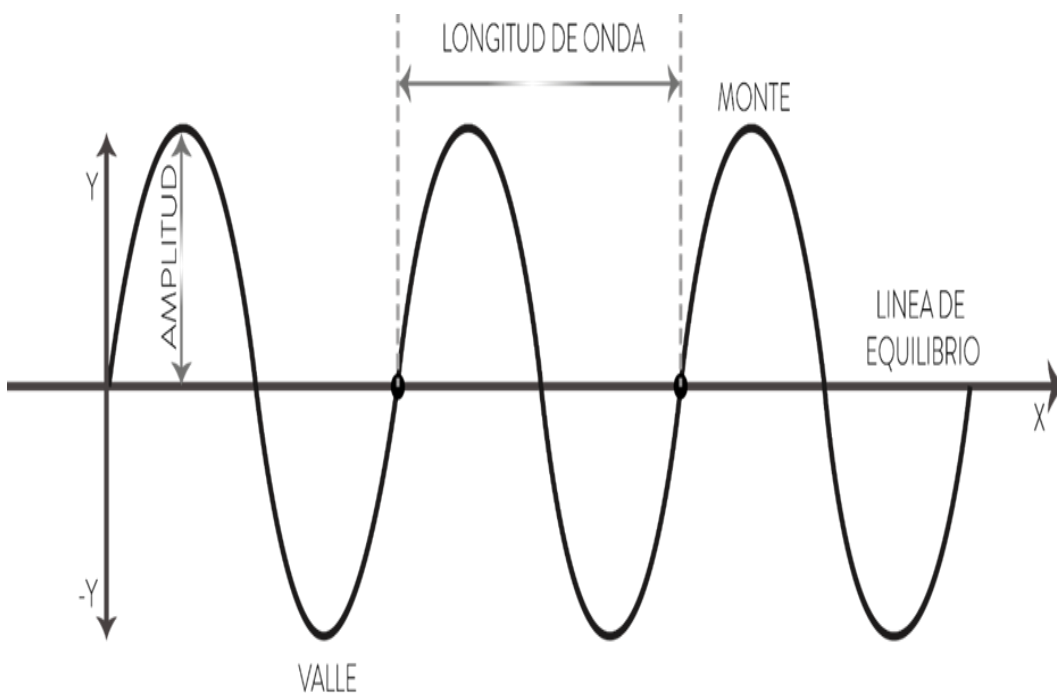
ΔT = Temperatura promedio

- b. Tipos de onda:** La generación de ondas son la perturbación que se genera en un medio material o en un medio vacío; clasificándose por su naturaleza en ondas mecánicas aquellas que se propagan por un medio material elástico para poder propagarse, siendo las ondas electromagnéticas las únicas que se propagan en el vacío (Bermúdez et al., 2017; García, 2010).

Onda Transversal: Caracterizada por formar montes y valles. Por ejemplo, las ondas que se generan en el agua oscilando en las direcciones Y y -Y con respecto al eje X, de la misma forma se generan ondas en una cuerda en la cual se ejerce alguna fuerza generando movimientos ondulatorios.

Figura 1.

Características de la propagación de las ondas transversales

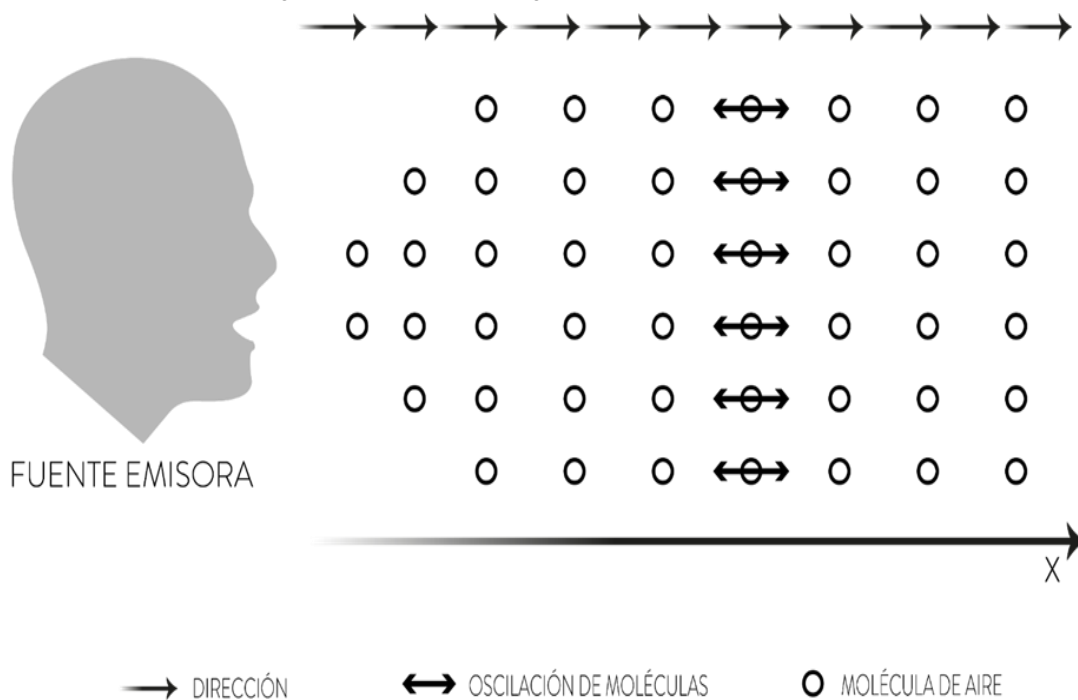


Nota. La elaboración de la figura se realizó en base a la conceptualización de diferentes autores que explican la propagación de las ondas transversales.

Onda Longitudinal: La onda es lineal debido a que la perturbación genera que las moléculas de aire oscilan con respecto a sus posiciones originales, esto se debe a que el medio es elástico, originando que la perturbación viaje por el eje X. El sonido no se puede generar en el vacío, puesto que está clasificado como onda mecánica longitudinal.

Figura 2.

Características de la propagación de las ondas longitudinales



Nota. La elaboración de la figura se realizó en base a la conceptualización de diferentes autores que explican la propagación de las ondas longitudinales.

c. Frecuencia (f): Es una magnitud escalar determinada en hercio (Hz), está relacionado al tono que genera un sonido, por consiguiente, si la frecuencia es menor el tono es grave, pero si la frecuencia es mayor el tono será más agudo.

El oído humano en óptimas condiciones puede detectar frecuencias de un intervalo audible de 20 Hz a 20000 Hz. Las frecuencias que están por debajo de los 20 Hz se denominan como infrasonidos y los superiores a 20000 Hz son los ultrasonidos (García, 2010).

3.2.2.3. Intensidad y decibel. García (2010), lo denomina también como el volumen que emite un sonido, el oído humano en promedio permite escuchar sonidos con una intensidad umbral o mínima de $10^{-12} W/m^2$, de igual manera la intensidad máxima o intensidad de dolor que el oído humano tiene como límite es $1 W/m^2$.

García (2010), explica que para el mejor entendimiento de la intensidad de sonido se debe cambiar de escala, es decir, que la intensidad mínima sea cero, para ello la escala a la cual se cambiará se denominará "N" teniendo como unidad los decibeles, veamos la siguiente relación:

$$N = 10 \log I/I_0$$

Donde:

$I_0 = 10^{-12} W/m^2$, intensidad umbral o mínima

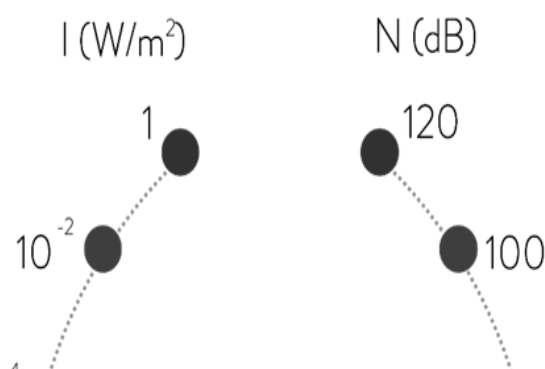
I = intensidad de sonido en W/m^2

Hallando la intensidad umbral a escala "N" se tiene:

$$N = 10 \log I/I_0 = 10 \log 10^{-12}/10^{-12} = 10 \log 1 = 0$$

Figura 3.

Cambio de escala de la intensidad sonora



Nota. La elaboración de la figura representa el cambio de escala para el mejor entendimiento y manejo de la intensidad sonora. Tomado de Fundamentos de física general y moderna de García, 2010.

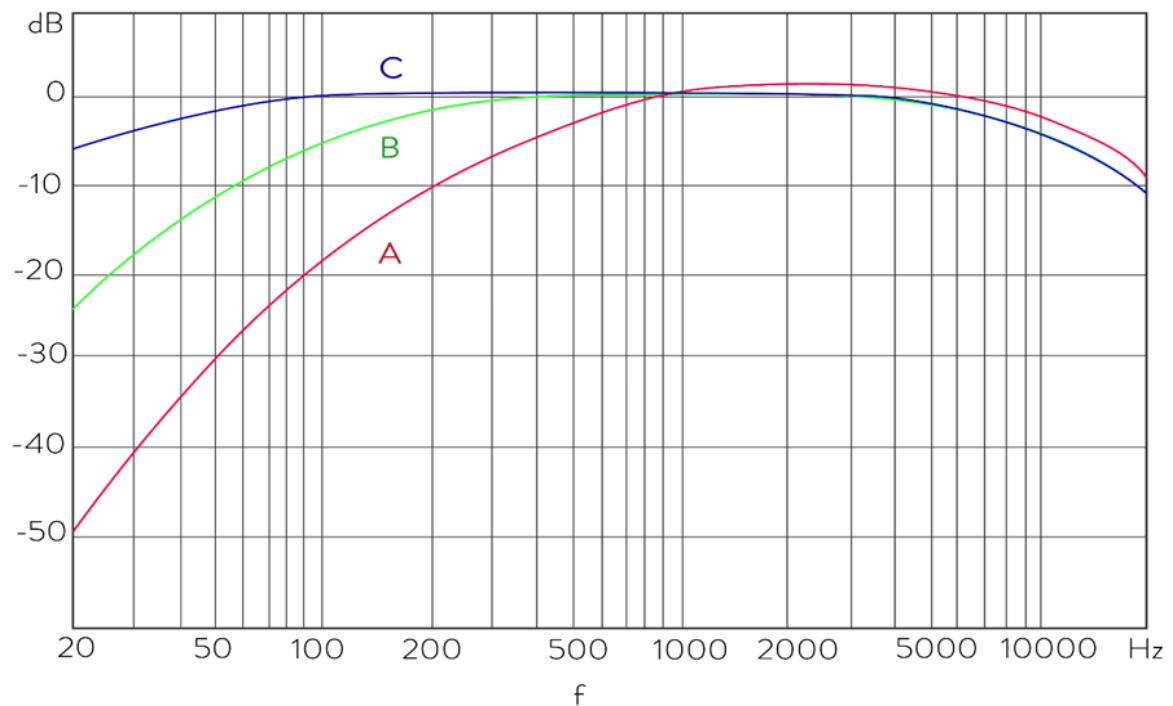
3.2.2.4. Curva de ponderación y frecuencia. El oído humano tiene una respuesta de sensibilidad a diferentes frecuencias es por ello que, a un mismo nivel de presión sonora, el ruido será molesto al tener frecuencias altas. Considerando la isofonoría del oído humano se definen filtros que permitan ponderar la señal recogida por el equipo sonométrico, es decir, que atenúa las frecuencias bajas permitiendo que el resultado de nivel sonoro reflejado sea representativo al dar la sensación de que el ruido efectuado en el ambiente sea realmente el recibido (Ripoll, 2010).

Así mismo Ripoll (2010) menciona que, estos filtros actúan de manera tal que, los niveles de presión de cada frecuencia son corregidos en base a las curvas de ponderación, entre los más conocidos se tiene:

- a. **Ponderación A:** Es el más utilizado para la evaluación de daños auditivos, además que en un inicio era utilizado para analizar sonidos a baja frecuencia, pero hoy en día es parte de la normativa para el control del ruido producido a diferentes niveles. El nivel de presión sonora ponderada A se expresa como dBA.
- b. **Ponderación B:** Filtro de ponderación que modela la respuesta del oído humano a intensidades medias, en la actualidad es muy poco empleado.
- c. **Ponderación C:** Creada para modelar la respuesta del oído a sonidos de gran intensidad. Actualmente es más utilizada para la evaluación de ruido de baja frecuencia audible.
- d. **Ponderación D:** Utilizado en el análisis del ruido originado por aviones.

Figura 4.

Curvas de ponderación y frecuencia del sonido



Nota. La figura representa los niveles de ponderación A, B y C del sonido, además se puede visualizar que el eje "X" en 1000 Hertz (Hz) las curvas coinciden con el eje "Y" en 0 decibeles (dB). Tomado de Control de ruido de Miraya, 1999.

3.2.2.5. Nivel de presión sonora continua equivalente. Es un parámetro que permite conocer las fluctuaciones de ruido durante periodos de tiempo determinado, además se considera que la respuesta del oído a los mecanismos de cambios de presión sonora no es lineal, por ende, se usa una escala no lineal, esta escala es la escala decibel (dB) (Jaramillo, 2012).

Se visualiza la ecuación en base a la escala de ponderación A, por lo tanto, $Leq(A)$ se expresa de la siguiente manera:

$$Leq(A) = 10 \log (Pa/Po)2 \text{ dB}$$

Donde:

Pa = presión sonora instantánea medida en escala A.

Po = presión de referencia 20 uPa.

3.2.2.6. Nivel de presión sonora continua equivalente corregido. Cuando se tienen medidas de niveles de sonido en intervalos de tiempo T_n , el nivel de evaluación es el nivel de presión sonora continua equivalente se obtiene de la siguiente manera (INACAL, 2020):

$$L_{Reqj, Tn} = 10 \lg (1/(Tn/To) \sum_i 10^{0,1LREij}) \text{ dB}$$

Considerando la escala de ponderación (A) la ecuación sería la siguiente:

$$Leq (A) = 10 \lg (1/(Tn/To) \sum_i 10^{0,1*LP(A)}) \text{ dB}$$

3.2.3. Ruido

El ruido es el sonido no deseado, que genera una sensación de molestia dependiendo a la frecuencia a la que se produce (Harris, 1957). Es decir, que las vibraciones mecánicas que se producen en un medio elástico son intensas generando perturbación y molestia audible.

Se caracteriza por las diferentes frecuencias de sonidos que lo componen y la amplitud que presenta, representado en un espectro de frecuencia que varía en el tiempo (Ripoll, 2010).

3.2.3.1. Fuentes de ruido. De lo expuesto se considera que existen diferentes variables que pueden considerarse como fuente de ruido, ya sea por alguna actividad industrial, comercial, de ocio, tráfico vehicular y aéreo, entre otros; diferenciar unos ruidos de otros dependen de su intensidad, el tiempo en el que se produce, la frecuencia, etc.

Es por ello que en la guía sobre los Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental del (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015) categoriza estas fuentes en:

- Fuentes fijas
- Fuentes móviles
- Fuentes de área
- Fuentes naturales

3.2.4. Ruido ambiental

Ruido ambiental refiere al sonido externo perjudicial no deseado generado por diferentes actividades antrópicas, tales como el ruido por las industrias, el tráfico vehicular, aéreo y ferroviario, además de otras actividades (Gobierno de España, 2003).

3.2.5. Barreras acústicas

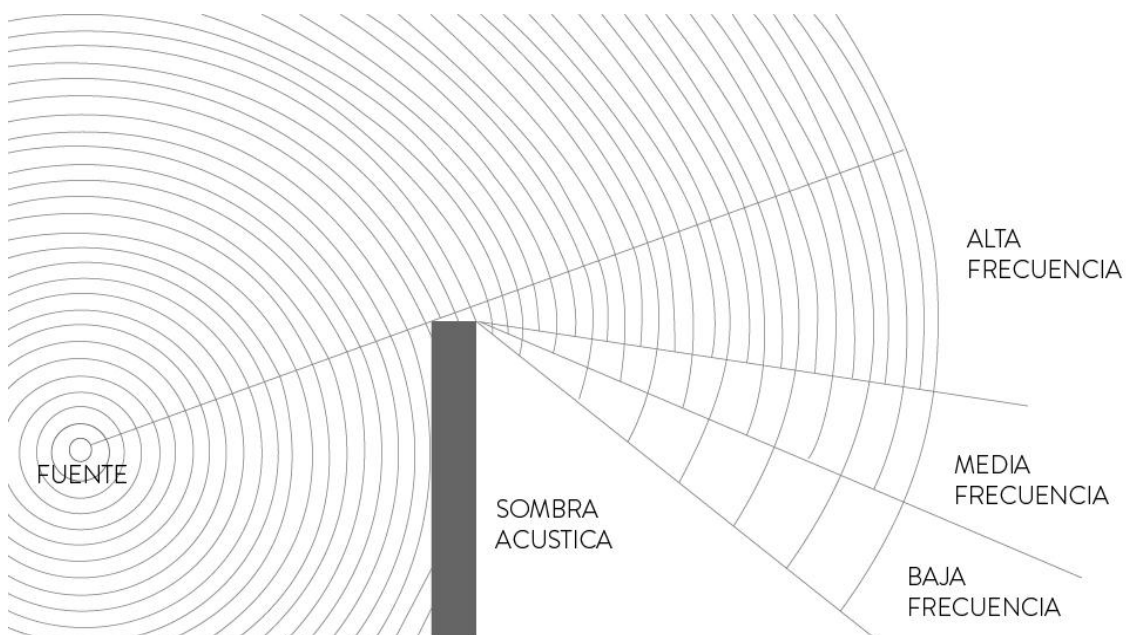
Estas barreras son diseñadas para la disminución de ruido que genere perturbación interfiriendo la propagación de la presión sonora, se acondicionan entre el receptor y la fuente emisora; la utilización de estas estructuras es aplicadas en áreas de mayor incidencia sonora. Los rangos que se atenúan van de 1 a 15 dB (Kotzen & English, 2009).

Las barreras acústicas actúan con respecto a la onda que la incide considerando el efecto de difracción, es decir absorbe gran parte de la energía que la incide, absorbiendo una fracción y el restante se difracta, creando una zona de sombra acústica (Flores, 1990).

La función atenuante de las barreras acústicas para una fuente determinada se rige fundamentalmente por cinco parámetros: La distancia entre el emisor – receptor, volumen de la barrera, espectro del sonido y su influencia, material de elaboración y características del área de instalación.

Figura 5.

Efecto de la barrera acústica en la emisión de ondas sonoras



Nota. La figura muestra la disminución de la frecuencia que se emite por una fuente, y esto es debido a la inserción de una barrera acústica, considerado del Manual de acústica, ruido y vibraciones, Flores, 1990.

3.2.5.1. Atenuación acústica con barreras. Hace referencia a la diferencia de los Niveles de Presión Sonora (NPS) en unidad de decibeles monitoreados antes y después de colocar un elemento que interseca al que emite el ruido y al que lo percibe, por ende, la atenuación es la variación que se da en la reducción al insertarse una barrera, como se ve en la siguiente ecuación (Hien et al., 2010).

$$AS = NPSDIRECTO - NPSDIFRACTADO$$

Donde:

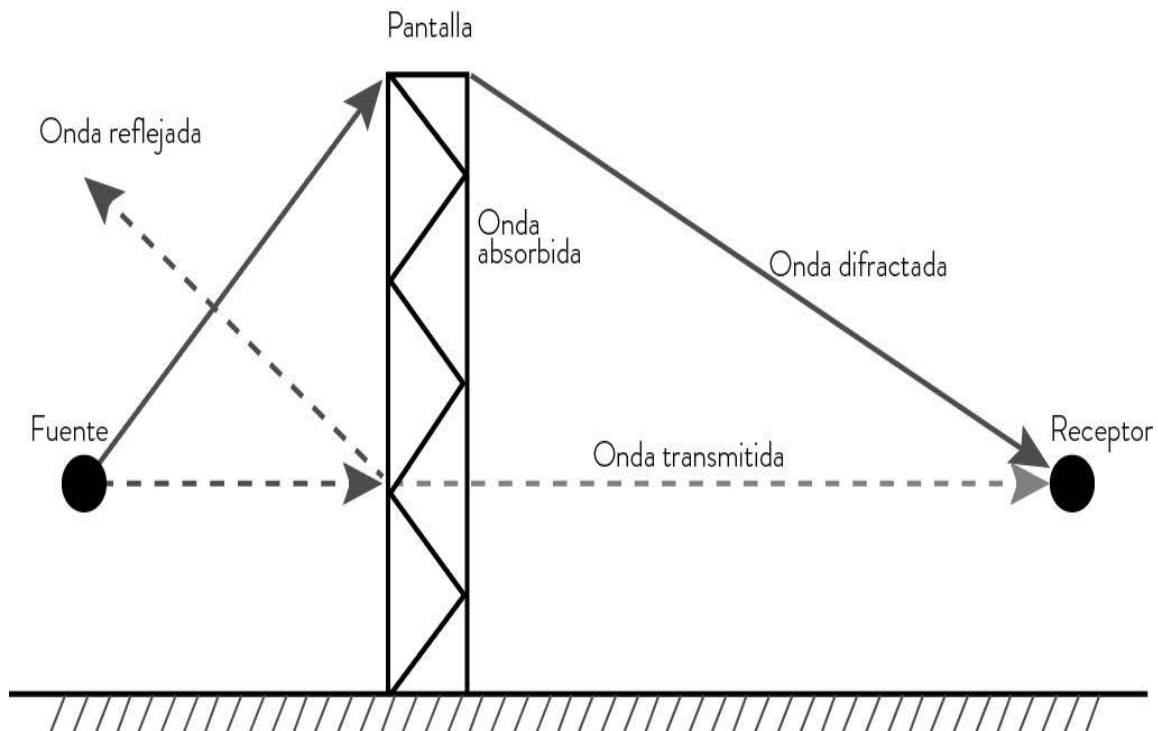
AS = Atenuación Sonora.

NPSDIRECTO = Nivel de presión sonora en el receptor antes de la instalación de la barrera.

NPSDIFRACTADO = Nivel de presión sonora después de la instalación de la barrera

Figura 6.

Difracción de ondas sonoras frente a una pantalla acústica



Nota. Esquema de actuación de pantallas acústicas descrito por la asociación española de normalización y certificación.

3.2.5.2. Tipos de barreras acústicas. La absorción del sonido se debe a la composición de un material poroso que absorbe el ruido, estas barreras pueden estar dentro de pantallas o están diseñadas para atenuar frecuencias por medio de resonadores o cavidades (Kotzen & English, 2009).

Se tiene las siguientes barreras acústicas:

- a. **Barreras acústicas de tierra:** Montículos de tierra utilizados en autopistas dando un aspecto natural, no requieren barreras de seguridad adicionales, es menos costosa de mantener y su vida útil es ilimitada (Kotzen & English, 2009)
- b. **Barreras acústicas de hormigón:** Pueden ser reflectantes, si se realiza a gran escala permite la intervención del diseño arquitectónico; y absorbentes, las cuales pueden ser de dos tipos, de hormigón con fibras de madera y de hormigón

granulado. Estas barreras permiten el buen aislamiento, es de gran durabilidad, pero obstaculiza la visión (Alegre & Domínguez, 2012).

- c. **Barreras acústicas con módulos metálicos:** Compuesto por paneles modulares metálicos con pequeños orificios y con un material que absorbe el ruido en su interior en su mayoría lana mineral, cumpliendo la función de aislamiento y absorción acústica (Alegre & Domínguez, 2012).
- d. **Barreras acústicas de madera:** Pueden ser reflectantes o absorbentes, dependiendo del material por el cual este compuesto, en caso de ser reflectantes puede estar compuesto por madera y planchas de lana de mineral, y los de mejor absorción acústica son aquellos que tienen un cierto relieve (Alegre & Domínguez, 2012).
- e. **Barreras acústicas transparentes:** Se caracterizan por poseer característica reflectante de sonido, la elaboración de estas pantallas es de policarbonato, poli metacrilato o vidrio, además presenta gran permeabilidad visual, es de vida útil media (Alegre & Domínguez, 2012).
- f. **Barreras tipo jardinería:** Presentan en su mayoría un bajo grado de absorción acústica, pueden ser fabricados con materiales como hormigón, cerámica o madera tratada, las cuales tiene un espacio donde se puede colocar la tierra y diferentes especies vegetales (Alegre & Domínguez, 2012).
- g. **Barreras ecodiseño:** Caracterizado por considerar aspectos ambientales en la etapa de producción, la elaboración de estas barreras busca reducir los costes de fabricación y considerar criterios ecológicos que minimicen el impacto al medio ambiente (Sanz, 2003).

3.2.5.3. Elaboración de barreras acústicas a base de residuos orgánicos.

El aumento poblacional y la utilización de productos que luego son desechados ha

impulsado a investigar sobre los diferentes usos que se le podría dar a dichos residuos, de esta manera se busca la revalorización de estos nuevos productos. Tal es el caso de la elaboración de barreras acústicas con residuos que podrían ser aprovechados para tal fin, como se muestra en la figura:

Figura 7.

Barrera acústica a base de residuos orgánicos



Nota. Elaboración realizada de módulos a base de residuos de papel, bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y aserrín, en un molde de 20 cm x 30 cm y secado a temperatura ambiente.

Los residuos que se utilizan para la elaboración de las barreras acústicas en la presente investigación son:

a. Bagazo de caña (*Saccharum officinarum*)

El bagazo es el remanente que queda de la caña de azúcar, una vez extraído el jugo que contiene queda toda la fuente de fibra que puede ser utilizado para la elaboración de papel (Aguilar, 2010). Además, Del Toro (2012) menciona que la pared celular de las plantas contiene la lignocelulósica la cual es una combinación compleja de polímeros de carbohidratos entre las cuales está la lignina, celulosa y hemicelulosa, así como también pequeñas cantidades de cenizas y extractables, siendo una importante fuente para la obtención de carbón vegetal, sustancias orgánicas, biocombustible.

Tabla 2.*Características del bagazo de caña (Saccharum officinarum)*

Características	Valor
Humedad (%)	4
Tamaño de partícula (mm)	0,5 – 1,0
Densidad (g/cc)	0,12
Volátil (%)	68 – 70
Cenizas (%)	1,26
Carbón fijo (%)	28,7 – 30,7
C (%)	48,58
H (%)	5,97
O (%)	38,94
N (%)	0,20

Nota. Esta tabla muestra los porcentajes y características del bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) el cual se determinará para saber si se puede reproducir combustible líquido a partir de dicha materia. Tomado de *Production of bio-oil from fixed bed pyrolysis of bagasse*, Asadullah et al., 2007.

b. Aserrín

El aserrín es desecho en forma de partícula o polvillo que se genera por el procesamiento de la madera, el restante de fragmentos de madera en forma curvada o laminar se le denomina viruta (Serret et al., 2016).

Tabla 3.*Características del aserrín*

Característica	Valor	Característica	Valor
Contenido de humedad (%)	15,5	Análisis de tamaños	
		Tamaño (mm)	(% peso)

Densidad aparente (kg/m ³)	167	>4,0	2,29
Valor calórico bajo (MJ/kg)	17,86	4,0 – 3,35	2,32
Análisis elemental (% peso total, lhca)		3,35 – 1,98	6,60
C	50,65	1,98 – 1,60	9,62
H	6,03	1,60 – 1,25	17,87
N	0,14	1,25 – 0,84	23,13
O (por diferencia)	43,18	<0,84	18,24

Nota. Esta tabla muestra la caracterización de aserrín de acuerdo al tamaño y el porcentaje de peso, considerado de Caracterización de aserrín de diferentes maderas, Serret et al., 2016.

c. Papel

El papel está elaborado a base de fibras de celulosa los cuales poseen carbono, la celulosa es resistente a la tensión además de presentar resistencia en el agua, tiene como propiedad física la resistencia a la flexión y tensión, el tamaño de las fibras genera rigidez en el papel, es decir, a mayor pulpa mayor resistencia (Marum, 1989).

Tabla 4.

Materias primas usadas para elaboración de papel

Material	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
	%	%	%
Maderas blandas	38-46	23-31	22-34
Maderas duras	38-49	20-40	16-30
Paja	28-42	23-38	12-21
Bambú	26-43	25-26	20-32
Algodón	80-85	n.p	n.p
Hoja tusa del maíz	18-40	34-31	14-19

*n.p. No presenta**

Nota. Esta tabla muestra los contenidos de celulosa, se observa que la madera blanda y dura presentan contenidos más altos, pero también se muestra que también hay contenidos altos en otros materiales.

3.2.6. Normativa nacional e internacional

3.2.6.1. Internacional

ISO/FDIS 10847 (1997): Determinación in situ de la pérdida de inserción de barreras acústicas de todo tipo, detalla el procedimiento para realizar la medición de la pérdida de inserción de una barrera en un sitio dado y con condiciones meteorológicas dadas, no permite la comparación de valores que se den en un sitio diferente.

Determina tres tipos de fuentes acústicas utilizadas para determinar los cambios que generan la inserción de una barrera, estos son:

- a. Fuente natural:** No existe alguna alteración con respecto al flujo del tráfico.
- b. Fuente natural controlada:** para crear una fuente típica se realiza una selección del flujo y el tipo de vehículos.
- c. Fuente artificial:** Se realiza una simulación de la fuente natural con el manejo de parámetros correspondientes.

Para calcular la pérdida de inserción la presente norma dispuso dos metodologías:

- a. Método directo:** Se realiza mediante la diferencia de los niveles receptados antes y después de la instalación de las barreras.
- b. Método indirecto:** Medición de un lugar que se cataloga como equivalente para estimar los niveles de presión sonora antes de la instalación de las barreras.

3.2.6.2. Nacional

(Ley N° 28611, 2005), Ley General del Ambiente en el artículo 115° señala que, las autoridades sectoriales son responsables de normar y controlar los ruidos de actividades que se encuentren bajo su jurisdicción, de igual forma los gobiernos locales son responsables de normar y controlar los ruidos por actividades domésticas,

comerciales y fuentes móviles, estableciendo normativas en base a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para ruido.

(Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003), Reglamento de Estándar de Calidad Ambiental para Ruido, son instrumentos de gestión ambiental que tienen como base la prevención y planificación del control de las emisiones sonoras, establece lineamientos y determina los niveles máximos de ruido ambiental que no deben exceder, para que no se origine un perjuicio a la salud, para ello se determina 4 zonas de aplicación:

- a. Zonas de protección especial
- b. Zona residencial
- c. Zona comercial
- d. Zona industrial

Para cada zona de aplicación se tiene determinado el nivel de ruido equivalente (L_{AeqT}) determinado en horario diurno y nocturno, como se muestra a continuación:

Tabla 5.

Estándares de Calidad Ambiental para ruido (ECA- Ruido)

ZONAS DE APLICACIÓN	HORARIO	HORARIO
	DIURNO	NOCTURNO
	07:01 a.m. - 22:00 p.m.	22:01 p.m. - 07:00 a.m.
Zona de protección especial	50	40
Zona residencial	60	50
Zona comercial	70	60
Zona industrial	80	70

Nota. Decreto Supremo N° 085-2003-PCM - Reglamento de Estándar de Calidad Ambiental para Ruido, que determina las zonas de aplicación y la intensidad sonora máxima en sus diferentes horarios.

Instituto Nacional de la Calidad (2020), NTP - ISO 1996-1:2020, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: índices básicos y procedimientos de evaluación.

Instituto Nacional de la Calidad (2021), NTP - ISO 1996-2:2021, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: determinación de los niveles de presión sonora.

Ordenanza Municipal N°023-2012-A-MPA. (2012). Ordenanza que regula la Emisión de Ruidos Molestos y Previene la Contaminación Sonora en la ciudad.

3.3. Definición de términos

Acústica: Energía mecánica en forma de sonido, ruido, trepidación, infrasonidos y ultrasonidos (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003).

Barreras acústicas: Estructura diseñada para reducir la contaminación sonora de la fuente emisora con el receptor, aminorando la propagación de la incidencia del sonido al receptor (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003).

Calibrador acústico: Instrumento que permite verificar los equipos sonométricos, permitiendo que el equipo sea apto para las labores de medición (R.M N° 227-2013 - MINAM, 2013).

Decibel A (dBA): Unidad adimensional que permite describir la intensidad sonora con el filtro de ponderación A, permitiendo el registro con respecto a la audición humana (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003).

Emisión de ruido: Nivel de presión sonora que genera perturbación en un determinado lugar, generando ruido por parte de una o varias fuentes emisoras (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003).

Estándares de Calidad Ambiental para Ruido: Limite cuantitativo de los niveles máximos de ruido ambiental los cuales no deben excederse, estos niveles corresponden a valores de presión sonora continua equivalente en ponderación A (R.M N° 227-2013 - MINAM, 2013).

Fuentes fijas: Fuentes que no están en movimiento alguno de forma autónoma. Ejemplo: Industrias, refinerías, entre otros (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015).

Fuentes móviles: Fuente que tiene la característica de desplazarse en forma autónoma. Ejemplo: autos, aviones, ferrocarriles, entre otros (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015).

Instituto Nacional de Calidad (INACAL): Institución que gestiona la calidad a nivel nacional siendo referente en normalización técnica, acreditación y metrología (Gobierno del Perú, n.d.).

Intervalo de tiempo de medición: Es el tiempo de medición en la cual mediante el sonómetro se registra el nivel de presión sonora en un determinado periodo (R.M N° 227-2013 - MINAM, 2013).

Módulo: Conjunto unitario o piezas que se repiten en una construcción de cualquier tipo, siendo la parte de un todo (Real Academia Española, n.d.).

Producto sustentable: Artículo que genera impactos positivos, sociales, económicos y ambientales, puesto que se le agrega un valor que contribuye al desarrollo sostenible de los países que se encuentran en vías de desarrollo, además, existen oportunidades económicas en su producción, ya que la generación mínima de impactos ambientales, promueve una disminución en los insumos que se utilicen para la elaboración de un producto convencional (Borregaard & Dufey, 2005).

Residuos Sólidos: Elemento que resulta del consumo de un bien o servicio del cual uno se desprende, estos residuos pueden ser sólidos o semisólidos, y se prioriza su valorización (Decreto Legislativo N°1278, 2016)

Residuos Orgánicos: Son restos biodegradables estos pueden ser restos botánicos, así como restos de verduras, frutas, cáscaras; representan el 56% de residuos generados en el Perú (Gobierno del Perú, 2023).

Sonómetro: Equipo que permite medir la presión sonora para evaluar y controlar la exposición de un lugar. Existen 4 tipos de sonómetro (tipo 0,1,2,3) los cuales varían por el rango de frecuencia. El sonómetro que permite la toma de datos correctas con respecto a la simulación del oído humano es del tipo 1 (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015).

Valorización de residuos: Los residuos que se generan en las actividades toman un valor económico agregado cuando se le da utilidad en actividades tales como el reciclaje, producción de compost, fertilizantes, entre otros que eviten su disposición final (Decreto Legislativo N°1278, 2016).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación es del tipo aplicada porque busca la generación de conocimientos en base a la aplicación directa de un elemento elaborado para la posible solución de un problema, el enlace entre la teoría y los resultados de la investigación aplicada permite generar nuevos conocimientos (Lozada, 2014).

El nivel de investigación es explicativo dado que proporciona un sentido de entendimiento del fenómeno al cual se hace referencia, se desarrollan con el objetivo de examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas explicando las causas de los acontecimientos que se estudian (Hernández et al., 2014).

El diseño de la investigación es del tipo experimental puesto que, se estudia la relación de dos variables, basándose en la manipulación de una de ellas, para medir su efecto en la otra (Hernández et al., 2014).

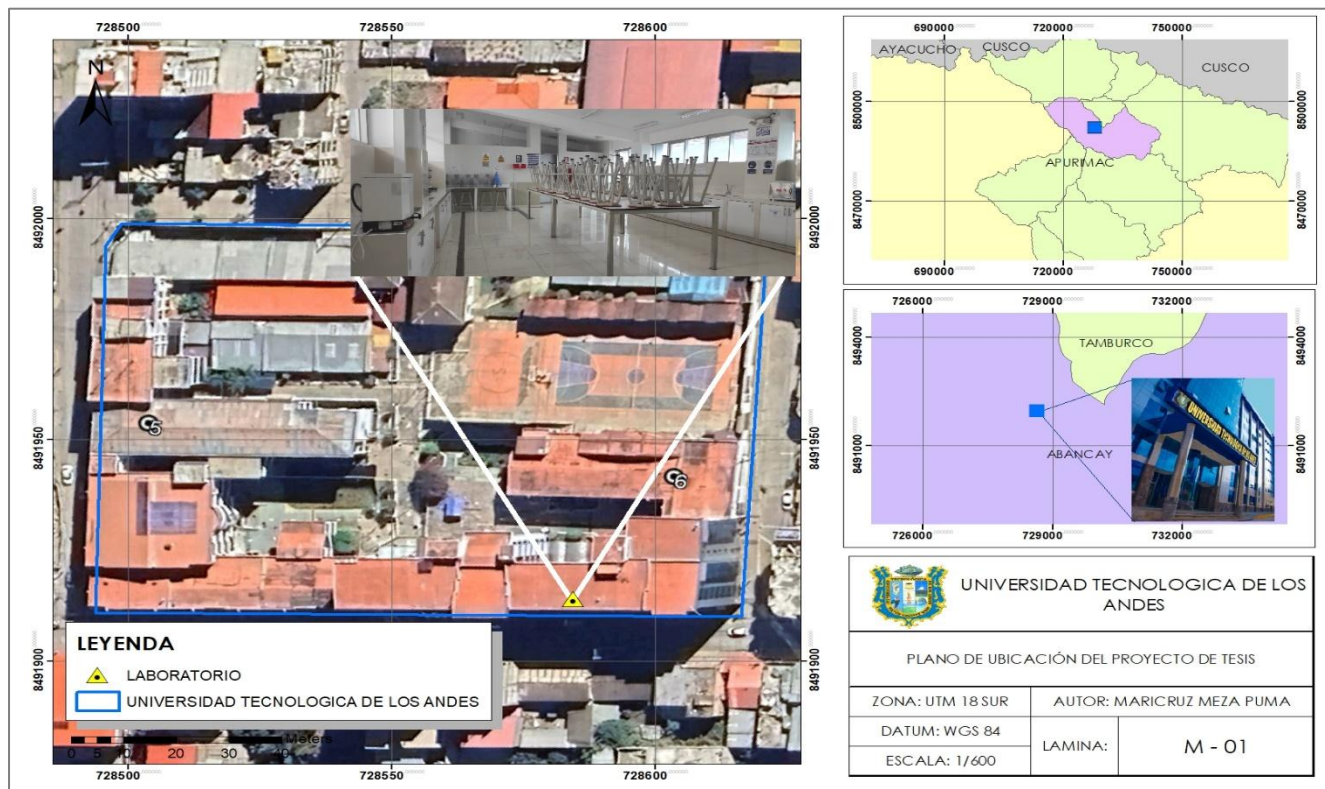
4.2. Ámbito temporal y espacial

El ámbito temporal es el periodo en el que se realiza el presente desarrollo de la tesis consta de 4 etapas: generalidades, experimentación, procesamiento e inferencia; siendo el 14 de noviembre del 2023 fecha en la que se aprueba el proyecto de investigación y se da un plazo no máximo de 1 año para la ejecución y presentación de la tesis.

El ámbito espacial de la presente investigación se realiza en el departamento de Apurímac de la provincia de Abancay del distrito de Abancay, en el laboratorio de biología y microbiología (SL01LA02) de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de la Universidad Tecnológica de los Andes.

Figura 8.

Mapa de ubicación del proyecto



Nota. Elaboración propia

4.3. Población y muestra

Población

Hernández (2014) menciona que, la población es el conjunto de todos los casos que comparten características similares o una serie de especificaciones, estas podrían ser personas, animales, registros, historias clínicas, etc.

La población de la presente tesis está conformada por el nivel de presión sonora que va desde los 0 dB y 120 dB.

Muestra

La muestra es la parte representativa de la población en estudio, es este caso, la parte representativa del rango auditivo del oído humano siendo la unidad de muestreo el decibel.

El muestreo de la presente tesis es del tipo no probabilístico, es decir a criterio del investigador, es por ello que se considera la simulación del ruido de una máquina de carpintería de ruido constante denominada Garlopa, la cual emite ruido de entre los 80 ± 5 dB.

4.4. Instrumentos

Utiliza como técnica la observación, según Hernández (2014) menciona que esta técnica permite analizar un fenómeno o caso; obteniéndose datos que serán recopilados mediante los siguientes instrumentos:

- a. Fichas técnicas:** Se empleará el uso de dos fichas técnicas en base a los indicadores que se presenten en la matriz de consistencia (composición, proporción, grosor, densidad y humedad) y una ficha técnica en el que se registrará los datos que serán obtenidos en el laboratorio, antes y después de implementar las barreras acústicas.
- b. Equipos:** Sonómetro, trípode, equipo de sonido, laptop y estufa a convección natural.
- c. Referencias bibliográficas:** Se realiza la recopilación de información la cual permite enriquecer y adquirir conocimientos sobre las variables en estudio, estas pueden ser fuentes primarias y/o secundarias.

La validación de los instrumentos de recolección de datos fue sometido a la evaluación de juicio de expertos por tres profesionales con criterios relacionados con el tema, considerándose la calificación numérica vigesimal.

Tabla 6.*Validez de instrumentos por juicio de expertos*

Profesionales expertos	Valoración cuantitativa	
	Ficha 1. Características de las barreras acústicas	Ficha 2. Registro de la atenuación de ruido
Ing. Alvarado Ramos Jessica	19	17
Ing. Núñez Baca Víctor	17	17
Ing. Ustua Villegas Richard	19	19,5
Promedio de validación	18,3	17,8

Nota. Elaboración propia.

Respecto a la confiabilidad, Hernández et al. (2014), hace referencia a que los resultados que se obtienen con los instrumentos de medición deben tener precisión, por ende, los equipos deben estar calibrados y el análisis debe ser por un laboratorio acreditado, es por ello que el certificado de calibración del sonómetro se encuentra en los anexos, así como el certificado del laboratorio donde se realizó los análisis de los parámetros de densidad y humedad de las barreras.

4.5. Procedimientos

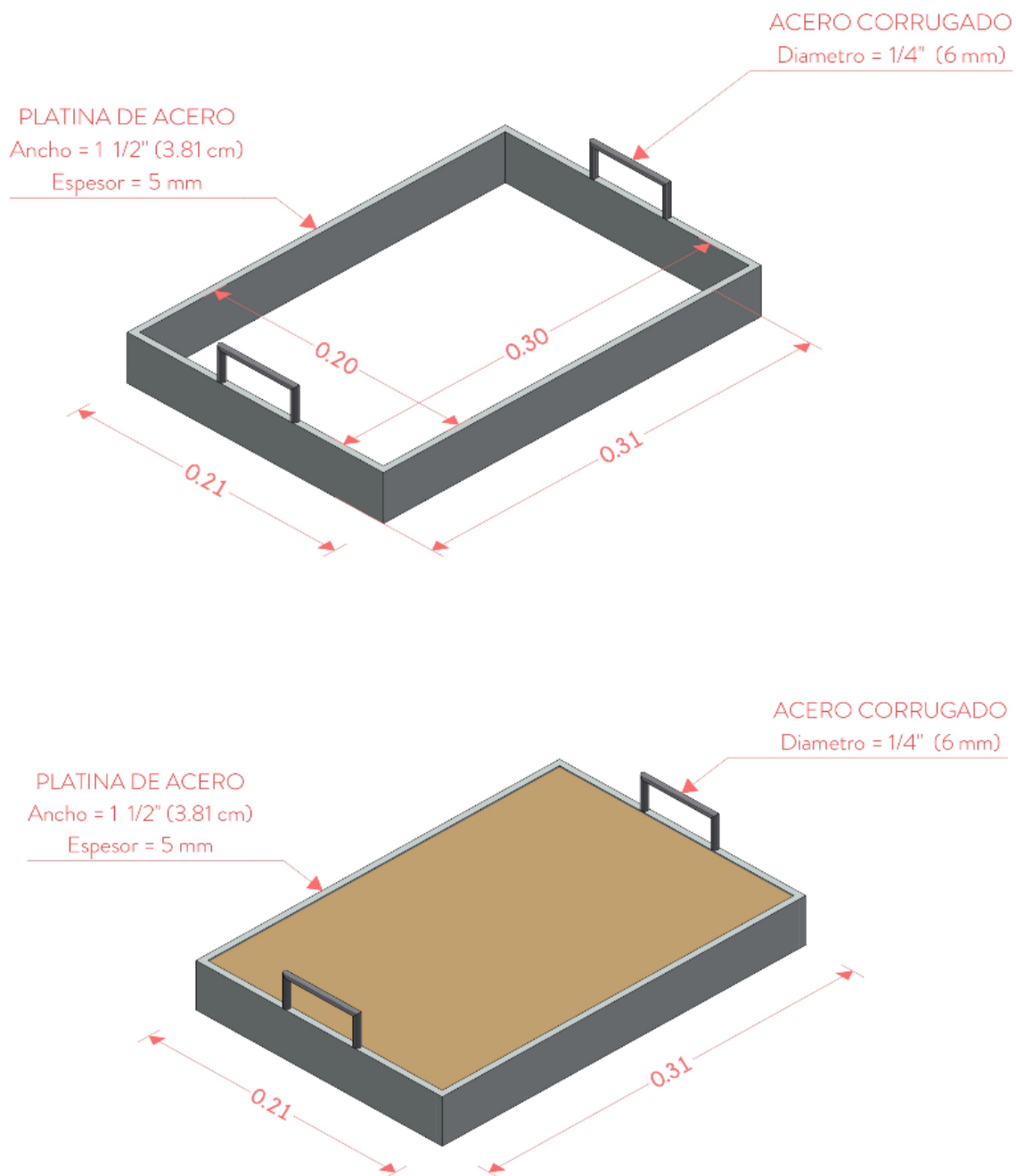
4.5.1. Elaboración de barreras de papel y bagazo

La elaboración de las barreras fueron determinadas teniendo en cuenta la elaboración de tableros de Fibras de Densidad Media (MDF), la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera (2015) brinda información de los espesores al momento de la elaboración, estos van desde 2.5 mm a 50 mm, considerando ello se elaboran las barreras acústicas con un promedio intermedio de 38.1 mm puesto que el molde de platina de acero más comercial es de 1 ½" como se observa en la siguiente figura. Las porciones a considerarse son 60% y 40% de aserrín y papel respetivamente, de igual forma para el aserrín y bagazo de caña

(*Saccharum officinarum*); los porcentajes se consideran en base a investigaciones mencionadas en los antecedentes, además de realizarse las pruebas para determinar la mejor consistencia.

Figura 9.

Dimensiones del molde para la elaboración de la barrera acústica

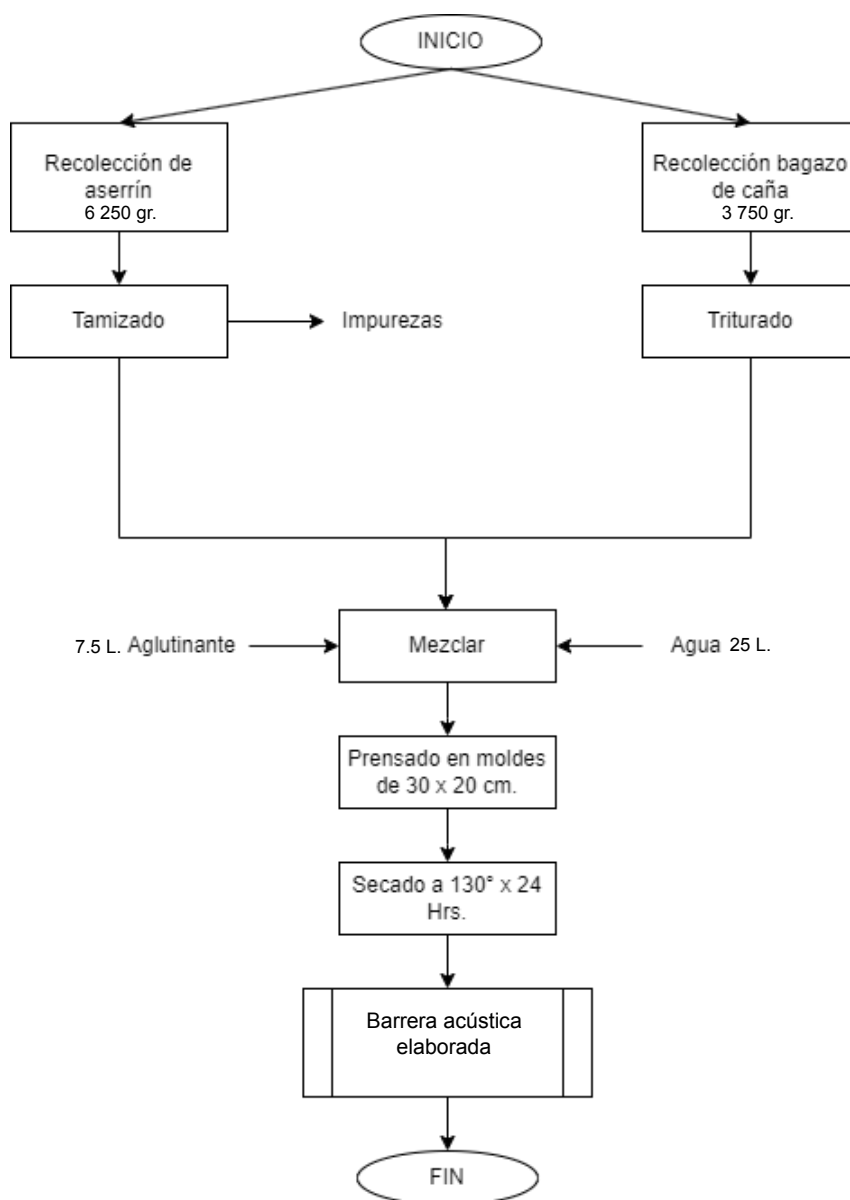


Nota. Elaboración propia.

Siendo una investigación de diseño experimental de observación directa con desarrollo en el laboratorio se presentan las figuras 10 y 11 representaciones de flujograma en el cual se detalla la elaboración de las barreras de aserrín-bagazo y de aserrín-papel.

Figura 10.

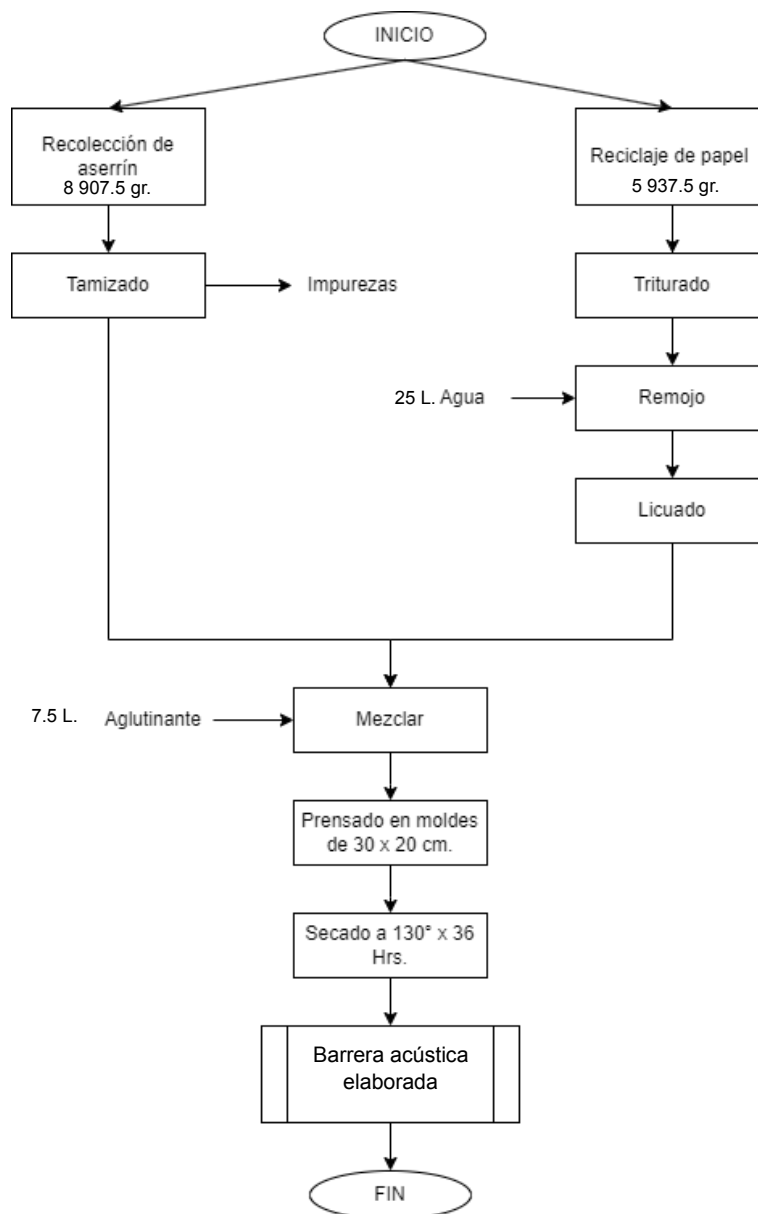
Procedimiento para la elaboración de la barrera de aserrín-bagazo de caña aserrín-papel.



Nota. Elaboración propia del diagrama de flujo muestra el procedimiento simplificado que se realiza para la elaboración de las 25 unidades de la barrera acústica de aserrín-bagazo de caña.

Figura 11.

Procedimiento para la elaboración de la barrera de aserrín-papel reciclado



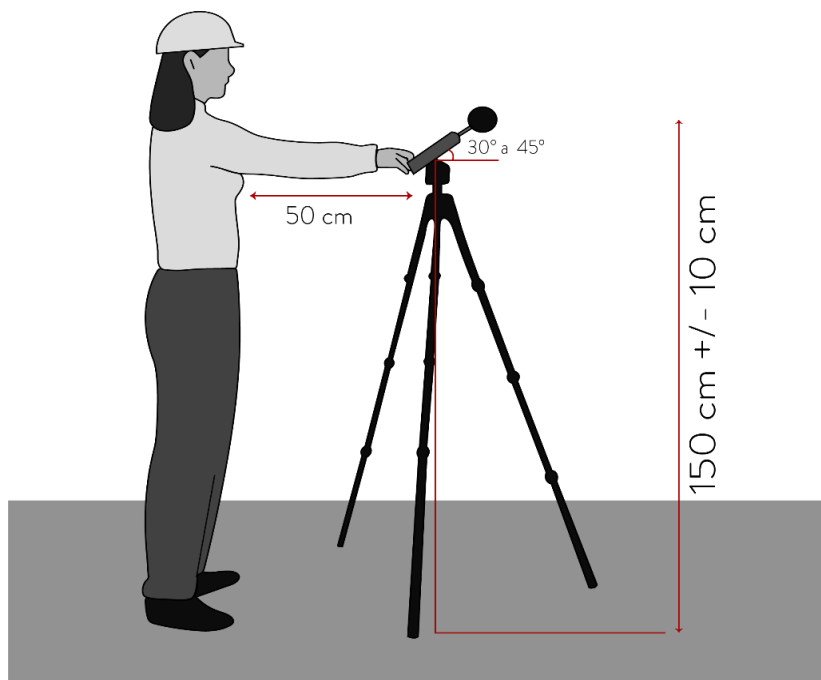
Nota. Elaboración propia del diagrama de flujo muestra el procedimiento simplificado que se realiza para la elaboración de las 25 unidades de la barrera acústica de aserrín-papel reciclado.

4.5.2. Recopilación de datos antes y después de implementar las barreras

El procedimiento de recopilación de datos se realizó en el laboratorio SL01LA02 de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales; bajo condiciones controladas, es decir, la fuente emisora fue simulada mediante un equipo de sonido

Figura 12.

Instalación y uso del sonómetro



emitiendo el ruido de una garlopa de carpintería la cual fue grabada y monitoreada con un sonómetro para determinar los decibeles a los que se exponen, del mismo modo las condiciones climáticas fueron favorables, además el sonómetro fue instalado en el laboratorio evitando la menor incidencia de algún ruido externo (ver anexo N° 5, 7).

Nota. La figura muestra las dimensiones para la instalación del sonómetro considerándose la NTP ISO 1996 – 1: 2020 y NTP ISO 1996 – 2: 2021.

4.6. Análisis de datos

Se realizó 10 repeticiones en un tiempo de 10 minutos los cuales mediante el análisis descriptivo de los datos obtenidos se obtuvo la descripción de las tendencias

las cuales se podrán visualizar en las tablas, además se realizó las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk; al presentar una distribución normal cuantitativa se realiza las pruebas estadísticas paramétricas de T – student, de esta manera se determina la significancia y posteriormente si se acepta o no la hipótesis alterna, para el procesamiento de datos se utilizó hojas de cálculo Microsoft Excel y software *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* versión 27.

4.7. Consideraciones éticas

La información recopilada ha sido minuciosamente redactada de fuentes confiables, las cuales son verificadas en el desarrollo de la investigación; así mismo mediante turnitin se evaluó la originalidad de la tesis y no se realizó la intervención en algún medio natural el cual genere algún perjuicio, ni se afecta la salud de algún ser vivo

En el aspecto ambiental se recicló y reutilizó los residuos siendo una investigación que contribuye al principio de la ética ambiental sobre la responsabilidad de consumo, valoración y cuidado del planeta.

Se respeto la normativa de bioseguridad de la universidad, al momento de realizar la elaboración de las barreras y al manipular los materiales y equipos en el laboratorio.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

Se consideró el análisis de la barrera a base de aserrín - bagazo de caña y el realizado con aserrín - papel reciclado y la atenuación del ruido; además, se realizó el análisis climatológico en base a los datos de la estación meteorológica Granja San Antonio.

Análisis de la variable independiente: barreras acústicas de aserrín - bagazo de caña y de aserrín - papel reciclado

En los resultados se consideró los siguientes parámetros en base a los indicadores de las variables de investigación.

Tabla 7.

Resultado de los indicadores de las barreras acústicas

Parámetros		Barrera 1	Barrera 2
		Aserrín – bagazo de caña	Aserrín – papel reciclado
Composición	gr	Bagazo de caña (150) aserrín (225)	Papel reciclado (237.5) aserrín (356.3)
Proporción	%	Bagazo de caña (40) aserrín (60)	Papel reciclado (40) aserrín (60)
Grosor	cm	3.81	3.81
Densidad	gr/cm ³	0.19	0.26
Humedad	%	4.58	7.39

Nota. Elaboración propia.

La tabla 7 indica los resultados obtenidos, las proporciones de bagazo y papel los cuales son del 40 % ambas y el aserrín de 60 %, a pesar de presentar una misma proporción en %, se observa diferencias en composición siendo el bagazo de caña de 150 gr. y el de papel 237.5 gr., el de aserrín es 225 gr. y 356.3 gr. respectivamente, esto es debido a la densidad de la barrera de aserrín-bagazo que es de 0.19 gr/cm^3 y la de aserrín-papel es de 0.26 gr/cm^3 , por ende la barrera de aserrín-bagazo ocupa mayor volumen en el molde pero es menos el peso a comparación de la barrera aserrín-papel cumpliéndose la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, la humedad contenida en la muestra de aserrín-bagazo es de 4.58 % y el de aserrín-papel de 7.39 %, siendo el de papel el que tiene un mayor porcentaje de humedad.

Análisis meteorológico

El análisis meteorológico de la investigación considera los datos obtenidos de la estación meteorológica Granja San Antonio.

Datos de ubicación de la estación

Departamento : Apurímac
 Provincia : Abancay
 Distrito : Tamburco
 Altitud : 2780 msnm
 Fecha : 28/09/2024
 Tipo : Automática – Meteorológica

Tabla 8.

Datos meteorológicos del día de la toma de datos

Hora	Temperatura (C°)	Precipitación (mm/hora)	Humedad (%)	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)
00:00	13.6	0.0	83	168	1.3
01:00	13.1	0.0	87	215	0.3

02:00	12.8	0.0	90	178	2.0
03:00	12.5	0.0	91	165	2.4
04:00	12.2	0.0	32	185	2.2
05:00	12.2	0.0	91	0	0.1
06:00	11.9	0.0	92	301	0.5
07:00	12.9	0.0	88	200	0.3
08:00	13.2	0.0	86	160	2.3
09:00	14.4	0.0	77	186	2.8
10:00	15.9	0.0	69	195	1.8
11:00	17.1	0.0	62	202	2.2
12:00	18.8	0.0	51	278	1.9
13:00	19.4	0.0	51	202	3.4
14:00	18.9	0.0	50	223	2.9
15:00	19.9	0.0	49	195	3.0
16:00	17.5	0.0	53	181	2.4
17:00	15.1	0.0	61	231	2.4
18:00	12.4	0.2	84	354	4.2
19:00	12.6	0.0	84	0	2.5
20:00	11.7	0.0	83	357	3.6
21:00	11.0	0.0	82	12	3.8
22:00	10.6	0.0	79	351	4.3
23:00	10.4	0.0	80	344	4.9

Nota. Datos obtenidos de SENAMHI.

La tabla 8 presentó valores de temperatura no menores a 10.4°C ni mayores a 19.9°C, temperaturas que no afectan en la recopilación de datos con el sonómetro, no se presentó una precipitación mayor a 0.2 mm/hora siendo favorable; la humedad mínima fue de 49%, asimismo se observa la dirección del viento y la velocidad mínima del viento fue de 0.1 m/s y como máximo 4.9 m/s.

Resultados de la recopilación de datos con el sonómetro antes y después de implementar las barreras

Se realiza la recopilación de datos en un total de 10 repeticiones con una duración de 10 minutos, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 9.

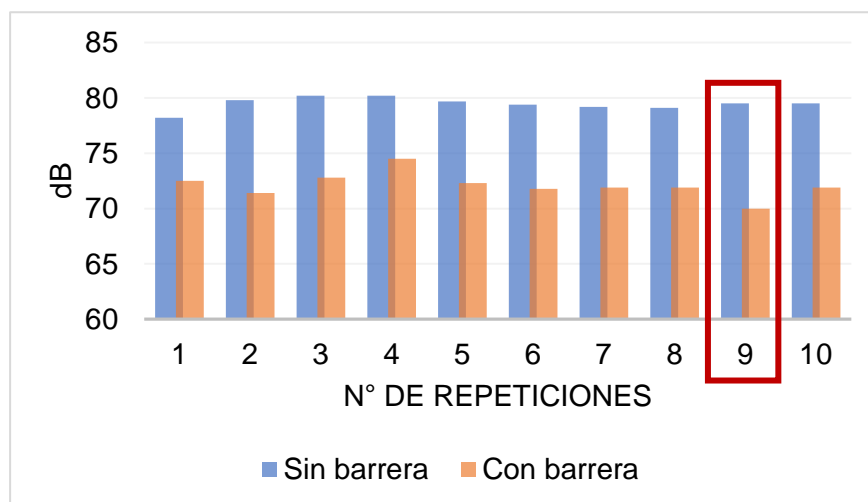
Datos obtenidos con el sonómetro (dB) del ruido antes y después de la barrera aserrín - bagazo

Aserrín – bagazo de caña				
N° de repeticiones	Ruido sin barrera (dB)	Ruido con barrera (dB)	Diferencias (dB)	Eficacia (%)
1	78.2	72.5	5.7	7.3%
2	79.8	71.4	8.4	10.5%
3	80.2	72.8	7.4	9.2%
4	80.2	74.5	5.7	7.1%
5	79.7	72.3	7.4	9.3%
6	79.4	71.8	7.6	9.6%
7	79.2	71.9	7.3	9.2%
8	79.1	71.9	7.2	9.1%
9	79.5	70	9.5	12%
10	79.5	71.9	7.6	9.6%
Promedio			7.38	8.4%

Nota. Elaboración propia.

Figura 83.

Diagrama de barras con las diferencias de ruido antes y después de la implementación de la barrera aserrín - bagazo



Nota. Elaboración propia.

La tabla 9 muestra las repeticiones de manera cuantitativa, en ella se puede diferenciar la disminución de los dB una vez implementado la barrera acústica de aserrín–bagazo, además se observa un promedio de eficacia del 8.4%, de igual forma se visualiza de manera cualitativa en la figura 13 el diagrama de barras siendo la repetición N° 9 el que presenta mayor atenuación con una diferencia de 9.5 dB.

Tabla 10.

Datos obtenidos con el sonómetro (dB) del ruido antes y después de la barrera aserrín - papel

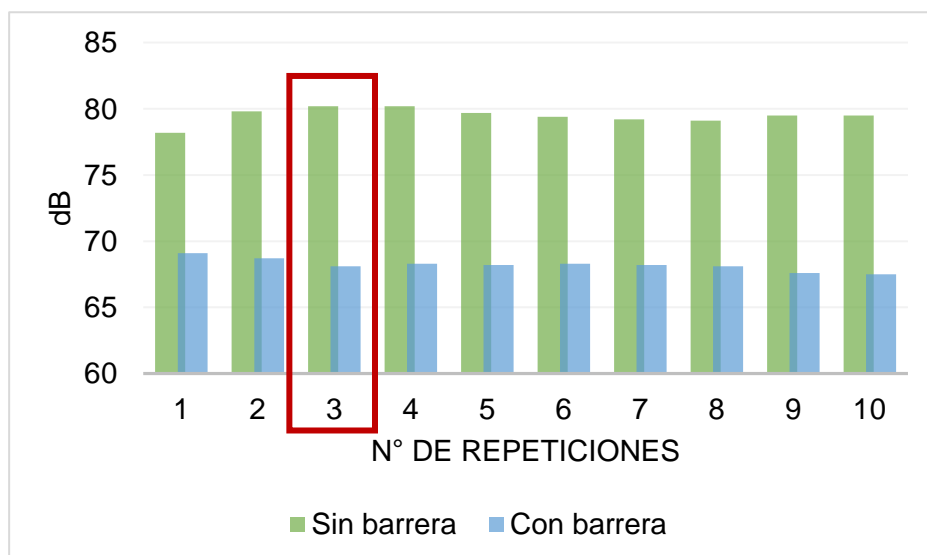
Aserrín – papel				
N° de repeticiones	Ruido sin barrera (dB)	Ruido con barrera (dB)	Diferencias (dB)	Eficacia (%)
1	78.2	69.1	9.1	11.6%
2	79.8	68.7	11.1	13.9%
3	80.2	68.1	12.1	15.1%
4	80.2	68.3	11.9	14.8%
5	79.7	68.2	11.5	14.4%
6	79.4	68.3	11.1	14%

7	79.2	68.2	11	13.9%
8	79.1	68.1	11	13.9%
9	79.5	67.6	11.9	15%
10	79.5	67.5	12	15.1%
Promedio			11.27	14.2%

Nota. Elaboración propia.

Figura 14.

Gráfico de barras de las diferencias de ruido antes y después de la implementación de la barrera aserrín - papel



Nota. Elaboración propia.

La tabla 10 muestra las repeticiones de manera cuantitativa, en ella se puede diferenciar la disminución de los dB una vez implementado la barrera acústica de aserrín–papel, además se observa un promedio de eficacia del 14.2%, de igual forma se visualiza de manera cualitativa en la figura 14 el grafico de barras siendo la repetición N° 3 el que presenta mayor atenuación con una diferencia de 12.1 dB.

Análisis del estadístico descriptivo de los datos

El análisis descriptivo brinda información de las características estadísticas de las variables de tal modo que, se tenga un panorama general de ello.

Tabla 11.

Procesamiento de datos descriptivos de la investigación con respecto al ruido

Estadístico	Ruido sin barrera	Ruido con Aserrín - bagazo	Ruido con Aserrín - papel
N	10	10	10
Media	79,4800	72,1000	68,2100
Mediana	79,5000	71,9000	68,2000
Moda	79,50 ^a	71,90 ^a	68,10 ^a
Desviación estándar	0,58271	1,13333	0,46536
Rango	2,00	4,50	1,60
Mínimo	78,20	70,00	67,50
Máximo	80,20	74,50	69,10

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Nota. Los datos que fueron analizados en el proceso estadístico descriptivo tienen como unidad el decibel (dB), dado que, son los datos obtenidos con el sonómetro antes y después de implementarse la barrera.

La tabla 11, presenta datos estadísticos de medidas de tendencia central y medidas de dispersión, brindando información de la variabilidad que existe en cada ítem, evidenciando que, la media es el promedio del ruido los cuales obtuvieron los

siguientes datos; sin barrera fue de 79,4800, el ruido con barrera de aserrín – bagazo fue de 72,1000 y el de aserrín – papel 68,2100, siendo el de aserrín – papel el que presenta un promedio mínimo; con una desviación estándar de 0,46536, esto quiere decir que la variación entre los datos de aserrín – papel es mínima; la mediana del aserrín – papel presentó 68,2000, esto quiere decir que, la mitad de los datos presenta datos menores al dato ya mencionado, lo mismo se describe en los datos para ruido sin barrera y aserrín – bagazo los cuales presenta datos de 79,500 y 71,9000 respectivamente; con respecto a la moda es el dato más frecuente en este caso se visualiza que el ruido sin barrera es de 79,50; el de aserrín – bagazo 71,90 y el de aserrín - papel de 68,10; la diferencia entre el dato menor (mínimo) y el dato mayor (máximo) se está representado en el rango, siendo el de aserrín – papel el que presenta una mínima diferencia en el rango con un 1,60.

Análisis de estadística inferencial

Para realizar las pruebas de hipótesis se realiza la prueba de normalidad para determinar si el conjunto de datos tiene una distribución normal o no, una distribución normal hace referencia a una distribución de probabilidad en variables continuas. A partir de ello saber que estadístico o prueba se emplea para contrastar las hipótesis las cuales pueden ser pruebas paramétricas o no paramétricas.

Tabla 12.

Resumen procesamiento de datos válidos y perdidos para pruebas de normalidad

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Ruido sin barrera	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Ruido con aserrín – bagazo	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
Ruido con aserrín – papel	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Nota. Elaboración propia.

La tabla 12, indica el resumen de los datos procesados en el software, siendo N el número de repeticiones los cuales fueron 10, estos datos permiten conocer y determinar que todos los datos hayan sido procesados correctamente, observándose que el 100% de los datos ingresados son válidos, de esta manera se procede a aplicar las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk al ser $N < 30$ datos.

Tabla 13.

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ruido sin barrera	0,157	10	,200*	0,918	10	0,339
Ruido con aserrín – bagazo	0,196	10	,200*	0,909	10	0,274
Ruido con aserrín – papel	0,223	10	0,171	0,931	10	0,461

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

gl. Grado de libertad

Nota. Elaboración propia.

La tabla 13, el software SPSS 27 indica la prueba de normalidad tanto para Kolmogórov-Smirnov como para Shapiro-Wilk, pero; según (Guillen et al.,2019) estipula que cuando $N < 30$ se considera los datos de Shapiro-Wilk, como se puede observar el grado de libertad muestra los 10 datos con lo que se trabajó por ende se considera la significancia de Shapiro-Wilk los cuales son de 0.339, 0.274, 0.461, siendo mayores que alfa, de tal forma se considera que, si $P\text{-valor} > \alpha 0.05$ (95% del nivel de confianza), tienen una distribución normal y se procede a realizar la estadística T – student para pruebas paramétricas.

Hipótesis general

Ho: Las barreras acústicas sustentables no son eficaces en la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023

Hi: Las barreras acústicas sustentables son eficaces en la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023

Tabla 14.

T-student para prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Ruido sin barrera - Ruido con barrera de aserrín y bagazo	7,38000	1,12131	0,35459	6,57786	8,18214	20,813	9	0,000
Ruido sin barrera - Ruido con barrera de aserrín y papel	11,27000	0,88072	0,27851	10,63997	11,90003	40,466	9	0,000

Nota. Elaboración propia.

La tabla 14 indica la prueba de muestras emparejadas para los dos grupos de estudio, se determinó la eficacia de las barreras acústicas para la atenuación de ruido mediante el análisis estadístico de un dato (ruido sin barrera) con respecto al otro

(ruido con las barreras) los cuales evidencian que, $P\text{-valor} < \alpha 0.05$, esto quiere decir que, si existe significancia en la implementación de las barreras, tanto para el elaborado con aserrín–bagazo y el de aserrín–papel; tal como se muestra en la tabla 10 el cual brinda datos del estadístico descriptivo de las medias de tendencia central, siendo el ruido sin barrera el que presenta datos mayores y la barrera de aserrín-bagazo y aserrín-papel presentan datos menores por la atenuación que genera, contrastado con lo descrito en la tabla 13; por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Hipótesis específica 01

H_0 : La barrera acústica sustentable con bagazo de caña no es eficaz en la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023

H_1 : La barrera acústica sustentable con bagazo de caña es eficaz en la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023

Tabla 15.

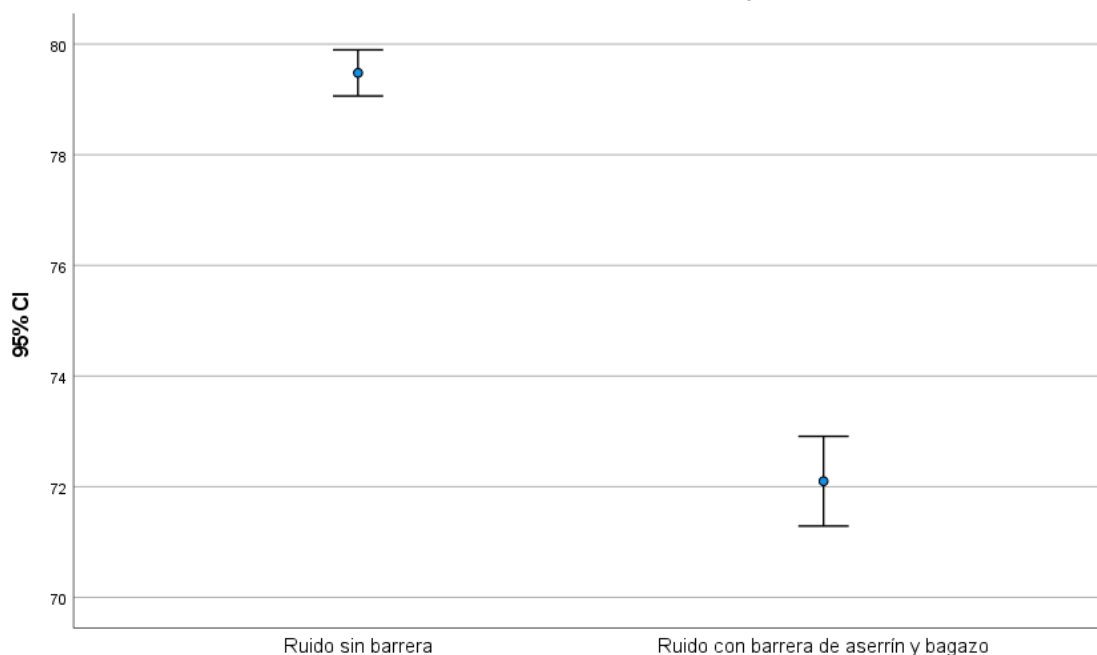
Prueba de muestras emparejadas de la barrera aserrín-bagazo

	Diferencias emparejadas							
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Ruido sin barrera - Ruido con barrera de aserrín y bagazo	7,38000	1,12131	0,35459	6,57786	8,18214	20,813	9	0,000

Nota. Elaboración propia.

Figura 15.

Intervalo de confianza de las medias para datos de la barrera aserrín-bagazo



Nota. Elaboración propia.

La tabla 15, indica resultados de la prueba estadística T-student para muestras emparejadas del ruido sin barrera y el ruido con la implementación de la barrera, se conoció la eficacia de las barreras acústicas para la atenuación de ruido mediante el análisis estadístico de un dato (ruido sin barrera) con respecto al otro (ruido con la barrera de aserrín – bagazo de caña) indicando un valor de significancia de 0.000, siendo $P\text{-valor} < \alpha 0.05$, es decir, existe diferencias significativas de los niveles de ruido una vez implementado la barrera, así mismo, se visualiza en la figura 15, el intervalo de confianza de las medias del ruido con barrera y el ruido una vez implementado la barrera de aserrín-bagazo, si el valor de la media de uno no está incluido en la media del otro ítem existen diferencias significativas, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Hipótesis específica 02

Ho: La barrera acústica sustentable con papel reciclado no es eficaz en la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023

Hi: La barrera acústica sustentable con papel reciclado es eficaz en la atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023

Tabla 16.

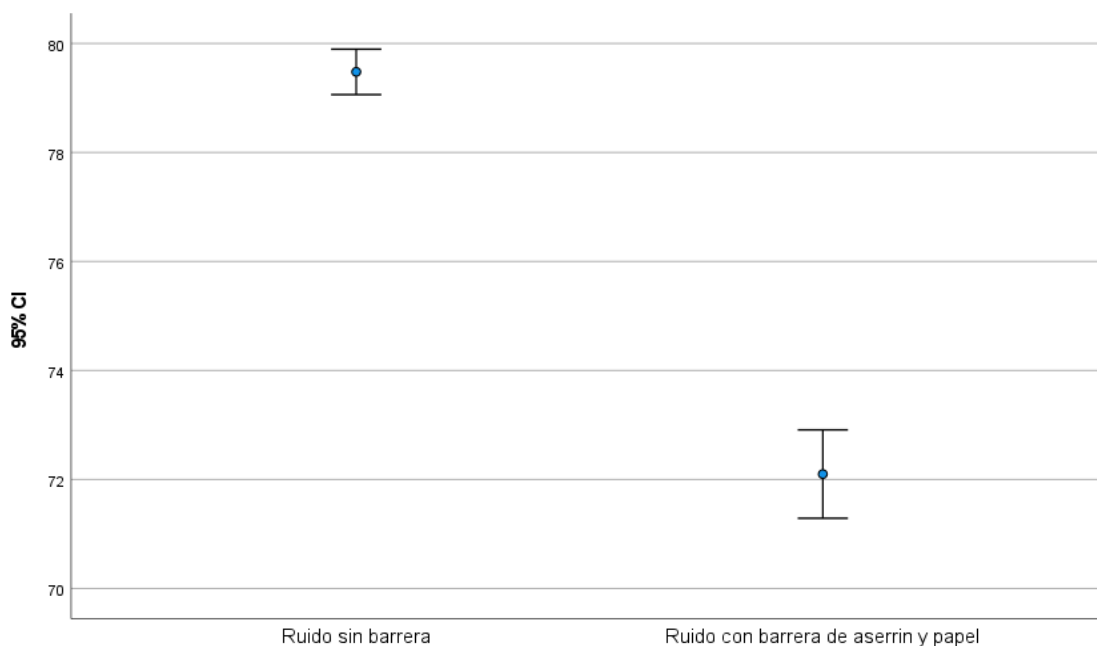
Prueba de muestras emparejadas de la barrera aserrín-papel

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Ruido sin barrera - Ruido con barrera de aserrín y papel	11,27000	0,88072	0,27851	10,63997	11,90003	40,466	9	0,000

Nota. Elaboración propia.

Figura 16.

Intervalo de confianza de las medias para los datos de la barrera aserrín-papel



Nota. Elaboración propia.

La tabla 16, indica resultados de la prueba estadística T-student para muestras emparejadas del ruido sin barrera y el ruido con la implementación de la barrera, se conoció la eficacia de las barreras acústicas para la atenuación de ruido mediante el análisis estadístico de un dato (ruido sin barrera) con respecto al otro (ruido con la barrera de aserrín – papel reciclado) indicando un valor de significancia de 0.000, siendo $P\text{-valor} < \alpha 0.05$, es decir, existe diferencias significativas de los niveles de ruido una vez implementado la barrera, así mismo, se visualiza en la figura 16, el intervalo de confianza de las medias del ruido con barrera y el ruido una vez implementado la barrera de aserrín-papel, si el valor de la media de uno no está incluido en la media del otro ítem existen diferencias significativas, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Hipótesis específica 03

H_o : La barrera acústica sustentable más eficaz no presenta mejores datos de atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – 2023

H_i : La barrera acústica sustentable más eficaz presenta mejores datos de atenuación de ruido a nivel de laboratorio en la Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - 2023

Se realiza la prueba T-student para muestras independientes, dado que se va comparar la media de los datos de un ítem respecto a la media del otro. Pero primero se realiza la prueba de Levene, para determinar si la significancia de la varianza es o no homogénea.

Tabla 17.*Prueba de Levene de igualdad de varianzas*

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
	F	Sig.
Se asumen varianzas iguales	2,335	0,144

Nota. Elaboración propia.

La tabla 17, indica la significancia de la homogeneidad de la varianza de los datos de la barrera de aserrín-bagazo y el de aserrín-papel, como la significancia indica un valor de 0.144 se considera que la varianza de los grupos es homogénea, puesto que, $P\text{-valor} > \alpha 0.05$, siendo así se realiza la prueba T-student para grupos independientes.

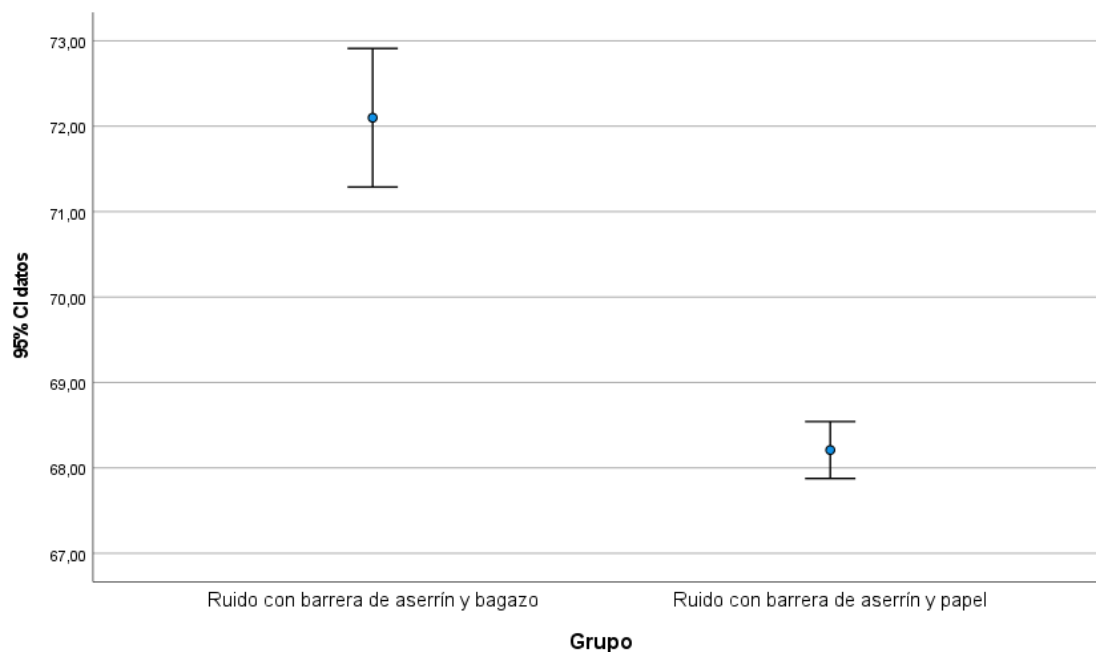
Tabla 18.*Prueba para muestras independientes*

	prueba t para la igualdad de medias						
	t	gl	Sig. bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Ruido con barrera de aserrín y papel, ruido con barrera de aserrín y bagazo	10,041	18	0,000	3,89000	0,38743	3,07605	4,70395

Nota. Elaboración propia.

Figura 17.

Gráfico de intervalo de confianza para grupos independientes



Nota. Elaboración propia.

La tabla 18, indica resultados de la prueba estadística T-student para grupos independientes indicando un valor de significancia de 0.000, siendo $P\text{-valor} < \alpha 0.05$, es decir, existe diferencias significativas de los niveles de ruido de la barrera de aserrín-bagazo y el de aserrín-papel así mismo, se visualiza en la figura 17, el gráfico de intervalo de confianza de las medias de cada grupo, si el valor de la media de uno no está incluido en la media del otro ítem existen diferencias significativas, por lo tanto, se determinó la barrera acústica más eficaz en la atenuación de ruido, de este modo acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_0), siendo la barrera de aserrín-papel la más eficaz, ya que atenúa mejor los decibeles a los cuales fue expuesto.

5.2. Discusión

La elaboración de barreras con diferentes residuos permitió conocer las diferentes investigaciones, de modo que se tiene a Puma (2018), que elaboró barreras a base de marlo de choclo, cascara de papa y papel periódico en diferentes porcentajes,

prototipos que fueron evaluados para elegir el que mejor atenúe el ruido, siendo la composición de 80% marlo de choclo, 20% cascara de papa y 20% papel reciclado el que presento un promedio de atenuación del 8.4 dB(A), siendo este un dato similar al que se obtuvo en la presente investigación, pero con diferencias en los porcentajes, siendo un 60% para aserrín y 40% para papel y bagazo de caña y un promedio de atenuación de 7.38 dB(A) para el de aserrín-bagazo de caña y de 11.27 dB(A) para el de aserrín-papel.

León & Rímac (2020), consideraron la elaboración de cuatro prototipos denominados M1, M2, M3 y M4; siendo el prototipo M4, con un 80% fibra de coco y 20% de cartón el que brindo mejores resultados con un promedio de 8.36 dB(A) y realizó monitoreos con una duración de 10 minutos, tiempo similar al que se consideró en la presente investigación pero difieren con respecto a los puntos de muestreo dado que, nuestra investigación fue en un laboratorio y se realizaron 10 repeticiones in situ y el de ellos fue en una empresa; además de ello, el ruido que genero la prensa excéntrica en dicha empresa fue de 79.1 dB siendo este muy próximo a los decibeles con los que se trabajó este ruido fue grabado de un equipo de carpintería denominada garlopa, dicho ruido fue producido mediante un equipo de sonido en el laboratorio. La eficiencia de su investigación fue de 15.4%, nuestra investigación consideró la eficacia puesto que se busca demostrar y conocer los objetivos propuestos siendo este dato un promedio de 8.4% para el de aserrín-bagazo y de 14.2% el de aserrín-papel.

De acuerdo a los resultados de la investigación de Puma (2022), se usó barreras acústicas de madera de 6 cm de espesor y fueron rellenas de panca combinadas con Tecnopor al 22% y 20% atenuaron valores de 12 dB(A) y 11dB(A) respectivamente; el espesor de sus barreras difiere del espesor que con el cual trabajó en la elaboración de nuestras barreras las cuales fueron de 3.81 cm de ancho. Por otro lado, la investigación de Gamonal (2020), presenta similitudes en cuanto al espesor de los moldes, estos fueron de 2.5 cm y 3.0 cm, de igual forma utilizo aglutinante casero

elaborado a base de harina, agua y bicarbonato, tal como se realizó en nuestra investigación.

VI. Conclusiones

- Se demostró la eficacia promedio de 8.4% para la barrera de aserrín-bagazo y de 14.2% de aserrín-papel con respecto a la atenuación del ruido con las barreras elaboradas con residuos orgánicos, obteniéndose resultados significativos en base a las pruebas estadísticas a las cuales fueron sometidos los datos.

- Se conoció que al implementarse la barrera a base de aserrín-bagazo presentó datos significativos en la atenuación de ruido de hasta 9.5 dB(A) de diferencia con el ruido sin barrera, determinándose que la barrera presenta una eficacia mínima de 7.1% y máxima de 12%.
- Se conoció que al implementarse la barrera acústica de aserrín-papel, presentó datos significativos en la atenuación de ruido de hasta 12.1 dB(A) de diferencia con el ruido emitido sin la barrera, determinándose una eficacia mínima de 11.6% y máxima de 15.1%.
- Se determinó la barrera acústica más eficaz, siendo la barrera a base de aserrín-papel la que presentó mejores datos siendo de un promedio de 14.2% con respecto al de aserrín-bagazo con un promedio de 8.4%, teniendo una diferencia de 5.8%.

VII. Recomendaciones

- Indagar en la valorización de otros residuos orgánicos o materiales sintéticos que no generen impactos negativos al ambiente y no sean de elevados costes, pero que puedan atenuar el ruido, además de efectuar la recopilación de datos

y/o monitoreo con un sonómetro de tipo I, o en todo caso realizar la atenuación de ruido en tubos de Kundt.

- Realizar estudios con residuos que no tengan estructura gruesa, es recomendable hacerlo moler y tamizar para que pueda compactarse y adherirse de mejor manera con los otros materiales que se empleen y realizar estudios con diferentes proporciones y dimensiones, para determinar si la diferencia es significativa y determinar si las propiedades físicas influyen.
- Las posibles aplicaciones de las barreras se pueden realizar en distintos escenarios, principalmente como una alternativa que busque aislar y absorber el sonido producido en este ambiente hacia el exterior, la instalación de estos paneles es sencilla ya que requiere materiales e instrumentos convencionales. Otra cualidad que se puede mencionar es la diversidad en cuanto a las dimensiones de los paneles, los cuales se pueden acomodar de acuerdo a los requerimientos que demanden los ambientes.
- Seguir fomentando la investigación en la Universidad Tecnológica de los Andes en sus tres sedes, crear programas académicos que permitan seguir investigando y mejorando la calidad educativa superior.

VIII. Referencias

Aguilar Rivera, N. (2010). *Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel. In Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (Vol. XII). Ingeniería, Investigación y Tecnología.*
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140577432011000200008#:~:text=El%20bagazo%20es%20el%20residuo,las%20calderas%20de%20los%20ingenios

Alegre, D., & Domínguez, J. (2012). *Materiales para pantallas antiruido, soluciones tipos más usuales [Informe técnico de ruido]. In Asociación Nacional de Industrias de Pantalla y Dispositivos Antiruido (ANIPAR).*

<https://docplayer.es/14169182-Materiales-para-pantallas-anti-ruidosoluciones-tipo-mas-usuales.html>

Alhuay Alhuay, E. O. (2021). *Evaluación de la contaminación sonora y su impacto en la población del distrito de Andahuaylas – Apurímac, 2018. In Faculta de Ingeniería. Universidad Tecnológica de los Andes.*

Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Delgado Perez, L., Acebo Figueroa, F., de Armas Mestre, J., & Rivero Llop, M. L. (2017). *Environmental contamination caused by noise. Revista médica electrónica, 39*(Universidad medica de Matanzas), 640.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684182420170003000

24

Asadullah, M., Rahman, M. A., Ali, M. M., Rahman, M. S., Motin, M. A., Sultan, M. B., & Alam, M. R. (2007). *Production of bio-oil from fixed bed pyrolysis of bagasse. In ScienceDirect* (86th ed.). ELSEVIER.

Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera. (2015). *Tableros de Fibra de Densidad Media (MDF). In Área Técnica AITIM. España.*

Bermúdez Hidalgo, L., Murrell, M., Mannix, C., & Vetrani, K. (2017). *Física del sonido. Programa de estudios en calidad, ambiente y metrología.*
<https://www.procame.una.ac.cr/index.php/unidadesdidacticas?download=14:fisica-del-sonido>

- Borda Jimenez, K. Y., & Castillo Moya, N. C. (2019). *Elaboración de un panel aislante térmico a base de cartón y tapones de corcho reciclado para viviendas de interés social*. In *Facultad de Ingeniería industria y construcción*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Borregaard, N., & Dufey, A. (2005). *Desafiando preconcepciones sobre el comercio de productos sustentables*. In *Documento de Discusión Número 1 de Mercados Sustentables*.
- Castiñeira Ibañez, S., Rubio Michavila, C., Tarrazo Serrano, D., Uris, A., & Sinisterra Solis, N. (2023). *Uso de materiales reciclados para la modelización de barreras acústicas abiertas para una sociedad eco-sostenible*. In 27th International Congress on Project Management and Engineering. Universitat Politècnica de València.
<http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/3443>
- Harris Cyril Manton, (1957). *Handbook of noise control* (Vol. Tomo I). McGraw -Hill Book Company.
- Decreto Legislativo N°1278. (2016). *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. In Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). Ministerio del Ambiente.
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. (2003). *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*. Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). Ministerio del Ambiente.
- Delgadillo Valdez, G. J. (2018). *Reducción del ruido mediante barreras vegetales con las especies *Jacobaea maritima* y *Aptenia cordifolia* en condiciones controladas - Lima 2018*. In Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad Cesar Vallejo.

del Toro, Y. (2012). *Obtención y caracterización de líquidos y carbón obtenidos por la pirolisis del aserrín de Acacia*. In Facultad de ingeniería Química. Universidad de Oriente.

Flores Pereita, P. (1990). *Manual de acústica, ruido y vibraciones (fundamentos básicos y sistemas de control)* (III Edición ed.). Wavepulse acoustics.

Gamonal Diaz, R. F. (2020). *Eficiencia de la cascara de arroz Oryza sativa como barrera termoacústica para reducir el ruido y mejorar condiciones de temperatura*. In Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68114>

García Roca, S. T. (2010). *Fundamentos de física clásica y moderna* (Vol. Tomo II). Taller grafico colegio privado Lideres.

https://dina.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/VerDatosInvestigador.do?id_investigador=49460

Gobierno de España. (2003). *A-2003-20976 Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido*. In Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-20976>

Gobierno del Perú. (n.d.). Instituto Nacional de Calidad - INACAL. Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/inacal>

Gobierno del Perú. (2023). *Esto debes saber sobre los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos aprovechables*. Ministerio del Ambiente.

<https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/763484-esto-debes-saber-sobre-los-residuos-solidos-organicos-e-inorganicos-aprovechables>

- Guillen Valle, O., Cerna Ventura, B., Gondo Minani, R., Suarez Reyes, F., & Martinez Lopez, E. (2019). *Guía práctica de SPSS para diseños paramétricos y no paramétricos*. Lima: Universidad del Pacífico.
- Guzmán Arriola, G. A. (2017). *Paneles aislantes de sonido elaborados con concreto y adición de polvo de llanta*. In Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mc GrawHill Education.
- Hien Wong, N., Kwang Tan, A. Y., Yok Tan, P., Chiang, K., & Chung Wong, N. (2010). *Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls*. In Building and Environment. ScienceDirect.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132309001632>
- Iñigo Pozo, Y. W., Romero Santos, L., & Vargas Chang, E. (2021). *Las pantallas acústicas como solución a la contaminación sonora en el paradero Benavides*. In Perfiles de Ingeniería. Universidad Ricardo Palma.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2021). *Norma Técnica Peruana - ISO 1996-2:2021*. In Dirección de Normalización. Perú.
- Instituto Nacional de la Calidad (INACAL). (2020). *Norma Técnica Peruana ISO 1996-1:2020*. In Dirección de Normalización. Perú.
- ISO/FDIS 10847. (1997). *Acoustics — In-situ determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all types*. International Organization for Standardization.
- <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:10847:ed-1:v1:en>

Jaramillo Fuentes, J. H. (2012). *Evaluación de los niveles de presión sonora en las máquinas troqueladora espartanics, muller martin 3 y picadora de plástico en la planta de Assenda S.A.* In Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Occidente.

Kotzen, B., & English, C. (2009). *Environmental Noise Barriers* (Second Edition ed.). A Guide To Their Acoustic and Visual Design.

León Geronimo, S. S., & Rimac Bautista, A. (2020). *Mitigación del ruido mediante encapsulamiento acústico con fibra de coco (Cocos nucifera) para una prensa excéntrica en Villa María del Triunfo.* In Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Cesar Vallejo.

Ley N° 28611. (2005). *Ley General del Ambiente.* In Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). Ministerio del Ambiente.

<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>

Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria.* In Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos. Universidad Tecnológica Indoamérica.

Martin Domingo, A. (2014). *Apuntes de acústica.* In Departamento de Física e Instalaciones Aplicadas a la edificación. Universidad Politécnica de Madrid.
<https://oa.upm.es/23098/>

Marum Espinoza, E. (1989). *La producción de celulosa y papel en México: enfoques y alternativas.* In Universidad de Guadalajara. México.

Miraya, F. (1999). *Handbook of noise control.* Instituto de estudios de administración local.

https://www.academia.edu/28051794/MANUAL_PARA_EL_CONTROL_DEL_RUIDO_Vol

Ordenanza Municipal N°023-2012-A-MPA. (2012). *Ordenanza que regula la Emisión de Ruidos Molestos y Previene la Contaminación Sonora en la ciudad.* Municipalidad Provincial de Abancay.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2015). *Instrumentos Básicos para la Fiscalización Ambiental. Ministerio del Ambiente.*

https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978.8

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). *La contaminación sonora en Lima y Callo. Perú.*

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2023). *Evaluación ambiental de causalidad en el ámbito de influencia de Owens Illinois Perú S.A., Distrito de Bellavista, Provincia constitucional del Callao, en el 2023.* In Subdirección técnica científica y dirección de evaluación ambiental. Ministerio del Ambiente.

<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/1745>

Organización Mundial de la Salud. (2018). *Environmental noise guidelines for the European region.*

<https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563>

Orosco Chavez, N. I. (2023). *Nivel de contaminación sonora y la percepción en la población del Distrito de Abancay 2021.* In Facultad de Ingeniería. Universidad Tecnológica de los Andes.

<https://repositorio.utea.edu.pe/handle/UTEA/18?offset=0>

Palazuelos Arellano, J. M. (2018). *Soluciones acústicas con nuevos absorbentes acústicos fabricados con lana de oveja*. In *Master en Ingeniería Acústica*. Universidad Politécnica de Valencia.

<https://riunet.upv.es/handle/10251/8482/discover>

Ponce Rivera, K. A. (2018). *Evaluación térmica y acústica de un panel en base al alga *Durvillaea antarctica**. In Facultad de Ingeniería. Universidad de Valparaíso.

<https://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvscl/3188>

Puma Arias, J. Y. (2018). *Atenuación sonora por barreras acústicas a base de residuos orgánicos para reducir el nivel de ruido en una avenida principal, Puente Piedra*. In Facultad de Ingeniería. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/19344>

Puma Condori, R. A. (2022). *Atenuación del nivel de ruido a través de barreras acústicas de panca de maíz en el colegio Carlos Armando Laura*. In Facultad de Ingeniería. Universidad Privada de Tacna.

<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2790>

Real Academia Española. (n.d.). *Diccionario de la Lengua Española*. In Asociación de Academias de la Lengua Española. <https://dle.rae.es/m%C3%B3dulo>

Ripoll Gimeno, S. (2010). *Evolución de la contaminación acústica provocada por el tráfico de la N-332 en Altea*. In Universidad politécnica de Valencia. Escuela politécnica superior de Gandía.

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9097/Projecte.pdf>

R.M N° 227-2013 - MINAM. (2013). *Proyecto de Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental*. Ministerio del Ambiente.

Sanz Adam, F. (2003). *Ecodiseño, un nuevo concepto en el desarrollo de productos*.

Universidad de Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=334814>

Serret Guasch, N., Giralt Ortega, G., & Quintero Rios, M. (2016). *Caracterización de aserrín de diferentes maderas*. In Facultad de Ingeniería Química. Universidad del Oriente. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852016000300012 &script=sci_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852016000300012&script=sci_arttext)

SPIJ. (2017). DECRETO SUPREMO N° 013-2017-MINAM: *Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)*. Sistema Peruano de Información Jurídica. <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1196436>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes