



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**VALORIZACIÓN DE RESIDUOS MDF, AGLOMERADO Y FIBRA DE VIDRIO  
COMO MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE  
MATERIALES RECICLADOS CON PROPIEDADES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del**

**Título de Ingeniero Ambiental**

**AUTOR: ALFREDO SEBASTIÁN GUEVARA GUZMÁN**

**TUTOR: RONNIE XAVIER LIZANO ACEVEDO**

Quito – Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Yo, Alfredo Sebastián Guevara Guzmán con documento de identificación N° 1725305427 manifiesto que:

Soy la autor responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 25 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Alfredo Sebastián Guevara Guzmán  
1725305427

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Alfredo Sebastián Guevara Guzmán con documento de identificación No.1725305427, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo Experimental: “Valorización de residuos MDF, aglomerado y fibra de vidrio como materia prima para el proceso de construcción de materiales reciclados con propiedades de aislamiento acústico”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 25 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Alfredo Sebastián Guevara Guzmán

1725305427

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Ronnie Xavier Lizano Acevedo con documento de identificación N° 1714291588, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: VALORIZACIÓN DE RESIDUOS MDF, AGLOMERADO Y FIBRA DE VIDRIO COMO MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE MATERIALES RECICLADOS CON PROPIEDADES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO, realizado por Alfredo Sebastián Guevara Guzmán con documento de identificación N° 1725305427, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 25 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Ing. Ronnie Xavier Lizano Acevedo, M.Sc.

1714291588

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación .....	3
1.3. Línea base .....	4
1.3.1. Información de la organización .....	4
1.3.2. Ubicación .....	4
1.3.3. Servicios de la organización .....	4
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos .....	5
2. FUNDAMENTACION TEÓRICA.....	6
2.1. Materia prima maderera.....	6
2.1.1. Actividad forestal.....	6
2.1.2. Procesamiento de la madera .....	6
2.1.3. MDF.....	7
2.1.4. Aglomerado .....	7
2.2. Residuos solidos .....	7
2.2.1. Residuo solido orgánico.....	8
2.2.2. Residuo forestal .....	8
2.2.3. Valorización.....	8
2.3. Material acústico.....	8
2.3.1. Fibra de vidrio.....	8
2.4. Acondicionamiento acústico.....	9
2.4.1. Sonido .....	9
2.4.2. Frecuencia .....	9
2.4.3. Decibelio [dB].....	9

2.4.4.	Aislamiento acústico.....	10
2.4.5.	Espectro de frecuencias .....	10
2.4.6.	Cámara de insonorización.....	10
2.5.	Producto y elementos auxiliares .....	11
2.5.1.	Prototipo del producto final .....	11
2.5.2.	Resina.....	12
2.5.3.	Sellador nitro celulósico .....	12
2.6.	Marco legal .....	12
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1.	Materiales.....	15
3.2.	Metodología .....	16
3.2.1.	Delimitación de la investigación.....	16
3.2.2.	Muestreo .....	17
3.2.3.	Identificación de las muestras.....	17
3.2.4.	Preparación de la resina .....	22
3.2.5.	Formación de mezclas .....	24
3.2.6.	Moldeada .....	28
3.2.7.	Secado .....	30
3.2.8.	Desmoldada .....	31
3.2.9.	Análisis de aislamiento acústico .....	31
3.2.10.	Análisis de datos.....	34
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1.	Medición del blanco.....	37
4.2.	Medición producto final uno.....	38
4.3.	Medición producto final dos .....	40
4.4.	Medición producto final tres.....	42
4.5.	Variación de medición .....	44
4.6.	Análisis en la frecuencia 125 Hz .....	46
4.7.	Análisis en la frecuencia 250 Hz .....	48
4.8.	Análisis en la frecuencia 500 Hz .....	49
4.9.	Análisis en la frecuencia 1000 Hz .....	51

4.10.	Análisis en la frecuencia 2000 Hz.....	53
4.11.	Análisis en la frecuencia 4000 Hz.....	54
4.12.	Análisis de aislamiento acústico global .....	56
4.13.	Análisis de la varianza (Anova) .....	60
4.14.	Viabilidad del modelo de economía circular.....	62
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
5.1.	Conclusiones .....	65
5.2.	Recomendaciones .....	66
6.	BIBLIOGRAFIA.....	67
7.	ANEXOS.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Servicios de la organizan.....	4
Tabla 2. Categorización de procesamiento de la madera .....	6
Tabla 3. Marco legal.....	13
Tabla 4. Materiales e insumos .....	15
Tabla 5. Cantidad de residuos de la empresa "Dbas Soluciones Acústicas".....	17
Tabla 6. Selección de disolución de resina.....	23
Tabla 7. Obtención de los tres productos finales.....	31
Tabla 8. Resultados obtenidos de la medición de frecuencias sin muestra .....	37
Tabla 9. Resultados obtenidos de la medición de frecuencias de producto final uno .....	39
Tabla 10. Resultados obtenidos de la medición de frecuencias de producto final dos.....	40
Tabla 11. Resultados obtenidos de la medición de frecuencias de producto final tres .....	42
Tabla 12. Variación de medición entre el blanco y los 3 productos finales .....	44
Tabla 13. Aislamiento acústico a la frecuencia de 125 Hz.....	46
Tabla 14. Aislamiento acústico a la frecuencia de 250 Hz.....	48
Tabla 15. Aislamiento acústico a la frecuencia de 500 Hz.....	49
Tabla 16. Aislamiento acústico a la frecuencia de 1000 Hz.....	51
Tabla 17. Aislamiento acústico a la frecuencia de 2000 Hz.....	53
Tabla 18. Aislamiento acústico a la frecuencia de 4000 Hz.....	55
Tabla 19. Resultados de análisis de aislamiento acústico global .....	58
Tabla 20. Análisis de varianza.....	60
Tabla 21. Costo total para fabricación de los tres productos finales .....	63



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frecuencia del sonido.....	9
Figura 2. Cámara de insonorización .....	11
Figura 3. Tamizado del residuo aglomerado .....	18
Figura 4. Obtención del polvillo de aglomerado .....	18
Figura 5. Tamizado del residuo MDF .....	19
Figura 6. Obtención del polvillo de MDF .....	19
Figura 7. Troceado de la fibra de vidrio rígida.....	20
Figura 8. Tamizado del residuo fibra de vidrio .....	21
Figura 9. Muestras de los tres residuos .....	21
Figura 10. Dos preparaciones de resina.....	22
Figura 11. Polvillos de MDF y fibra de vidrio .....	25
Figura 12. Formación de la mezcla 1 .....	25
Figura 13. Polvillos de aglomerado y fibra de vidrio .....	26
Figura 14. Formación de la mezcla 2 .....	26
Figura 15. Polvillos de aglomerado, MDF y fibra de vidrio .....	27
Figura 16. Formación de la mezcla 3 .....	28
Figura 17. Moldeada de la mezcla 1.....	29
Figura 18. Moldeada de la mezcla 2.....	29
Figura 19. Moldeada de la mezcla 3.....	30
Figura 20. Secado de las 3 mezclas .....	30
Figura 21. Medición de producto final uno .....	32
Figura 22. Medición de producto final dos .....	32
Figura 23. Medición de producto final tres .....	33
Figura 24. Interface para la emisión de frecuencias .....	34
Figura 25. Medición de Blanco .....	35
Figura 26. Medición del blanco.....	38
Figura 27. Medición producto final uno.....	40
Figura 28. Medición producto final dos .....	42

Figura 29. Medición producto final tres .....	44
Figura 30. Variación de medición entre el blanco y los 3 productos finales.....	46
Figura 31. Análisis en la frecuencia 125 Hz.....	47
Figura 32. Aislamiento acústico a la frecuencia de 250 Hz .....	49
Figura 33. Aislamiento acústico a la frecuencia de 500 Hz .....	50
Figura 34. Aislamiento acústico a la frecuencia de 1000 Hz .....	52
Figura 35. Aislamiento acústico a la frecuencia de 2000 Hz .....	54
Figura 36. Análisis en la frecuencia 4000 Hz.....	55
Figura 37. Análisis de aislamiento acústico global .....	59
Figura 38. Análisis de varianza .....	61
Figura 39. Análisis de Tukey.....	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medición 4000 Hz sin material.....	73
Anexo 2. Medición 2000 Hz sin material.....	73
Anexo 3. Medición 1000 Hz sin material.....	74
Anexo 4. Medición 500 Hz sin material.....	74
Anexo 5. Medición 250 Hz sin material.....	75
Anexo 6. Medición 125 Hz sin material.....	75
Anexo 7. Medición 4000 Hz producto final 1 .....	76
Anexo 8. Medición 2000 Hz producto final 1 .....	76
Anexo 9. Medición 1000 Hz producto final 1 .....	76
Anexo 10. Medición 500 Hz producto final 1 .....	77
Anexo 11. Medición 250 Hz producto final 1 .....	77
Anexo 12. Medición 125 Hz producto final 1 .....	77
Anexo 13. Medición 4000 Hz producto final 2 .....	78
Anexo 14. Medición 2000 Hz producto final 2 .....	78
Anexo 15. Medición 1000 Hz producto final 2 .....	78
Anexo 16. Medición 500 Hz producto final 2 .....	79
Anexo 17. Medición 250 Hz producto final 2 .....	79
Anexo 18. Medición 125 Hz producto final 2 .....	79
Anexo 19. Medición 4000 Hz producto final 3 .....	80
Anexo 20. Medición 2000 Hz producto final 3 .....	80
Anexo 21. Medición 1000 Hz producto final 3 .....	80
Anexo 22. Medición 500 Hz producto final 3 .....	81
Anexo 23. Medición 250 Hz producto final 3 .....	81
Anexo 24. Medición 125 Hz producto final 3 .....	81

## RESUMEN

En la presente investigación se propone construir tres diferentes materiales reciclados a partir de la valorización de residuos generados en la industria acústica (MDF, aglomerado y fibra de vidrio). La obtención de los tres materiales reciclados se consiguió a través de un proceso de fabricación que contó con la clasificación de los residuos, tamizaje, obtención del residuo neto, formación de tres mezclas con los residuos añadiendo resina, amoldado, secado y desmoldado.

Se sometió a una evaluación los tres productos finales obtenidos, para medir el aislamiento acústico que presenta cada material reciclado a diferentes frecuencias, utilizando una cámara de insonorización se consiguió el valor del aislamiento en decibeles de cada producto final. Siendo, el producto final dos, el que presenta un mejor comportamiento de atenuar el sonido para así dar posibles usos al material reciclado.

Se presentó comparativas entre los resultados de aislamiento acústico de los tres productos finales con varios otros materiales utilizados en acondicionamiento acústico, además, de indicar cuál es el costo que conlleva fabricar los tres materiales reciclados, para que la empresa acústica considere la propuesta de acogerse a una economía circular dentro de la actividad de producción en donde se pueda reutilizar los residuos generados para obtener materiales reciclados con propiedades de atenuación del sonido.

**Palabras claves:** aislamiento, residuos, acústico, frecuencias, medición, análisis

## ABSTRACT

In the present investigation, it is proposed to build three different recycled materials from the recovery of waste generated in the acoustic industry (MDF, chipboard and fiberglass). Obtaining the three recycled materials was achieved through a manufacturing process that included waste classification, sieving, obtaining the net waste, forming three mixtures with the waste by adding resin, molding, drying and demoulding.

The three final products obtained were subjected to an evaluation, to measure the acoustic insulation that each recycled material presents at different frequencies, using a soundproofing chamber, the insulation value in decibels of each final product was obtained. Being, the final product two, the one that presents a better behavior to attenuate the sound in order to give possible uses to the recycled material.

Comparisons were presented between the acoustic insulation results of the three final products with various other materials used in acoustic conditioning, in addition to indicating the cost involved in manufacturing the three recycled materials, so that the acoustic company considers the proposal to benefit from a circular economy in its production process where the waste generated can be reused to obtain recycled materials with sound attenuation properties.

**Key words:** insulation, waste, acoustic, frequencies, measurement, analysis.

# 1. INTRODUCCION

## 1.1. Antecedentes

En la actualidad se ha venido implementando nuevos sistemas de aprovechamiento de los residuos a nivel industrial, permitiendo generar una reducción en el impacto ambiental que provocan catástrofes a nivel mundial, esto ha llevado a varias empresas acogerse a normas internacionales que tienen como objetivo aportar mejoras dentro de la producción interna como mejoras a población en general. Permitiendo ser este un punto inicial para fundamentar la necesidad de concientizar acerca de hasta donde se pueden explotar los recursos materiales y energéticos sin que generen impactos negativos en el medio ambiente (Valdés , López , & Aguilera , 2019).

Dentro de la industria maderera, las empresas buscan renovar una producción más limpia y disminuir la explotación de los recursos naturales, evitando la tala innecesaria de materia prima maderera para obtener un mejor aprovechamiento de los residuos que generados por esta industria, con el fin de lograr que el proceso industrial que llegue a tener un comportamiento similar al ecosistema natural, permitiendo que el sistema lineal que se ha manejado por años se convierta en modelo cíclico, promoviendo interacciones entre ambiente, economía y sociedad alcanzando una eficiencia del proceso industrial (Muyulema, 2017).

En el Ecuador la industria maderera ha estado presente por más de 70 años generado grandes aportes a la economía nacional y obteniendo reconocimiento internacional. En la ciudad de Ambato, se encuentran dos fábricas encargadas de la producción de tableros de MDF (Medium Density Fiberboard) y aglomerados utilizando materia prima uniforme de pino y eucalipto provenientes de la región andina del país, los tableros producidos son altamente valorados y han establecido un producto cotizado en el mercado interno y externo (Lopez, Álvarez , & Mendez , 2017).

La disposición final de los residuos de las industrias madereras dedicadas al tratamiento y elaboración de productos a base de estos materiales constituye una problemática ambiental a nivel nacional, ya que en nuestro país los residuos madereros son desaprovechados o sencillamente descartados a una disposición final. Este aspecto constituye un inconveniente para las empresas que trabajan con este tipo de materia prima por la acumulación de residuos, además de generar un gasto económico para un manejo adecuado de dichos residuos (Arroyo, 2016).

Las empresas dedicadas a la producción de muebles y artículos de madera en Ecuador presentan una preferencia como materia prima al aglomerado, triplex y el MDF, que genera más utilidad en su manufactura (Torres, 2022). Según el Censo Económico realizado por el Instituto Nacional De Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2010, en todo el Ecuador existen aproximadamente 5,595 talleres y fabricas encargados a la construcción y manufactura de muebles de madera.

La nueva modalidad de economía circular plantea un pensamiento más profundo del paradigma “reducir, reutilizar y reciclar”. Permitiendo disminuir el impacto ambiental causado por la actividad humana, basándose en la reutilización inteligente de un residuo haciendo que este ingrese a un nuevo proceso cíclico, el residuo se convierte en materia prima para la formación de productos nuevos tecnológicos con un menor gasto energético. (Lett, 2014)

Una de estas empresas que trabaja con MDF y aglomerado en conjunto con fibra de vidrio rígida es “Dbas Soluciones acústicas”, esta organización es encargada de realizar estudios acústicos para determinar cuál es el producto acústico y la cantidad necesaria para brindar una solución a las problemáticas acústicas existentes, dentro de su línea de mercado presenta paneles acústicos, módulos móviles, cabinas acústicas, techos perforados, baffles, etc.

## **1.2. Justificación**

La empresa “Dbas Soluciones acústicas” utiliza el MDF como estructura de los bastidores ya sea para la construcción de paneles acústicos, módulos móviles, baffles entre otros. Por otra parte los tableros de aglomerado son utilizados para la construcción de techos perforados, módulos móviles, gobos acústicos y finalmente la fibra de vidrio rígida es el material que se coloca en el interior de cualquier producto acústico para que cumpla la función de aislar el ruido.

La empresa dentro de su proceso de producción genera aproximadamente 200 kg de residuos por mes, estos residuos son específicamente de la materia prima resultante de la producción y no toma en cuenta residuos comunes.

Dichos residuos de MDF, aglomerado y fibra de vidrio rígida son generados al realizar cortes, perforaciones y ensambles para la construcción de productos acústicos, además son almacenados en costales de polipropileno presentado riesgo de incendio, complicaciones respiratorias o foco de difusión de hongos. Estos residuos son descartados como basura común generando un aumento de residuos con disposición final del relleno sanitario. Esto causa un impacto negativo ambiental y generando riesgos a la salud humana.

El proveedor de la fibra de vidrio rígida no acepta devoluciones de los residuos que queden de la producción ya que es una empresa que solo realiza importación y no producción. Por otra parte la empresa proveedora del material de MDF y aglomerado si funciona como un punto de acopio para la captación de residuos del mismo material, pero no brinda servicio de transporte y carga de los residuos, es por ese motivo que representa a la empresa “Dbas Soluciones acústicas” un costo agregado por realizar la devolución de MDF y aglomerado.

Mediante el siguiente proyecto se presenta la propuesta a la organización “Dbas Soluciones acústicas” de reutilizar sus residuos de MDF, aglomerado y fibra de vidrio para generar un nuevo producto reciclado con propiedades de aislamiento acústico.



### 1.3. Línea base

#### 1.3.1. Información de la organización

“Dbas Soluciones acústicas” es una empresa ecuatoriana que lleva funcionando más de 15 años en el país, brindando la experiencia de diseño, fabricado e instalado de elementos acústicos de alta calidad, con la finalidad de obtener un mejoramiento acústico dentro del sector público y privado (Dbas Soluciones acusticas , s.f.).

#### 1.3.2. Ubicación

La empresa “Dbas Soluciones acústicas” se encuentra ubicada en la avenida Panzaleo y calle Siona Oe1-347, sector Conocoto, Quito-Ecuador.

#### 1.3.3. Servicios de la organización

Sean cual sean las necesidades del cliente, la empresa “Dbas Soluciones acústicas” tendrá como objetivo obtener una respuesta sonora eficaz, enfocándose en los requerimientos del cliente tanto en diseño, materiales y elaboración para llegar a un objetivo óptimo de proyecto que cumpla con las normas y ordenanzas nacionales e internacionales (Dbas Soluciones acusticas , s.f.).

**Tabla 1.**

*Servicios de la organizan*

Servicios de la empresa	Productos de la empresa
<ul style="list-style-type: none"><li>• Acondicionamiento Acústico</li><li>• Aislación Acústica</li><li>• Acústica Arquitectónica</li><li>• Consultoría Acústica</li><li>• Control de Ruido Industrial</li><li>• Soluciones Constructivas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Control de ruido industrial</li><li>• Mapas de ruido</li><li>• Soluciones constructivas</li><li>• Capacitación</li><li>• Consultorías en el área</li><li>• Puertas acústicas</li><li>• Ventanas acústicas</li><li>• Paneles acústicos</li><li>• Gabinetes para bajo</li><li>• Gabinetes para guitarra</li></ul>

**Nota:** servicios de “Dbas Soluciones acústicas”. Fuente: (Dbas Soluciones acusticas , s.f.).

## **1.4.Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Valorizar los residuos de MDF, aglomerado y fibra de vidrio como materia prima para el proceso de construcción de materiales reciclados con propiedades de aislamiento acústico.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la funcionalidad de aislamiento acústico de los materiales reciclados construidos a partir de los residuos de MDF, aglomerado y fibra de vidrio utilizando una cámara de insonorización para medición de aislamiento acústico.
- Diseñar un producto final que se considere aplicable en el aislamiento de ruido a partir de residuos reciclados.
- Implementar el modelo de economía circular en la industria acústica a través de la reutilización de los residuos MDF, aglomerado y fibra de vidrio para obtener nuevo material aislante de ruido.

## 2. FUNDAMENTACION TEORICA

### 2.1. Materia prima maderera

#### 2.1.1. Actividad forestal

En los países sudamericanos la actividad forestal se basa en la explotación de las plantaciones forestales de especies de rápido desarrollo con la única finalidad de aprovechar la madera, este aprovechamiento forestal mantiene un proceso de producción mediante una serie de etapas definidas, lógicas y ordenadas con la única finalidad de obtener un producto final maderero (Reyes, 2021).

#### 2.1.2. Procesamiento de la madera

La transformación de la madera se lleva a cabo a través de varias fases en donde la materia prima (madera) es sometida a diferentes procesos los cuales dependiendo de la complejidad del producto final se podrá categorizar en un procesamiento primario o transformación secundaria (Guerreo, 2014).

**Tabla 2. Categorización de procesamiento de la madera**

<b>Procesamiento primario</b>	<b>Transformación Secundaria</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Chapas</li><li>• Tableros contrachapados y listonados</li><li>• Tableros aglomerados</li><li>• Tableros de fibras.</li><li>• Tableros MDF</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Muebles</li><li>• Industria de construcción</li><li>• Puertas y ventanas</li><li>• Segmento artesanal</li></ul>

**Nota:** Categorización de procesamiento de la madera. Fuente: (Guerreo, 2014).

### **2.1.3. MDF**

Este material esta hecho mediante un proceso de prensado con calor entre tableros de madera, donde ingresa la mezcla de polvo fino de madera con aglutinante, principalmente se los fabrica con madera de roble o arce (Magrovejo & Vasquez , 2016)

Dentro de la industria de soluciones acústicas se emplea las tiras de MDF para la fabricación de bastidores, que son la estructura de paneles acústicos, módulos móviles o soportes de paredes acústicas.

### **2.1.4. Aglomerado**

Es un material que se construye a partir de astillas de madera y resinas, que bajo presión forman un panel de madera de alta densidad (Gómez, 2020). El núcleo del panel de madera está conformado de las astillas o virutas de mayor tamaño, y para las terminaciones de los bordes y la superficie del panel se utilizan las astillas más finas (Magrovejo & Vasquez , 2016).

Para soluciones acústicas el aglomerado se lo utiliza para construir techos suspendidos en ángulos, dichos techos presentan perforaciones en todo el tablero, dependiendo el nivel de aislamiento acústico que se desee llegar varia el diámetro de la perforación. Otra utilidad del aglomerado en soluciones acústicas es para la fabricación de módulos móviles que permiten la división de una habitación con un aislamiento acústico y final mente se lo emplea para construcción de paredes acústicas, las cuales al igual que los techos presentan perforaciones en todo el tablero.

## **2.2. Residuos solidos**

Los residuos sólidos son materiales o sustancias de origen orgánico o inorgánico que ha sido desechado después de cualquier actividad (domestica, comercial, industrial, entre otros), que ya no brindan ninguna utilidad pero mantienen la capacidad de ser aprovechado y transformado a un nuevo producto con un valor agregado (Carrera & Ramos , 2022).

### **2.2.1. Residuo solido orgánico**

Residuo solido orgánico es toda sustancia o material de origen animal y vegetal, que presenta la propiedad de ser susceptible a una descomposición microbiana. Se consideran también los restos, productos o sobras de cualquier organismo vivo (Carrera & Ramos , 2022).

### **2.2.2. Residuo forestal**

El residuo forestal es producido por la actividad de la explotación forestal, estos residuos pueden ser clasificados en dos grupos: subproductos de las actividades de silvicultura y residuos del procesamiento de la madera, siendo estos últimos los que son generados en mayos cantidad (Reyes, 2021).

### **2.2.3. Valorización**

Se considera valorización a las acciones que se realizan con el fin de recuperar un residuo o varios materiales que lo componen para aprovechar su poder calorífico. La valorización integra a los términos de reutilización, reciclaje y obtención de energía (Zapata, 2021).

## **2.3. Material acústico**

### **2.3.1. Fibra de vidrio**

Los productos especializados en aislamiento acústico son fabricados bajo un diseño que permite la reducción de ruido y vibraciones (FIBER GLASS ISOVER, 2018).

Un efectivo tratamiento acústico de control de ruido requiere de un aislamiento y de proteger el espacio receptor. La fibra de vidrio actúa como amortiguador del ruido, la cual permite una mejora del aislamiento acústico. (TECSOUND, 2009).

Si existe un proceso económico rentable y con la disposición de tecnologías adecuadas, muchos residuos pueden ser reutilizados, los residuos madereros pueden ser reutilizados para la creación de nuevos productos a través de tecnologías que permita la producción de objetos rentables y que puedan ser adquiridos (Bustos, 2009).

## 2.4. Acondicionamiento acústico

### 2.4.1. Sonido

Según el libro de ingeniería acústica del autor José Luis Barros representa al sonido como,

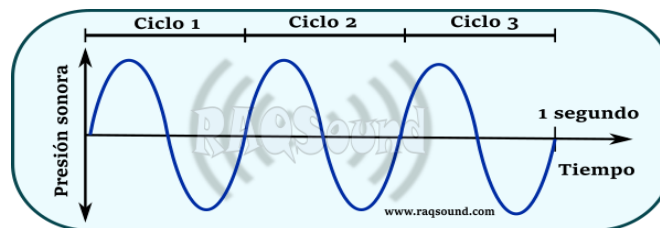
“El hecho de que un evento sonoro pueda ser percibido, presupone la existencia de una cadena sencilla de efectos. Una fuente sonora genera vibraciones de pequeñas amplitudes en el aire que la rodea y, debido a la compresibilidad y a la masa del aire, esta se propaga y llegan al oído del auditor” (Ordoñez & Vélez , 2014).

### 2.4.2. Frecuencia

Es el número de veces que la onda se reproduce así misma en un segundo, formando ciclos por segundo, el ciclo se cumple cuando la onda sube hasta el punto máximo, según los autores Ibarra y Ortiz “baja hasta el punto máximo negativo y vuelve a subir hasta llegar a la línea central. La frecuencia se mide en Hercios (Hz)” (Ibarra & Ortiz, 2014).

**Figura 1.**

*Frecuencia del sonido*



**Nota:** Demostración de la frecuencia del sonido. Fuente: (RAQSOUND).

### 2.4.3. Decibelio [dB]

Es una unidad logarítmica de medida, en acústica el decibelio se lo aplica para comparar la presión sonora en el aire con una presión de referencia (Ibarra & Ortiz, 2014).

#### **2.4.4. Aislamiento acústico**

El aislamiento acústico pretende reducir los niveles de ruido utilizando cualquier material que actúe como obstáculo, dicho material dependerá de su masa, rigidez y porosidad para considerar la capacidad del material de no transmitir ondas sonoras, pudiendo definirse como aislamiento acústico a la protección que presenta un recinto ante la entrada o salida de ruido (Inche , Chung, & Vizarréta , 2010).

#### **2.4.5. Espectro de frecuencias**

El ruido se puede descomponer de un agrupamiento de sonidos puros de frecuencias diferentes. El espectro de frecuencias permite establecer al ruido dentro de dos categorías de frecuencia: bajas (graves), medias o altas (agudas).

Esto permite comprender la acción del espectro de frecuencia del ruido en relación al oído humano que reacciona de manera distinta a cada frecuencia tomando en cuenta las variables del ruido en el aire y a través de los obstáculos. El oído humano capta frecuencias aproximadamente en el intervalo de 20-20000 (Hz) (Ordoñez & Vélez , 2014)

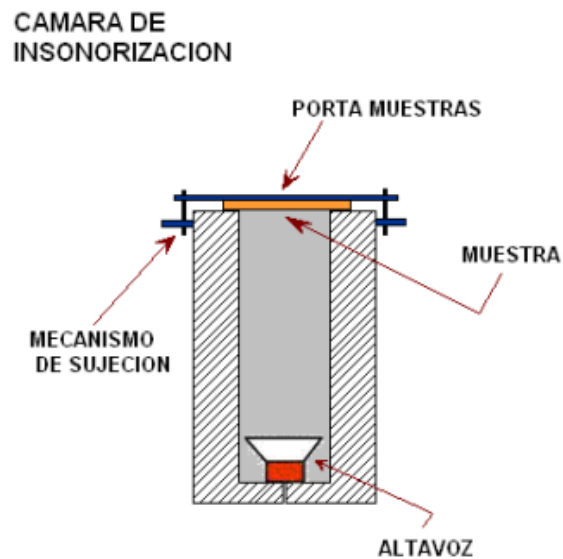
#### **2.4.6. Cámara de insonorización**

La cámara representa un sistema aislado contra el ruido, dicha aislación se consigue cuando la cámara presenta paredes con un alto espesor recubiertas de materiales con la característica de atenuación.

En el interior de la cámara se emite sonidos a distintas frecuencias a través de un altavoz, la muestra a ser analizada se la coloca en el área abierta de la cámara y funciona como barrera entre el interior y el exterior de la cámara. Dos micrófonos, uno situado en el interior de la cámara y el otro situado en la parte exterior atrás de la muestra capta la frecuencia de salida a través de la muestra, dando a conocer la capacidad de aislamiento acústico que tiene la muestra estudiada (Salazar & Cabrera, 2007).

**Figura 2.**

*Cámara de insonorización*



**Nota:** Ilustración de funcionamiento de la cámara de insonorización. Fuente: (Salazar & Cabrera, 2007)

## **2.5. Producto y elementos auxiliares**

### **2.5.1. Prototipo del producto final**

La creación del material con propiedades de aislamiento acústico a partir de residuos reciclados se da a través de la mezcla de diferentes componentes entre sí permitiendo la creación de este material nuevo.

Tal como es el ejemplo del producto “Maderón”, es un nuevo material utilizado para la fabricación de diversos productos en piezas de madera con la característica de tener formas curvas y complicadas, ya que al ser fabricado a base de cascara de almendra triturada y resina permite que los componentes de este tipo de madera que son la lignina y la celulosa actúen para formar un producto sólido y rígido pero con una forma curva (Guerreo, 2014).



Esta tendencia de reciclar y dar nueva vida a los residuos, permite a las industrias implementar un sistema de economía circular y dejar a un lado la economía lineal. En Estados Unidos se utiliza cada vez más el término “productos pos-consumidor”, que hace referencia a los beneficios medio ambientales y económicos que tienen las empresas que han lanzado al mercado diferentes productos fabricados con residuos. Esto ha generado que varios movimientos sociales se acojan a este término para fomentar un hábito de consumo ecológico y sostenible (Guerreo, 2014).

### **2.5.2. Resina**

El acetato de polivinilo es un polímero sintético gomoso, forma parte de los polímeros polivinilo éster, se trata de un tipo de termoplástico, fácilmente obtenible y de amplio uso. El principal uso de este polímero es en pegamentos, pinturas, textiles y productos de papel (Instituto Nacional De Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2011).

### **2.5.3. Sellador nitro celulósico**

Es un sellador que se aplica por medio de soplete y crea una película uniforme, dejando una superficie lisa y lista para usos posteriores, está formado principalmente por nitrocelulosa (Guerreo, 2014).

## **2.6. Marco legal**

Las diferentes normativas que competen dentro del marco jurídico del tema tratado en este proyecto se interrelacionan dentro de cierta jerarquía propuesta por la Pirámide de Kelsen.

El manejo de residuos sólidos que se enfoca en los sectores públicos y privados, requiere de un marco legal para que norme esta actividad, a continuación, se da a conocer los elementos legales de la competencia de gestión de residuos sólidos.

**Tabla 3.**

*Marco legal*

---

<b>Constitución de la República del Ecuador</b>	<b>Artículo 14.</b> “Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i> ...” <b>Artículo 264.</b> “Los Gobiernos Municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determina la ley: Prestar los servicios de agua potable..., manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”
<b>Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)</b>	<b>Artículo 55.</b> Estipula que “delimita las competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal, siendo las de interés para el tema que nos ocupa las que a continuación se detallan ...d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”
<b>Reglamentos y Acuerdos Ministeriales</b>	<b>Acuerdo Ministerial No. 061</b> , Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA).  <b>Artículo 47.</b> Estipula que “Las Políticas Nacionales de Residuos Sólidos que el Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional de gestión integral de los residuos sólidos en el país, como una responsabilidad compartida por toda la sociedad, que contribuya al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales”.  <b>Artículo 55.</b> Estipula que “La gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, como el conjunto de acciones y regulaciones con el objetivo de dar a los residuos sólidos no

---

---

peligrosos el destino más apropiado desde el punto de vista técnico, económico y medioambiental”.

---

**Artículo 57.** Estipula que “... d) establece el promover la instalación y operación de centros de recuperación de residuos sólidos aprovechables, con la finalidad de fomentar el reciclaje”.

**Ordenanzas  
Municipales**

---

**Ordenanza Metropolitana No. 332.** Estipula que “Establece como fines del sistema de gestión integral de residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito, la reducción de residuos sólidos desde la fuente de generación; el fomento de la organización social mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos, su reutilización y reciclaje; y el establecimiento de lineamientos, mecanismos e instrumentos principales para sustentar programas metropolitanos que promuevan las buenas prácticas de producción, manejo y separación de los residuos en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito”.

---

**Ordenanza Metropolitana No. 138. Art. 1.** Estipula que “Establecer y regular las etapas, procesos y requisitos del Sistema de Manejo Ambiental del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ), para la prevención, regularización, seguimiento y control ambiental de los riesgos e impactos ambientales que generen o puedan generar los diferentes proyectos”.

---

**Nota:** Se presenta todas las normativas que competen dentro del marco jurídico del tema tratado. Fuente: (Guevara, 2023).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales

A continuación se indican los materiales, herramientas, insumos, software y cantidades utilizadas para la propuesta de la valorización de residuos. Estos se encuentran clasificados según la actividad que se realizó: obtención de la muestra, preparación de la mezcla, moldeada - desmoldada y análisis.

**Tabla 4.**

*Materiales e insumos*

<b>Obtención de la muestra</b>	
<b>Equipos e insumos</b>	<b>Cantidad</b>
Guantes con cobertura de caucho	1 par
Gafas de seguridad	1
Mascarilla KN95	1
Pala pequeña	1
Fundas Ziploc medianas	6
Tamiz con diámetro de orificio de 0.2 cm	1
Mini trituradora	1

<b>Preparación de la mezcla</b>	
<b>Equipos e insumos</b>	<b>Cantidad</b>
Cubetas plásticas	3
acetato de polivinilo	1 galón
Taladro con broca mezcladora	1
Balanza	1

<b>Moldeada - desmoldada</b>
------------------------------

<b>Equipos e insumos</b>	<b>Cantidad</b>
Moldes de aluminio de dimensiones: 25 cm x 17 cm x 5 cm de altura	6
Aceite usado de cocina	60 ml
Brocha pequeña	1
Espátula pequeña	1
Horno a gas	1
<b>Análisis</b>	
<b>Equipos e insumos</b>	<b>Cantidad</b>
Cámara de insonorización	1
Software “SYSTUNE” y “Microsoft excel”	-

**Nota:** Se presenta todos los materiales, herramientas, insumos, software y cantidades utilizadas. Fuente: (Guevara, 2023).

### **3.2. Metodología**

Para el desarrollo de este trabajo experimental se tomó en cuenta dos enfoques: cualitativo y cuantitativo, siendo el enfoque cualitativo el proceso de construcción de tres materiales reciclados que presenten propiedades de aislamiento acústico a partir de residuos de MDF, aglomerado y fibra de vidrio generados en la empresa “Dbas Soluciones Acústicas”. Una vez obtenido los tres productos finales, el enfoque cuantitativo se presenta a través de un análisis con ayuda de una cámara de insonorización para medición de aislamiento acústico y mediante un análisis estadístico determinar cuál material reciclado obtenido presenta un mejor aislamiento acústico.

#### **3.2.1. Delimitación de la investigación**

Al tomar en cuenta a la empresa “Dbas Soluciones acústicas” para el proyecto desarrollado, se consideró un intervalo de tiempo de un mes. La cantidad que genera la empresa de residuos a ser valorizados (MDF, aglomerado y fibra de vidrio rígida) sin tomar en cuenta residuos comunes.

### 3.2.2. Muestreo

La empresa “Dbas Soluciones acústicas” dentro de su proceso de producción, en un mes genera aproximadamente 200 Kg de residuos utilizados en esta propuesta, estos residuos son específicamente de la materia prima resultante de la producción. Los tres residuos son recogidos, almacenados y sellados en sacos de polipropileno.

**Tabla 5.**

*Cantidad de residuos de la empresa "Dbas Soluciones Acústicas"*

<b>Residuos generados aproximados durante el proceso de producción de la empresa “Dbas Soluciones acústicas”</b>	
<b>Residuo</b>	<b>Cantidad en [kg]</b>
Aserrín de Aglomerado	100
Aserrín de MDF	40
Retazos de fibra de vidrio rígida	30
Otros (cortes de tela, cartón, plástico, etc.)	30

**Nota:** Se presenta todos los residuos generados en el proceso de producción. Fuente: (Guevara, 2023).

### 3.2.3. Identificación de las muestras

- **Aglomerado**

Los 100 kg de residuos aglomerados fueron separados de los otros dos residuos, este aserrín fue recogido con una pala pequeña y fue colocado en un tamizador con orificios de 0,2 cm de diámetro, el aserrín fue agitado dentro del tamiz para únicamente obtener partículas de tamaño no mayores de 0,2 cm.

**Figura 3.**

Tamizado del residuo aglomerado



**Nota:** Ilustración del tamizado del material aglomerado. Fuente: (Guevara, 2023)

**Figura 4.**

*Obtención del polvillo de aglomerado*



**Nota:** Ilustración de la obtención de 1 kg de polvillo de aglomerado. Fuente: (Guevara, 2023)

Se tamizó el aserrín de aglomerado hasta obtener un aproximado de 1 kg, este polvillo tamizado se guardó en una bolsa plástica y finalmente se etiqueto la muestra.

- **MDF**

Los 30 kg de residuos de MDF fueron separados de los otros dos residuos, este aserrín fue recogido con una pala pequeña y fue colocado en un tamizador con orificios de 0,2 cm de diámetro, el aserrín fue agitado dentro del tamiz para únicamente obtener partículas de tamaño no mayores de 0,2 cm.

**Figura 5.**

*Tamizado del residuo MDF*



**Nota:** Ilustración del tamizado del material MDF. Fuente: (Guevara, 2023)

**Figura 6.**

*Obtención del polvillo de MDF*





**Nota:** Ilustración de la obtención de 1 kg de polvillo de MDF. Fuente: (Guevara, 2023)

Se tamizó el aserrín de MDF hasta obtener un aproximado de 1 kg, este polvillo tamizado se guardó en un bolsa plástica y final mente se etiqueto la muestra.

- **Fibra de vidrio rígida**

Con la indumentaria de seguridad adecuada: gafas de seguridad, mascarilla y guantes de cubierta de caucho. Los 30 kg de retazos de fibra de vidrio rígida fueron cortados para obtener la fibra en pequeños cuadrados de 5 cm x 5 cm. Estos pequeños cortes ingresaron a la mini trituradora “Ultramaxx” para obtener la fibra de vidrio molida.

**Figura 7.**

*Troceado de la fibra de vidrio rígida*



**Nota:** Ilustración de los cortes a 5 cm x 5 cm, para facilitar la trituración. Fuente: (Guevara, 2023)

Con ayuda de la pala se colocó la fibra de vidrio molida en el tamiz con orificios de 0,2 cm de diámetro y se agitó hasta obtener partículas de tamaño no mayores de 0,2 cm. Se recogió una cantidad aproximada de 0,5 kg del polvillo obtenido de la fibra de vidrio tamizada, se colocó el polvillo en una bolsa plástica y finalmente se etiqueto la muestra.

**Figura 8.**

*Tamizado del residuo fibra de vidrio*

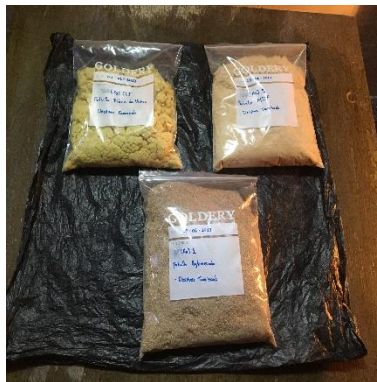


**Nota:** Ilustración del tamizado del material MDF. Fuente: (Guevara, 2023)

La cantidad de polvillo de fibra de vidrio recolectado en la bolsa, fue la misma cantidad que las otras dos muestras, se presenta una variación en el peso ya que este material es mucho más liviano que los otros dos residuos.

**Figura 9.**

*Muestras de los tres residuos*



**Nota:** Ilustración de las tres muestras de cada residuo. Fuente: (Guevara, 2023)

### 3.2.4. Preparación de la resina

El acetato de polivinilo según el fabricante puede ser disuelto con agua según las necesidades a usar el producto, al ser una resina muy gomosa y espesa dificultaba que se realice una mezcla homogénea entre el residuo y la resina, por tal motivo se realizó para este proyecto dos disoluciones de resina.

Las siguientes disoluciones de resina es la cantidad a usar para cada una de las mezclas que se van a realizar.

- **Primera disolución**

240 ml de acetato de polivinilo y 350 ml de agua.

- **Segunda disolución**

160 ml de acetato de polivinilo y 300 ml de agua

**Figura 10.**

*Dos preparaciones de resina*



**Nota:** Ilustración de las dos disoluciones y la viscosidad que presentan. Fuente: (Guevara, 2023)

Las dos disoluciones de resina fueron usadas para la formación de las mezclas, permitiendo considerar cual es la más apropiada para la formación de las tres mezclas. En la siguiente

tabla se da a conocer que disolución de acetato de polivinilo permitió una mejor mezcla para esta propuesta.

**Tabla 6.**

*Selección de disolución de resina*

<b>Mezcla 1</b>			
<b>Mezcla</b>	<b>Disolución</b>	<b>Observación</b>	<b>Aceptación</b>
MDF + fibra de vidrio	Primera: 240 ml de acetato de polivinilo y 350 ml de agua	Se generó una mezcla sólida, uniforme y de aspecto liso	SI
	Segunda: 160 ml de acetato de polivinilo y 300 ml de agua	Se generó una mezcla grumosa, presenta dificultad para manipular	NO
<b>Mezcla 2</b>			
<b>Mezcla</b>	<b>Disolución</b>	<b>Observación</b>	<b>Aceptación</b>
aglomerado + fibra de vidrio	Primera: 240 ml de acetato de polivinilo y 350 ml de agua	Se generó una mezcla sólida, uniforme y toma con facilidad la forma del molde	SI
	Segunda: 160 ml de acetato de polivinilo y 300 ml de agua	Se generó una mezcla uniforme y sin grumos	SI
<b>Mezcla 3</b>			
<b>Mezcla</b>	<b>Disolución</b>	<b>Observación</b>	<b>Aceptación</b>
MDF + aglomerado + fibra de vidrio	Primera: 240 ml de acetato de polivinilo y 350 ml de agua	Se generó una mezcla sólida, uniforme y de aspecto liso	SI
	Segunda: 160 ml de acetato de polivinilo y 300 ml de agua	Se generó una mezcla bastante grumosa y apelmazada	NO

**Nota:** Se presenta la selección de la mejor disolución de resina a usar. Fuente: (Guevara, 2023).

En las tres mezclas se utilizaron las dos disoluciones de acetato de polivinilo, siendo la primera disolución de 240 ml de resina y 350 ml de agua, la que obtuvo tres aceptaciones positivas y la que se usó para la formación de los productos finales, ya que esta disolución presenta un cuerpo más gomoso a comparación de la otra disolución que es más líquida y se adhiere de mejor manera los residuos que forman cada una de las mezclas.

### **3.2.5. Formación de mezclas**

Como se indicó en la tabla de selección de disolución de resina, se realizaron tres diferentes mezclas con los residuos (aglomerado, MDF y fibra de vidrio), dos de estas mezclas se hicieron con cada uno de los residuos de madera y la fibra de vidrio rígida y el tercero es una mezcla mixta entre los tres residuos.

- **Mezcla 1:** 60% de MDF + 40% de fibra de vidrio

Con la muestra de 1 kg de polvillo de MDF, se procede a pesar 260 g y se los coloca en una cubeta plástica limpia, se pesa 160 g de fibra de vidrio y se lo añade a la misma cubeta. Con ayuda del taladro con broca para mezcla se ligan los dos polvillos.

Se coloca la resina ya disuelta, y con el taladro se sigue mezclando hasta obtener una pasta homogénea.

**Figura 11.**

*Polvillos de MDF y fibra de vidrio*



**Nota:** Ilustración de la mezcla entre el polvillo de MDF y el polvillo de fibra de vidrio.

Fuente: (Guevara, 2023)

**Figura 12. Formación de la mezcla 1**



**Nota:** Ilustración de la mezcla 1 entre el polvillo de MDF, el polvillo de fibra de vidrio y la resina. Fuente: (Guevara, 2023).

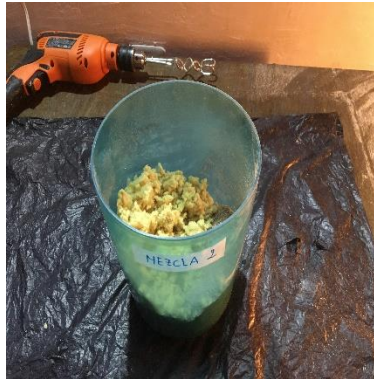
- **Mezcla 2:** 60% de aglomerado + 40% de fibra de vidrio

Con la muestra de 1 kg de polvillo de aglomerado, se procede a pesar 260 g y se lo coloca en una cubeta plástica limpia, se pesa 160 g de fibra de vidrio y se lo añade a la misma cubeta. Con ayuda del taladro con broca para mezcla se ligan los dos polvillos.

Se coloca la resina ya disuelta, y con el taladro se sigue mezclando hasta obtener una pasta homogénea.

**Figura 13.**

*Polvillos de aglomerado y fibra de vidrio*



**Nota:** Ilustración de la mezcla entre el polvillo de aglomerado y el polvillo de fibra de vidrio.

Fuente: (Guevara, 2023).

**Figura 14.**

*Formación de la mezcla 2*



**Nota:** Ilustración de la mezcla 2 entre el polvillo de aglomerado, el polvillo de fibra de vidrio y la resina. Fuente: (Guevara, 2023).

- **Mezcla 3:** 35% de MDF + 35% aglomerado + 30% fibra de vidrio

Esta al ser una mezcla mixta de las tres muestras se procede a pesar las siguientes cantidades: 160 g de la muestra de MDF, 160 g de la muestra de aglomerado y 140 g de la muestra de fibra de vidrio.

Al igual que las otras dos mezclas, los tres polvillos ya pesados se colocan en la cubeta plástica y con el taladro se procede a ligar los tres compuestos.

Se coloca la resina ya disuelta, y con el taladro se sigue mezclando hasta obtener una pasta homogénea.

**Figura 15.**

*Polvillos de aglomerado, MDF y fibra de vidrio*



**Nota:** Ilustración de la mezcla entre el polvillo de aglomerado, el polvillo de MDF y el polvillo de fibra de vidrio. Fuente: (Guevara, 2023).



## Figura 16.

*Formación de la mezcla 3*



**Nota:** Ilustración de la mezcla 3 entre el polvillo de aglomerado, el polvillo de MDF, polvillo de fibra de vidrio y la resina. Fuente: (Guevara, 2023).

### 3.2.6. Moldeada

Utilizando los moldes de aluminio de dimensiones: 25 cm x 17 cm x 5 cm de altura, se barnizó el interior del molde con una brocha pequeña utilizando aceite usado de cocina para evitar que al poner la mezcla esta se pegue al fondo del molde.

La mezcla uno, dos y tres se colocaron en cada molde y con ayuda de una espátula pequeña se esparció cada mezcla por todo el molde, logrando conseguir un espesor de mezcla aproximado de 0,9 cm.

Los tres moldes con cada una de las mezclas son levantados a una altura aproximada de 15-20 cm y dejados caer sobre una superficie recta y nivelada, repitiendo este proceso unas 10 veces para evitar la formación de burbujas de aire dentro de la mezcla. Finalmente los moldes listos son membretados.

**Figura 17.**

*Moldeada de la mezcla 1*



**Nota:** Ilustración de la mezcla 1 colocada en el molde. Fuente: (Guevara, 2023).

**Figura 18.**

*Moldeada de la mezcla 2*



**Nota:** Ilustración de la mezcla 2 colocada en el molde. Fuente: (Guevara, 2023).

**Figura 19.**

*Moldeada de la mezcla 3*



**Nota:** Ilustración de la mezcla 3 colocada en el molde. Fuente: (Guevara, 2023).

### 3.2.7. Secado

Los tres moldes membretados ya listos con las mezclas, ingresan al horno a una temperatura aproximada de 200-220 °C por un tiempo de 40 minutos.

**Figura 20.**

*Secado de las 3 mezclas*



**Nota:** Ilustración de las tres mezclas cumpliendo el lapso de tiempo de secado. Fuente: (Guevara, 2023).

Una vez terminado este proceso de horneado, se apaga el horno y se deja secar los moldes sin sacarlos del horno, una vez estén los moldes a temperatura ambiente se los deja en un lugar seco y ventilado por 48 horas.

### 3.2.8. Desmoldada

Ya completado el tiempo de secado, las mezclas presentan una estructura sólida y firme, permitiendo deformar al molde hasta que el material salga de este. Con los tres productos finales ya fuera del molde son barnizados levemente con sellador nitro celulósico para evitar que exista algún despostillado en la pieza.

**Tabla 7.**

*Obtención de los tres productos finales*

Producto final uno	Producto final dos	Producto final uno
Mezcla de MDF + fibra de vidrio	Mezcla de aglomerado + fibra de vidrio	Mezcla de MDF + aglomerado + fibra de vidrio
		

**Nota:** Se presentan los tres productos finales ya listos para ser analizados. Fuente: (Guevara, 2023).

### 3.2.9. Análisis de aislamiento acústico

Una vez se obtuvo los tres productos finales de las tres mezclas, ingresan al proceso de análisis de aislamiento acústico, para esto se utiliza una cámara de insonorización.

La cámara de insonorización de dimensiones 40 cm x 45 cm x 100 cm de altura, es el equipo que permite analizar el aislamiento acústico que tiene cada producto final obtenido, en el extremo inferior dentro de la cámara está el altavoz que emite diferentes frecuencias, en el extremo superior de la cámara se encuentra el porta muestras, en ese lugar se colocó primero el producto final de la mezcla uno, luego el producto final de la mezcla dos y por último el producto final de la mezcla tres.

**Figura 21.**

*Medición de producto final uno*



**Nota:** Ilustración de producto final uno en el porta muestras de la cámara de insonorización.

Fuente: (Guevara, 2023).

**Figura 22.**

*Medición de producto final dos*



**Nota:** Ilustración de producto final dos en el porta muestras de la cámara de insonorización.  
Fuente: (Guevara, 2023).

**Figura 23.**

*Medición de producto final tres*

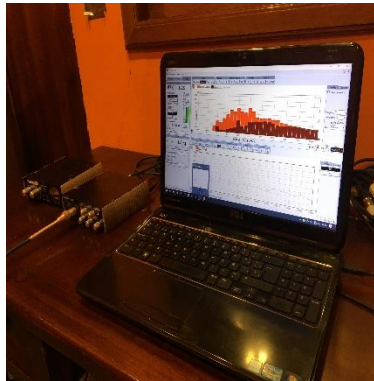


**Nota:** Ilustración de producto final tres en el porta muestras de la cámara de insonorización.  
Fuente: (Guevara, 2023).

La computadora se conecta a una interface de audio (permite aumentar el nivel de sonido y la conexión al micrófono de medición). De la interface de audio sale la conexión hacia el altavoz interno de la cámara donde se emiten tonos con las siguientes frecuencias en Hercios (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz). El sonido atraviesa todo el ducto de la cámara y choca con cada producto final colocado en el porta muestras.

## Figura 24.

*Interface para la emisión de frecuencias*



**Nota:** Ilustración de la interface que emite las frecuencias al altavoz dentro de la cámara de insonorización. Fuente: (Guevara, 2023).

El micrófono de medición ubicado a 10 cm en la parte exterior por detrás del porta muestras capta el sonido a través del producto final y genera datos de lectura que son recopilados en el computador para posteriormente ser analizados.

El programa “SYSTUNE” es el software encargado en captar la frecuencia emitida e interpretar la medición del micrófono en decibeles [dB]. Todos los datos obtenidos en las mediciones son ingresados de manera manual a una tabla de Excel para sus posteriores análisis.

### 3.2.10. Análisis de datos

- **Blanco de análisis**

Se realizó una lectura de datos sin colocar ningún material en el porta muestras de la cámara de insonorización, con la finalidad de tener una referencia inicial del sonido a las frecuencias en Hercios (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz).

Por cada una de las frecuencias se obtuvieron 20 datos, dando un total de 120 datos recopilados en toda la medición. En cada columna correspondiente a las frecuencias se calculó el promedio de medición, el cual permitió ser una base comparativa con los resultados de los tres productos finales.

Se realizó una sumatoria de todos los promedios obtenidos de cada frecuencia y se los fraccionó para las seis frecuencias, dando como resultado una medición global.

**Figura 25.**

*Medición de Blanco*



**Nota:** Ilustración de la medición de frecuencias en la cámara de insonorización sin muestra.

Fuente: (Guevara, 2023).

- **Medición de los tres productos finales (mezcla uno, dos y tres)**

Se colocó en el porta muestras el producto final uno, dos y tres respectivamente en ese orden. Se realizaron 20 mediciones en cada una de las frecuencias emitidas, dando un total de 120 datos de resultado de medición para cada producto final.

En cada columna correspondiente a las frecuencias se calculó el promedio de medición, se realizó la sumatoria de todos los promedios obtenidos de cada frecuencia y se los fraccionó para las seis frecuencias, dando como resultado una medición global para los tres productos finales.



Se realizó una comparación entre el blanco de análisis y las lecturas del producto final uno, dos y tres de los promedios de frecuencia y la medición global, permitiendo conocer el nivel de aislamiento del material.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Medición del blanco

A continuación, se presenta todos los datos obtenidos de la medición de sonido de cada frecuencia en la cámara de insonorización sin colocar ningún material en el porta muestras.

**Tabla 8.**

*Resultados obtenidos de la medición de frecuencias sin muestra*

N° de medición	Medición sin muestra					
	Frecuencias [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	55,8	66,5	81,6	77,7	83,8	83,6
2	55,7	66,3	81,4	77,4	83,8	83,8
3	55,6	66,4	81,4	77,4	84,2	83,7
4	55,7	66,4	81,5	77,9	83,9	83,9
5	55,8	66,5	81,4	77,7	84,4	83,8
6	55,8	66,5	81,3	78,0	84,0	84,2
7	55,4	66,2	81,5	78,1	84,3	83,6
8	55,6	66,2	81,5	78,0	84,0	83,9
9	55,6	66,0	81,1	78,0	84,1	84,2
10	55,7	66,1	81,4	77,9	84,1	83,9
11	55,8	66,5	81,6	77,4	84,0	84,1
12	55,3	66,5	81,6	77,8	83,9	84,1
13	55,2	66,4	81,5	78,0	84,2	84,1
14	55,3	66,4	81,6	77,6	84,0	83,9
15	55,5	66,3	81,5	77,6	84,0	84,1
16	55,4	66,2	81,3	78,0	84,1	84,0
17	55,7	66,3	81,5	77,7	84,1	83,8
18	55,7	66,4	81,5	77,7	84,3	84,1
19	55,6	44,4	81,4	77,7	83,8	83,7
20	55,6	66,3	81,5	77,9	84,1	84,0
<b>Promedio [dB]</b>	55,6	65,2	81,5	77,8	84,1	83,9

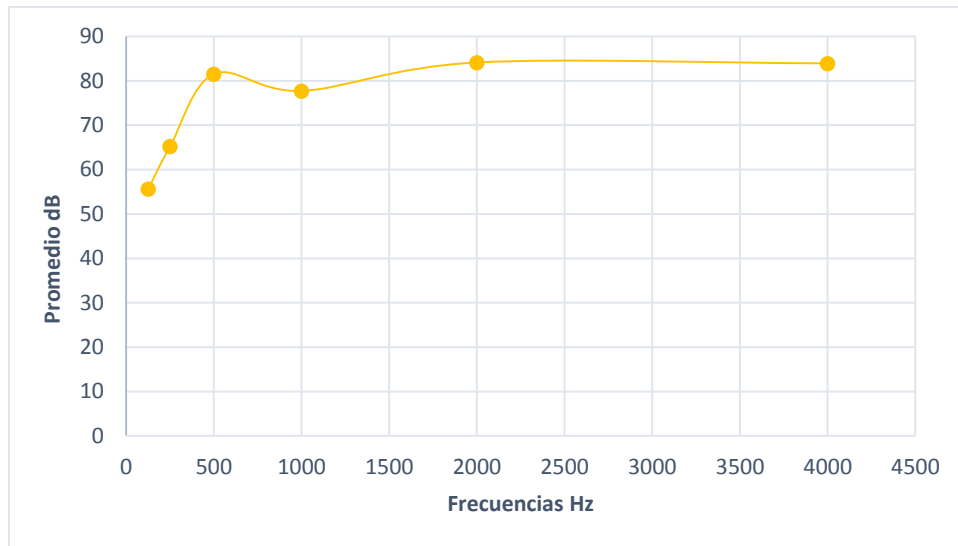
**Nota:** En la cámara de insonorización, no se colocó nada en el porta muestras. Fuente: Guevara (2023).

Los resultados del análisis del blanco nos permiten obtener una referencia inicial del sonido captado a través del micrófono en dB, los cuales fueron comparados con las lecturas obtenidas en las mediciones de los tres productos finales, para conocer el nivel de aislamiento acústico de cada material.

En la siguiente ilustración se presenta el promedio en dB de cada una de las frecuencias que se obtuvieron en la medición sin muestra.

**Figura 26.**

*Medición del blanco*



**Nota:** Ilustración de resultados de cámara de insonorización sin muestra. Fuente: (Guevara, 2023).

#### **4.2. Medición producto final uno**

En la siguiente tabla podemos encontrar todos los resultados obtenidos de la medición acústica habiendo colocado en el porta muestras el producto final uno.

**Tabla 9.***Resultados obtenidos de la medición de frecuencias de producto final uno*

N° de medición	Medición producto final uno					
	Frecuencias [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	45,2	55,1	67,7	57,3	67,7	67,5
2	45,0	55,4	67,8	57,2	67,3	67,4
3	45,2	55,1	68,0	57,2	67,3	67,2
4	45,1	55,1	68,0	57,4	67,6	67,1
5	45,1	55,2	67,8	57,4	67,8	67,3
6	44,6	55,1	67,9	57,3	67,7	67,1
7	44,7	55,5	67,8	57,2	67,2	67,3
8	44,9	55,2	67,8	57,1	67,7	67,4
9	44,9	55,3	67,7	57,2	67,5	67,4
10	44,9	55,1	67,6	57,4	67,8	67,4
11	45,0	55,3	67,6	57,1	67,2	67,0
12	45,1	55,1	67,9	57,1	67,6	67,3
13	44,6	55,2	67,8	57,3	67,6	67,5
14	44,7	55,1	67,7	57,1	67,6	67,1
15	45,0	55,1	67,9	57,0	67,6	67,5
16	45,0	55,1	67,6	57,3	67,2	67,5
17	45,0	55,3	67,9	57,3	67,8	67,3
18	44,8	55,6	67,7	57,2	67,6	67,0
19	44,9	55,2	67,8	57,4	67,5	67,4
20	44,8	55,1	67,6	57,0	67,5	67,5
<b>Promedio [dB]</b>	44,9	55,2	67,8	57,2	67,5	67,3

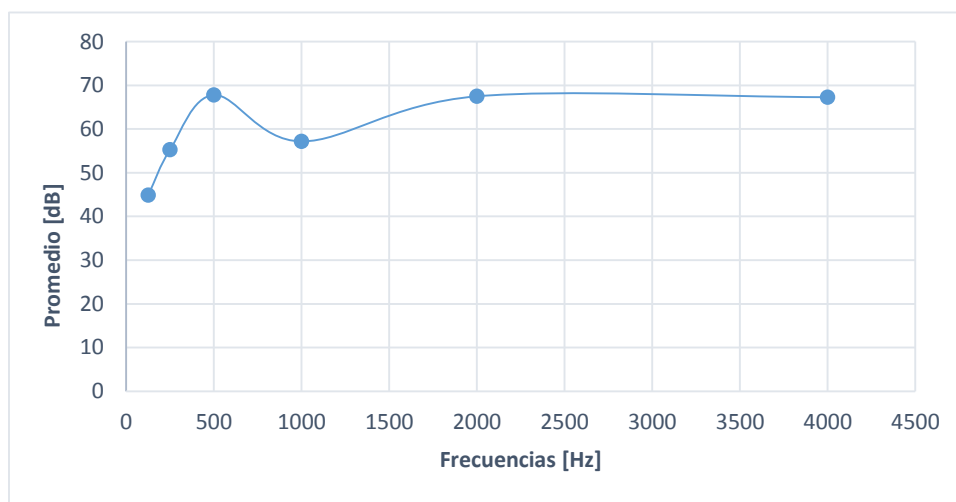
**Nota:** En la cámara de insonorización se colocó el producto final uno para realizar las mediciones. Fuente: (Guevara, 2023).

El producto final uno, es el resultado de la mezcla de MDF y fibra de vidrio rígida, según el autor Luis Ordoñez en su publicación manifiesta la buena relación que tiene el sonido con materiales de madera, explica que el MDF se utiliza para la construcción de difusores acústicos, divisiones y puertas, las cuales presentan la capacidad de equilibrar los ecos de una sala y permite que el sonido sea más inteligible (Ordóñez, 2015).

En la siguiente grafica se presenta el promedio en dB de cada una de las frecuencias que se obtuvieron en la medición del producto final uno. Teniendo los puntos más altos de asilamiento en las frecuencias de 500 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz teniendo un aproximado de aislamiento acústico de 67 dB.

**Figura 27.**

*Medición producto final uno*



**Nota:** Ilustración resultados de la cámara de insonorización producto final uno. Fuente: (Guevara, 2023).

### 4.3. Medición producto final dos

A continuación, se presentan todos los resultados obtenidos de la medición acústica habiendo colocado en el porta muestras el producto final dos.

**Tabla 10.**

*Resultados obtenidos de la medición de frecuencias de producto final dos*

<b>Medición producto final dos</b>						
<b>N° de medición</b>	<b>Frecuencias [Hz]</b>					
	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>
<b>1</b>	38,0	43,9	68,2	66,8	56,9	68,4
<b>2</b>	37,8	43,5	67,8	66,9	56,9	68,1

<b>3</b>	37,9	43,8	68,2	66,8	56,7	68,1
<b>4</b>	37,7	43,7	67,8	66,6	57,0	68,1
<b>5</b>	37,6	43,5	67,9	66,6	57,0	68,1
<b>6</b>	37,7	43,9	67,8	66,7	56,7	68,2
<b>7</b>	38,0	43,9	67,9	66,6	56,9	68,3
<b>8</b>	37,8	43,9	68,0	66,9	57,0	68,3
<b>9</b>	38,0	43,8	67,9	66,7	56,7	68,0
<b>10</b>	37,8	43,5	67,8	66,8	56,9	68,0
<b>11</b>	38,1	43,6	67,8	66,7	57,1	68,0
<b>12</b>	37,7	43,8	68,1	66,9	56,8	68,4
<b>13</b>	38,0	43,9	68,2	67,0	56,9	68,1
<b>14</b>	38,0	43,6	68,0	66,7	57,1	68,2
<b>15</b>	38,0	43,5	67,8	66,7	56,8	68,2
<b>16</b>	38,0	43,8	68,1	66,6	56,7	68,2
<b>17</b>	37,9	43,4	67,8	66,9	57,0	68,2
<b>18</b>	38,0	43,7	68,2	67,0	56,8	68,4
<b>19</b>	37,6	43,6	68,1	67,0	57,0	68,3
<b>20</b>	37,6	43,7	67,9	66,8	56,9	68,4
<b>Promedio [dB]</b>	37,9	43,7	68,0	66,8	56,9	68,2

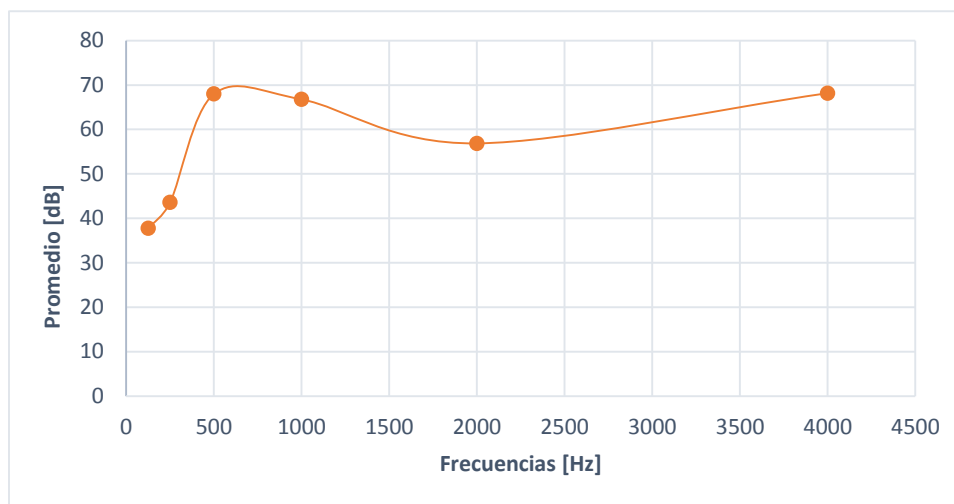
**Nota:** En la cámara de insonorización se colocó el producto final dos para realizar las mediciones. Fuente: (Guevara, 2023).

El producto final dos es el resultado de la mezcla de aglomerado y fibra de vidrio, si es puesto a comparación con otro tablero de madera como el contrachapado, las mediciones del producto final dos sobrepasan los niveles de aislamiento acústico de un contrachapado ya que según las autora Pino, este tipo de madera es fibrosa y ligera llegando a tener un aislamiento de 20 dB, siendo factible complementar este tipo de madera con otros materiales para un mejor comportamiento acústico, además que el contrachapado al ser fibrosa almacena calor por la transformación de la energía del sonido en energía calórica (Pino, 2016).

En la siguiente grafica se presenta el promedio en dB de cada una de las frecuencias que se obtuvieron en la medición del producto final dos.

**Figura 28.**

*Medición producto final dos*



**Nota:** Ilustración de resultados de la cámara de insonorización de producto final dos. Fuente: (Guevara, 2023).

#### 4.4. Medición producto final tres

En la tabla 11, podemos encontrar todos los resultados obtenidos de la medición acústica habiendo colocado en el porta muestras el producto final tres.

**Tabla 11.**

*Resultados obtenidos de la medición de frecuencias de producto final tres*

Medición producto final tres						
N° de medición	Frecuencias [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	38,3	42,6	66,4	62,7	65,5	66,4
2	38,2	42,9	66,2	62,7	65,7	66,2
3	38,1	42,7	66,5	62,8	65,7	66,2
4	38,1	42,7	66,5	62,6	65,6	66,3
5	38,1	42,8	66,4	62,3	65,6	66,5
6	38,1	42,8	66,5	62,5	65,6	66,2
7	38,1	42,6	66,1	62,3	65,4	66,3
8	38,4	42,8	66,2	62,6	65,6	66,6
9	38,3	42,7	66,3	62,6	65,7	66,4

<b>10</b>	38,4	42,6	66,2	62,6	65,5	66,5
<b>11</b>	38,3	42,6	66,4	62,4	65,8	66,2
<b>12</b>	38,2	42,8	66,4	62,7	65,4	66,6
<b>13</b>	38,2	42,7	66,2	62,5	65,7	66,5
<b>14</b>	38,1	42,8	66,5	62,4	65,7	66,4
<b>15</b>	38,0	42,9	66,3	62,5	65,4	66,3
<b>16</b>	38,1	42,9	66,4	62,6	65,6	66,5
<b>17</b>	38,4	43,0	66,1	62,5	65,4	66,3
<b>18</b>	38,4	42,7	66,4	62,4	65,7	66,4
<b>19</b>	38,2	42,8	66,2	62,6	65,4	66,5
<b>20</b>	38,2	42,8	66,4	62,6	65,5	66,4
<b>Promedio [dB]</b>	38,2	42,8	66,3	62,5	65,6	66,4

**Nota:** En la cámara de insonorización se colocó el producto final tres para realizar las mediciones. Fuente: (Guevara, 2023).

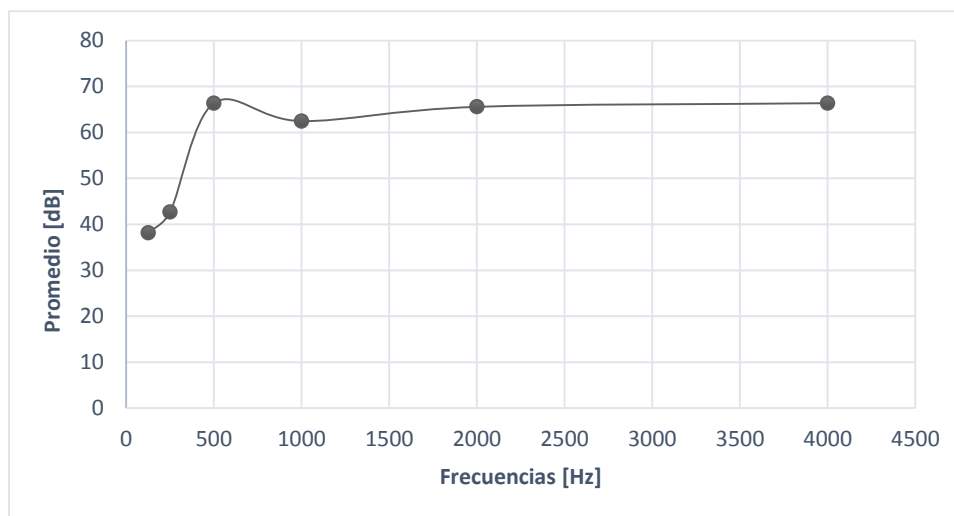
La última mezcla de MDF + aglomerado + fibra de vidrio, dio como resultado el producto final 3, si es comprado con la publicación de la autora Pino, en donde explica que en una casa de construcción con tabiques, si la pared está recubierta por un tablero de madera de fibras se puede obtener valores de aislamiento acústico de 37 a 44 dB, ya que el sonido penetra por las rendijas capilares del tablero de madera (Pino, 2016). Teniendo aproximadamente el mismo nivel de aislamiento que el producto final tres a frecuencias de 125 y 250 Hz.

En la siguiente gráfica se presenta el promedio en (dB) de cada una de las frecuencias que se obtuvieron en la medición del producto final tres.



**Figura 29.**

*Medición producto final tres*



**Nota:** Ilustración de resultados de la cámara de insonorización producto final tres. Fuente: (Guevara, 2023).

#### **4.5. Variación de medición**

En la siguiente tabla podemos encontrar la variación de las mediciones de los promedios de frecuencias del blanco, con las otras tres mediciones de los productos finales. Con esto ya podemos empezar a tener una idea de cómo representamos el aislamiento acústico de cada material medido.

**Tabla 12.**

*Variación de medición entre el blanco y los 3 productos finales*

<b>Frecuencias [HZ]</b>	<b>P. Final 1 [dB]</b>	<b>P. Final 2 [dB]</b>	<b>P. Final 3 [dB]</b>	<b>Blanco [dB]</b>
<b>125</b>	44,9	37,8	38,2	55,6
<b>250</b>	55,3	43,6	42,7	65,2
<b>500</b>	67,8	68,0	66,4	81,5
<b>1000</b>	57,2	66,8	62,5	77,7
<b>2000</b>	67,5	56,9	65,6	84,1
<b>4000</b>	67,3	68,2	66,4	83,9

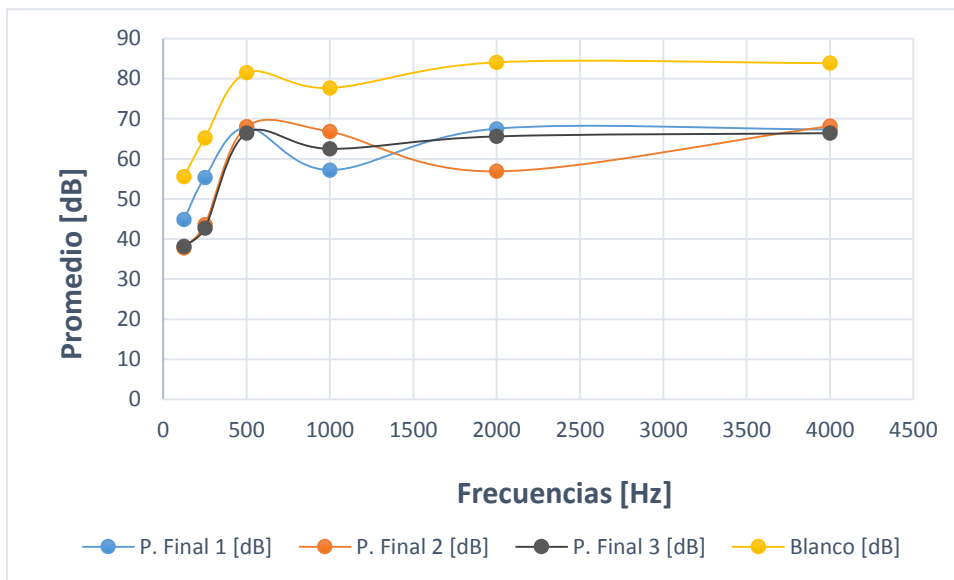
**Nota:** Se presentan los promedios de frecuencias de las cuatro mediciones realizadas. Fuente: (Guevara, 2023).

En la siguiente grafica se pueden encontrar los tres materiales medidos por debajo de la curva de la medición del blanco, representando una absorción acústica por medio del material en cada una de las frecuencias emitidas.

Los tres productos finales presentaron un comportamiento muy similar en las mediciones a cada frecuencia dando a entender que el nivel de aislamiento acústico es casi el mismo para los tres materiales obtenidos, el proyecto “Comportamiento de tableros a base de madera, durante ensayos de atenuación ultrasónica” da la explicación que el tablero de madera solida presenta un constante cambio como medio de transmisión acústica, el autor concluye que se da este fenómeno por la cantidad de adhesivo (resina) que presenta el tablero, ya que considera que al aumentar el contenido de resina existiría una mejor continuidad como medio de aislamiento , ya que permitiría una buena conexión entre las partículas de madera o fibras permitiendo que exista menor presencia de cavidades de aire en el interior (Garay & Silva , 2011). Existe una alta probabilidad de que al usar la misma cantidad de resina en los tres productos finales, estos tengan una característica parecida de aislamiento acústico.

**Figura 30.**

*Variación de medición entre el blanco y los 3 productos finales*



**Nota:** Ilustración de los promedios de frecuencias de las cuatro mediciones realizadas.

Fuente: (Guevara, 2023).

#### 4.6. Análisis en la frecuencia 125 Hz

A continuación se exponen los resultados de la diferencia del promedio de frecuencia a 125 Hz de la medición del blanco con el promedio de frecuencia a 125 Hz de los tres productos finales.

**Tabla 13.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 125 Hz*

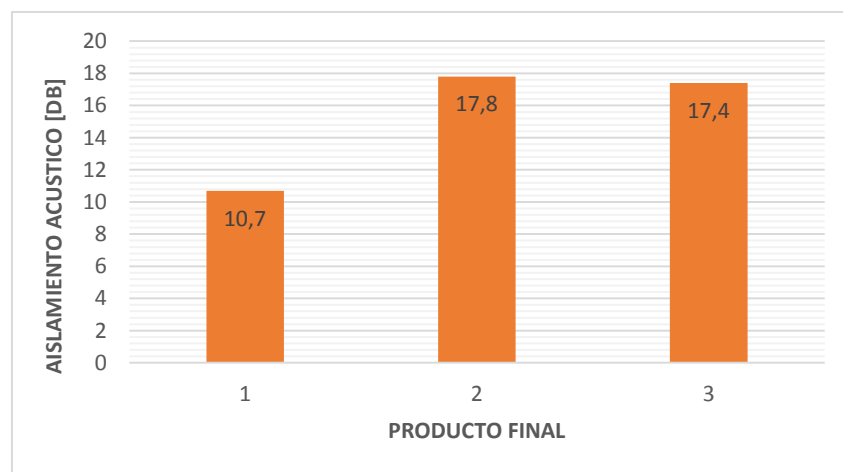
Producto final	Frecuencia 125 Hz		Aislamiento acústico [dB]
	Promedio blanco [dB]	promedio producto final [dB]	
1	55,6	44,9	10,7
2	55,6	37,8	17,8
3	55,6	38,2	17,4

**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

El resultado de la diferencia de los tres productos finales presentados en la tabla 13, es el aislamiento acústico de cada material en relación a un tono emitido a una frecuencia de 125 Hz.

**Figura 31.**

*Análisis en la frecuencia 125 Hz*



**Nota:** Ilustración del aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

Los productos finales dos y tres, presentan un mayor aislamiento acústico con valores de 17,8 y 17,4 dB respectivamente en relación al producto final uno, siendo posible que el producto final uno tenga un menor valor por la textura del acabado del material, siendo un producto más poroso. Los autores Ibarra y Ortiz exponen diferentes materiales de construcción a la frecuencia de 125 Hz, en donde un bloque de hormigón tiene aproximadamente 36 dB de aislamiento acústico con relación a un piso de madera que tiene un aislamiento acústico de 15 dB, siendo un valor similar de aislamiento comparado con los tres productos finales (Ibarra & Ortiz, 2014).

#### 4.7. Análisis en la frecuencia 250 Hz

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la diferencia del promedio de frecuencia a 250 Hz de la medición del blanco con el promedio de frecuencia a 250 Hz de los tres productos finales.

**Tabla 14.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 250 Hz*

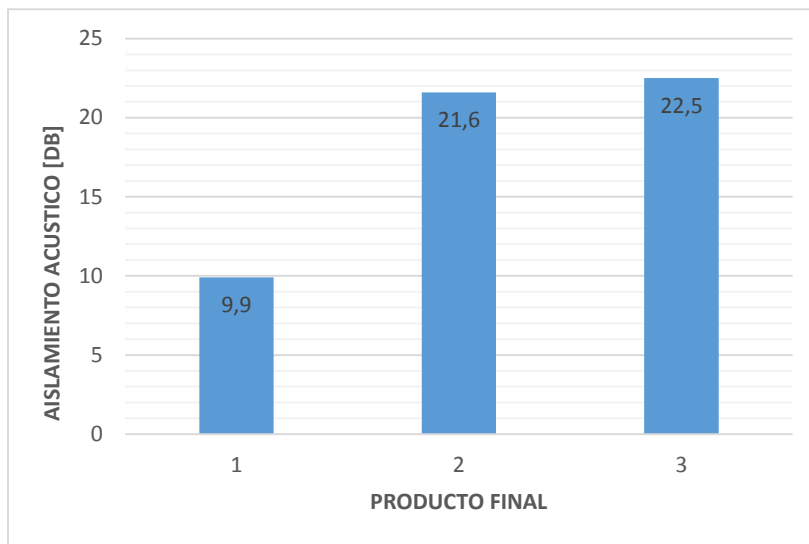
Frecuencia 250 Hz			
Producto final	Promedio blanco [dB]	promedio producto final [dB]	Aislamiento acústico [dB]
1	65,2	55,3	9,9
2	65,2	43,6	21,6
3	65,2	42,7	22,5

**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

El resultado de la diferencia de los tres productos finales presentados en la tabla 14, es el aislamiento acústico de cada material en relación a un tono emitido a una frecuencia de 250 Hz. Uno de los materiales utilizados para la construcción de paneles acústicos es la fibra mineral, esta fibra mineral puede tener un espesor de 2,5 cm y sometida a un análisis de aislamiento acústico a una frecuencia de 250 Hz da como resultado una absorción acústica de 45 dB (Ibarra & Ortiz, 2014). Considerando que el espesor de la fibra mineral es mayor que el de los productos finales se considera que posee una mejor calidad de aislamiento acústico.

**Figura 32.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 250 Hz*



**Nota:** Ilustración del aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

Al igual que la frecuencia anterior los productos finales dos y tres, presentan valores de 21,6 y 22,5 dB respectivamente, siendo superiores en relación al producto final uno, exponiendo que para esta frecuencia baja de 250 dB poseen un mejor aislamiento acústico.

#### **4.8. Análisis en la frecuencia 500 Hz**

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la diferencia del promedio de frecuencia a 500 Hz de la medición del blanco con el promedio de frecuencia a 500 Hz de los tres productos finales.

**Tabla 15.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 500 Hz*

<b>Frecuencia 500 Hz</b>			
<b>Producto final</b>	<b>Promedio blanco [dB]</b>	<b>promedio producto final [dB]</b>	<b>Aislamiento acústico [dB]</b>

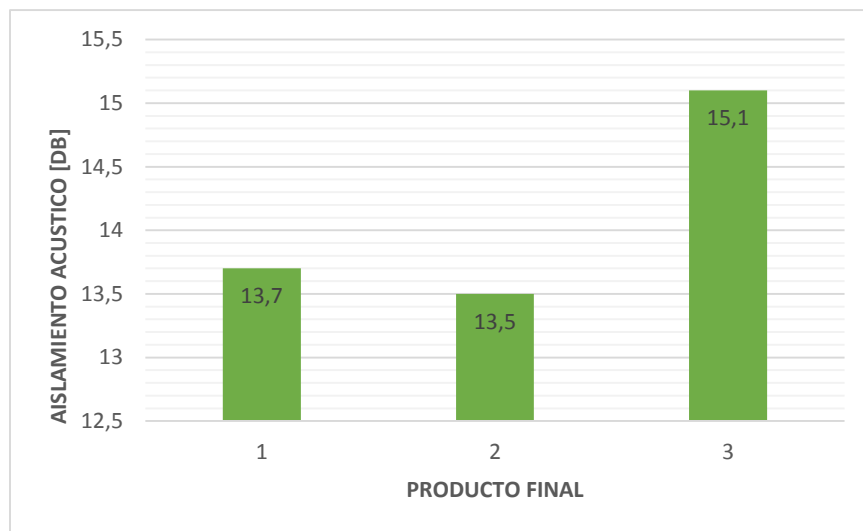
1	81,5	67,8	13,7
2	81,5	68,0	13,5
3	81,5	66,4	15,1

**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

El resultado de la diferencia de los tres productos finales presentados en la tabla 15, es el aislamiento acústico de cada material en relación a un tono emitido a una frecuencia de 500 Hz.

**Figura 33.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 500 Hz*



**Nota:** Ilustración del aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

Para la frecuencia de 500 Hz el mejor aislante acústico es el producto final tres con un valor de 15,1 dB. Siendo posible que este material tenga este comportamiento debido a su mezcla compuesta entre los tres residuos valorizados. El documento titulado “Base de datos de coeficientes de absorción sonora de diferentes materiales” da a conocer el valor de aislamiento acústico de varios materiales a diferentes frecuencias, a una frecuencia de 500

Hz una alfombra colocada sobre una pared tiene un aislamiento acústico de 21 dB, siendo el material más cercano con un valor de absorción en relación al producto final tres (Flores , Ferreyra, Longoni , Ramos , & Tommasini, 2013).

#### 4.9. Análisis en la frecuencia 1000 Hz

A continuación se exponen los resultados de la diferencia del promedio de frecuencia a 1000 Hz de la medición del blanco con el promedio de frecuencia a 1000 Hz de los tres productos finales.

**Tabla 16.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 1000 Hz*

<b>Frecuencia 1000 Hz</b>			
<b>Producto final</b>	<b>Promedio blanco [dB]</b>	<b>promedio producto final [dB]</b>	<b>Aislamiento acústico [dB]</b>
1	77,7	57,2	20,5
2	77,7	66,8	10,9
3	77,7	62,5	15,2

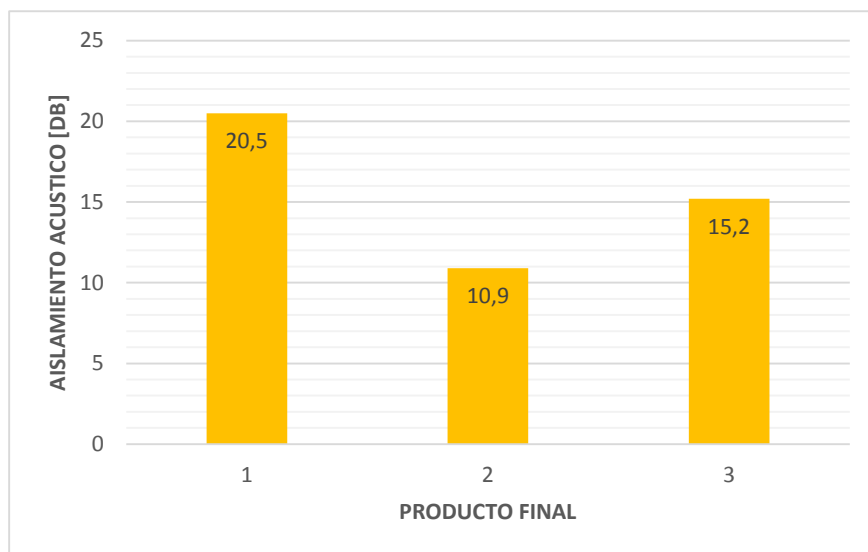
**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

El resultado de la diferencia de los tres productos finales presentados en la tabla 16, es el aislamiento acústico de cada material en relación a un tono emitido a una frecuencia de 1000 Hz.



**Figura 34.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 1000 Hz*



**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

El producto final uno tiene un aislamiento acústico de 20,5 dB, siendo el mejor material a ser usado para esta frecuencia media de 1000 Hz, en segundo lugar se encuentra el producto final dos que presenta un aislamiento acústico de 15,2 dB, siendo también un buen material de uso ante la frecuencia mencionada y por último está el producto final tres con el menor valor de 10,9 dB de aislamiento acústico. Los autores Ureña, Hecheverría, Vaca y Núñez, plantean una propuesta para aislar el ruido exterior en construcciones arquitectónicas, presentando un prototipo de panel perforado con doble relleno de material absorbente que va colocado directamente a la pared, sus análisis indican que expuesto una frecuencia de 1000 Hz se tiene un aislamiento acústico mayor a 80 dB, considerando que el prototipo que exponen los autores tiene una mejor absorción del sonido ya que incorpora mayor material acústico y un tablero perforado (Ureña , Hecheverría , Vaca, & Núñez, 2017).

#### 4.10. Análisis en la frecuencia 2000 Hz

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la diferencia del promedio de frecuencia a 2000 [Hz] de la medición del blanco con el promedio de frecuencia a 2000 [Hz] de los tres productos finales.

**Tabla 17.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 2000 Hz*

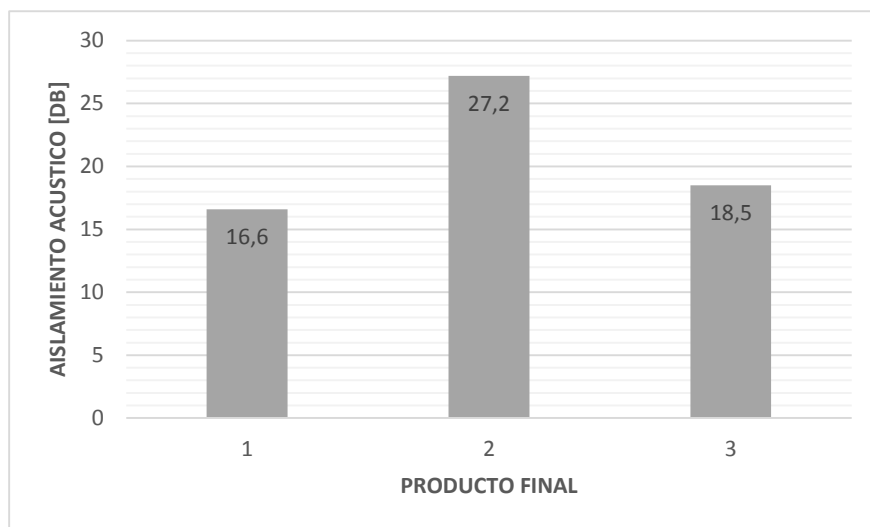
Frecuencia 2000 Hz			
Producto final	Promedio blanco [dB]	promedio producto final [dB]	Aislamiento acústico [dB]
1	84,1	67,5	16,6
2	84,1	56,9	27,2
3	84,1	65,6	18,5

**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

El resultado de la diferencia de los tres productos finales presentados en la tabla 17, es el aislamiento acústico de cada material en relación a un tono emitido a una frecuencia de 2000 Hz.

**Figura 35.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 2000 Hz*



**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

Por un considerable valor en relación a los otros dos, el producto final dos presenta un aislamiento acústico de 27,2 dB, siendo el material más factible para aislar la frecuencia alta de 2000 Hz, es posible que el material al tener un acabado robusto y poco poroso permita un mejor aislamiento acústico. De acuerdo con el tema “Estudio de la influencia del tipo de fibra y resina en composites como soluciones ligeras para aislamiento acústico” se pone en análisis el aislamiento acústico a diferentes tipos de fibras adheridas por resina, en donde sus resultados explican que la fibra de lino y la fibra de yute adheridos con resina de poliéster llegan a un aislamiento de 26 dB a la frecuencia de 2000 Hz, siendo un material bastante similar la absorción acústica comprado con el producto final dos (Del Rey, Alba , Crespo , & Fontoba , 2017)

#### **4.11. Análisis en la frecuencia 4000 Hz**

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la diferencia del promedio de frecuencia a 4000 Hz de la medición del blanco con el promedio de frecuencia a 4000 Hz de los tres productos finales.

**Tabla 18.**

*Aislamiento acústico a la frecuencia de 4000 Hz*

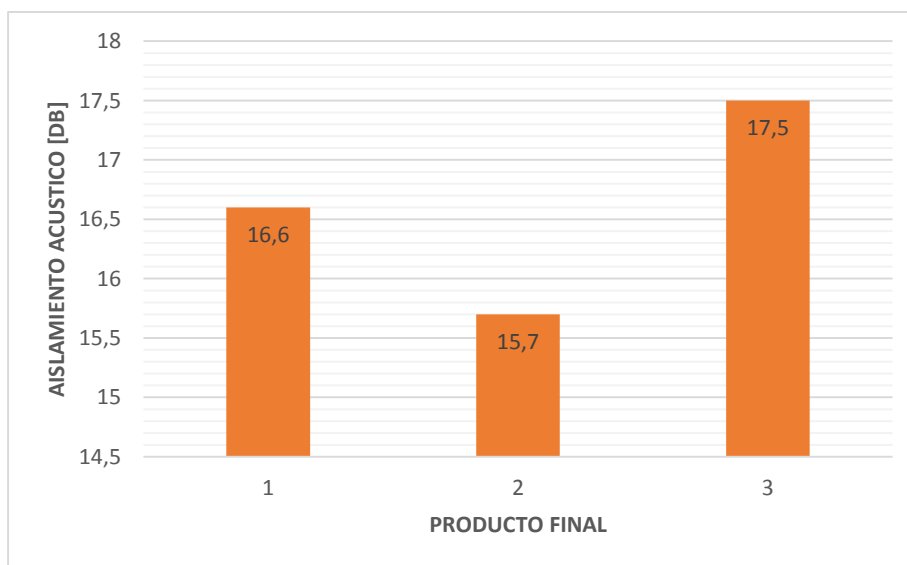
Frecuencia 4000 Hz			
Producto final	Promedio blanco [dB]	promedio producto final [dB]	Aislamiento acústico [dB]
1	83,9	67,3	16,6
2	83,9	68,2	15,7
3	83,9	66,4	17,5

**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

El resultado de la diferencia de los tres productos finales presentados en la tabla 18, es el aislamiento acústico de cada material en relación a un tono emitido a una frecuencia de 4000 Hz.

**Figura 36.**

*Análisis en la frecuencia 4000 Hz*



**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

Para la frecuencia alta de 4000 Hz, la variación de aislamiento acústico entre los tres productos finales es muy poca, sin embargo el producto final tres presenta un valor más elevado que los otros dos, obteniendo un aislamiento acústico de 17,5 dB. Según las tablas de aislamiento acústico presentadas en el documento titulado “Base de datos de coeficientes de absorción sonora de diferentes materiales”, los paneles de yeso “Armstrong” que son colocados en los techos con perfiles de ángulo tienen un aislamiento de 60 dB, a una frecuencia de 4000 Hz, el nivel de absorción de este material es alto ya que tiene la característica de ser muy liviano y poroso, teniendo un espesor de 16 mm, a diferencia del producto final tres que tiene un espesor aproximado de 9 mm (Flores , Ferreyra, Longoni , Ramos , & Tommasini, 2013).

En los análisis de todas las seis frecuencias se resaltó cual es el material con más capacidad de aislamiento acústico en cada frecuencia, esto con el fin de entender que dentro de un proyecto de acondicionamiento acústico es importante saber que material puede ser utilizado para cumplir con los objetivos propuestos a futuro y poder intervenir en el ruido acústico.

El ruido acústico es todo sonido no deseado por el receptor, la actividad humana es la principal emisión de sonido, pudiendo generar ruido a través de actividades comunes como vivienda, industria y transporte. En dependencia de los niveles de sonido estos pueden llegar a causar afectaciones a la salud (Vargas, 2020).

#### **4.12. Análisis de aislamiento acústico global**

El cálculo del análisis de aislamiento acústico global o también conocido como coeficiente de reducción de ruido de un material según los autores Ibarra y Ortiz “es un número único que es el valor de la media de los coeficientes de absorción del material a las frecuencias de 125, 250, 500, 1000 y 2000 Hz” (Ibarra & Ortiz, 2014). Hace referencia a la capacidad que tiene cada producto final de aislar el ruido (conjunto de frecuencias), para esto se realizó una sumatoria de los promedios de frecuencia Hz y se lo dividió para el número de frecuencias trabajadas, en este caso seis frecuencias.

$$medicion\ global = \frac{\sum F125 + F250 + F500 + F1000 + F2000 + F4000 [dB]}{FT}$$

**Donde:**

F125: promedio de frecuencia a 125 Hz

F250: promedio de frecuencia a 250 Hz

F500: promedio de frecuencia a 500 Hz

F1000: promedio de frecuencia a 1000 Hz

F2000: promedio de frecuencia a 2000 Hz

F4000: promedio de frecuencia a 4000 Hz

FT: Número de frecuencias analizadas

- **Medición del blanco**

Obtenidos los datos de la tabla 8.

$$medicion\ global = \frac{55,6\ dB + 65,2\ dB + 81,5\ dB + 77,7\ dB + 84,1\ dB + 83,9\ dB}{6}$$

$$medicion\ global = 74,7\ dB$$

- **Medición producto final 1**

Obtenidos los datos de la tabla 9.

$$medicion\ global = \frac{44,9\ dB + 55,3\ dB + 67,8\ dB + 57,2\ dB + 67,5\ dB + 67,3\ dB}{6}$$

$$medicion\ global = 60,0\ dB$$

- **Medición producto final 2**

Obtenidos los datos de la tabla 10.

$$medicion\ global = \frac{37,8\ dB + 43,6\ dB + 68,0\ dB + 66,8\ dB + 56,9\ dB + 68,2\ dB}{6}$$

$$medicion\ global = 56,9\ dB$$

- **Medición producto final 3**

Obtenidos los datos de la tabla 11.

$$medicion\ global = \frac{38,2\ dB + 42,7\ dB + 66,4\ dB + 62,5\ dB + 65,6\ dB + 66,4\ dB}{6}$$

$$medicion\ global = 57,0\ dB$$

En la siguiente tabla se presentan el aislamiento acústico global en dB, para lo cual se toma el resultado de la medición del blanco como base y se calcula la diferencia entre cada medición de los productos finales, y obtener el valor de aislamiento como propiedad de cada material.

**Tabla 19.**

*Resultados de análisis de aislamiento acústico global*

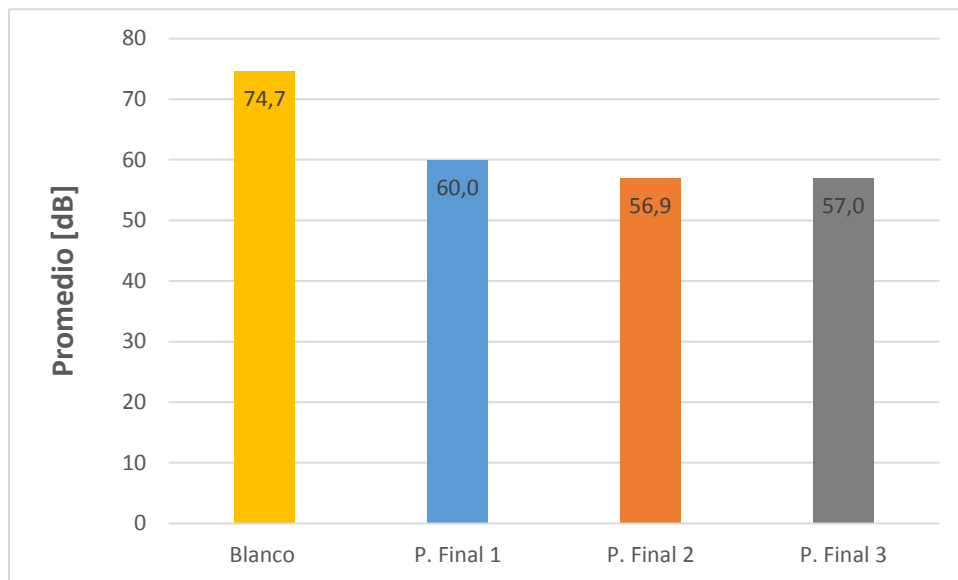
<b>Producto final</b>	<b>Medición del blanco dB</b>	<b>Medición de producto final dB</b>	<b>Aislamiento acústico global dB</b>
<b>1</b>	74,7	60,0	14,7
<b>2</b>	74,7	56,9	17,8
<b>3</b>	74,7	57,0	17,7

**Nota:** Se obtuvo el aislamiento acústico global de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

En la siguiente grafica se ve representado el aislamiento acústico global de cada una de las mediciones realizadas (blanco, producto final uno, dos, y tres).

**Figura 37.**

*Análisis de aislamiento acústico global*



**Nota:** Ilustración del aislamiento acústico global de los tres productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

Con la diferencia de promedio global en dB del blanco con relación a cada producto final, se obtuvo que el mejor material para aislamiento acústico es el producto final dos, con un valor de 17,8 dB, considerando que el material presenta una estructura firme, robusta y sin mucha porosidad lo que permite que no exista mayor traspaso del ruido a través del producto final durante las mediciones.

En si se consideró que los que los tres productos finales presentan un buen aislamiento acústico global ya que la variación entre los tres materiales es de 3,1 dB.

Según los autores Ordoñez y Vélez explican al aislamiento acústico como la capacidad que posee un material para atenuar el sonido en el aire a través de un obstáculo, dicha característica está presente en los tres productos finales construidos en este proyecto, para que un material sea un buen aislante acústico tiene que ser un poco porosos y de ser posible flexibles donde sus rangos de atenuación de sonido lleguen a los 20 dB, este tipo de



materiales con dicha atenuación poseen una mayor eficacia si es colocado en las paredes, formando paredes de asilamiento, las cuales para que tengan mayor eficiencia hay que tomar en cuenta los detalles de que las juntas del material aislante se encuentre bien sellado (Ordoñez & Vélez , 2014).

#### 4.13. Análisis de la varianza (Anova)

Se consideró aplicar un análisis de varianza para determinar si cualquiera de las diferencias entre las medias de cada uno de los productos finales en relación a las seis frecuencias utilizadas es estadísticamente significativa, representado el resultado fundamental como el valor p.

Valor p se lo obtiene mediante el uso del software “Infostat”, en donde se importa la tabla 20 y se procede a realizar el cálculo de la varianza. El valor p permite comparar el nivel de significancia para evaluar una hipótesis nula. El nivel de significancia conocido como alfa  $\alpha$  funciona con un valor de 0,05. Este valor de significancia indica un riesgo de 5% de concluir que existe una diferencia cuando no hay una diferencia real.

**Hipótesis nula:** la construcción de los tres productos finales a partir de residuos valorizados de MDF, aglomerado y fibra de vidrio presentan la propiedad de aislamiento acústico similar.

**Tabla 20.**

*Análisis de varianza*

<b>Muestra</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Aislamiento acústico</b>
1	125	44,9
1	250	55,3
1	500	67,8
1	1000	57,2
1	2000	67,5
1	4000	67,3

2	125	37,8
2	250	43,6
2	500	68,0
2	1000	66,8
2	2000	56,9
2	4000	68,2
3	125	38,2
3	250	42,7
3	500	66,4
3	1000	62,5
3	2000	65,6
3	4000	66,4

**Nota:** Determina todas las medias de las 3 muestras en relación a las seis frecuencias utilizadas. Fuente: (Guevara, 2023).

**Figura 38.**

*Análisis de varianza*

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1989.56	7	284.22	13.79	0.0002
Frecuencia	1951.71	5	390.34	18.94	0.0001
Muestra	37.84	2	18.92	0.92	0.4304
Error	206.07	10	20.61		
Total	2195.63	17			

**Nota:** Obtención del valor de p de las tres muestras analizadas. Fuente: (Guevara, 2023).

El resultado del valor de p es 0,4304 en el análisis de varianza de las muestras. Siendo un valor más alto que el nivel de significancia de 0,005. Permitiendo expresar que la diferencia entre las medias de los tres productos finales en relación a las seis frecuencias utilizadas no son estadísticamente significativas, es decir, que no se rechaza la hipótesis de que el aislamiento acústico es similar entre los tres productos finales construidos a partir de residuos valorizados.

Mediante la prueba de Tukey, las comparaciones de las medias de los tres productos finales permitieron estimar el grado de diferencia. La siguiente figura informativa representa la agrupación para determinar rápidamente si la diferencia de las medias de las tres muestras es estadísticamente significativa. Los grupos que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Figura 39.**

*Análisis de Tukey*

```

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=7.18460
Error: 20.6070 gl: 10
Muestra Medias n E.E.
2      56.88  6 1.85 A
3      56.97  6 1.85 A
1      60.00  6 1.85 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

```

**Nota:** Obtención del análisis de Tukey de las tres muestras analizadas. Fuente: (Guevara, 2023).

Las tres muestras en el análisis de Tukey comparten la misma letra, quiere decir que, las medias de los tres productos finales no son estadísticamente significativas

#### **4.14. Viabilidad del modelo de economía circular**

La propuesta realizada a la empresa “Dbas Soluciones acústicas”, es que utilizando los residuos que se genera en mayor cantidad (MDF, aglomerado y fibra de vidrio) sean reutilizados para fabricar un nuevo producto reciclado con características de acondicionamiento acústico. Demostrando que se puede poner fin a la economía lineal que ha venido llevando y poner en práctica un nuevo modelo de economía circular.

Los autores Hermida y Domínguez explican a la economía circular como la capacidad de dañar lo menos posible la naturaleza, entender que las actividades que realiza el hombre traen consecuencias al medio ambiente y que debemos elegir los beneficios para la salud y conservación del planeta (Hermida & Domínguez , 2014).

Al tener los resultados técnicos de los productos finales obtenidos en este proyecto, la empresa considero que es un buen material para utilizarlo en procesos de aislamiento acústico, siendo comparado con la lana de vidrio, que es otro material utilizado para rellenar paneles, techos o paredes con un alto nivel de absorción acústica, según Inche , Chung y Vizarreta, la lana de vidrio es el material resultante de pasar hilos de vidrio fundido por aire frio para luego ser compactados añadiendo resina. Tras un análisis del nivel de aislamiento de lana de vidrio los autores concluyen que este material tiene un aislamiento acústico de 39.8 dB (Inche , Chung, & Vizarreta , 2010).

Otra comparación oportuna, es de los productos finales con un panel acústico que este ya en el mercado, la empresa peruana “ACH” comercializa paneles acústicos uno de esos paneles lo llaman como “panel sándwich” conformado por fibra de vidrio entre madera, este panel según la empresa tiene la capacidad de aislar 33 dB (ACH, 2022), siendo aproximadamente el doble de los valores obtenidos como aislante acústico en los productos finales.

Además la empresa “Dbas Soluciones acústicas” debía conocer el costo que conlleva la fabricación de los materiales reciclados. A continuación se detalla el costo total que conllevo a la fabricación de los tres productos finales, en donde se toma en cuenta todos los materiales y equipos que fueron necesarios adquirir para conseguir este proyecto

**Tabla 21.**

*Costo total para fabricación de los tres productos finales*

ACTIVIDAD	RECURSO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Caracterización los residuos a ser utilizados (MDF, aglomerado y fibra de vidrio)	Guantes de protección	2 pares	\$3.00	\$6.00
	Gafas de protección	1 gafas	\$4.00	\$4.00
Almacenamiento y cuantificación de los residuos a ser utilizados (MDF, aglomerado y fibra de vidrio).	Sacos de polipropileno	6 sacos	\$0.50	\$3.00

Determinación de las 3 diferentes mezclas que estarán conformadas el material aislante de ruido reciclado.	baldes	3 baldes	\$3.00	\$12.00
Pesaje de cada residuo a ser utilizado (MDF, aglomerado y fibra de vidrio).	Balanza	1 balanza	\$12.00	\$12.00
Realización de un tamizado de cada uno de los materiales reciclados (MDF, aglomerado y fibra de vidrio) para eliminar partículas de tamaño no deseado.	Malla con orificios de 0.2 cm de diámetro	1 metro cuadrado	\$3 por metro	\$3.00
	Fundas ziploc	5 fundas	\$0.80	\$4.00
Realización de las 3 mezclas especificadas en la actividad 3, cada una por individual, añadiendo acetato de polivinilo.	Mezclador de taladro	1 mezclador	\$15	\$15.00
	acetato de polivinilo	Tarros de 1 galón	\$27.00	\$27.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$86.00</b>

. **Nota:** Costo de los materiales y equipos que fueron necesarios adquirir para fabricar los 3 productos finales. Fuente: (Guevara, 2023).

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Los tres residuos (MDF, aglomerado y fibra de vidrio) generados por la empresa “Dbas Soluciones Acústicas”, pasaron por un proceso de fabricación desde ser clasificados, tamizados y formar tres diferentes mezclas entre los residuos y resina, dando como resultado tres diferentes materiales reciclados, los cuales fueron expuestos a medición en la cámara de insonorización, donde se obtuvo o que los tres materiales si presentan propiedades de aislamiento acústico a diferentes frecuencias en relación a una medición en blanco.
- Los tres productos finales luego de ser sometidos a las mediciones en la cámara de insonorización, se obtuvo los resultados a cada una de las frecuencias donde presentan una funcionalidad de aislamiento acústico, los resultados se evaluaron entre sí, los tres productos finales tienen la capacidad de atenuar el sonido que lo atraviesa demostrando que si existe aislamiento acústico ya que sus rangos de atenuación acústico si llegan a 20 dB.
- El producto final dos, dentro de los análisis de aislamiento acústico es el que mayor valor de atenuación presenta, si se fabrica más materiales con la misma mezcla del producto final dos, estos pueden ser colocados en un recinto que requiera ser acondicionado acústicamente y se obtendrá un aislamiento de 17,8 dB.
- La empresa “Dbas Soluciones acústicas” presento conformidad con los niveles de aislamiento acústico obtenidos en los tres productos finales, presentando un énfasis en los análisis de cada frecuencia analizada, además, presento conciencia de que los residuos que genera la organización pueden ser valorizados y tratados para obtener nuevos materiales reciclados útiles en proyectos de aislamiento acústico, sin embargo, se mantiene como propuesta el implementar el modelo de economía circular dentro del proceso de producción, ya que la visión de la organización es obtener materiales reciclados como aislantes acústicos pero a mayor tamaño para que puedan ser utilizados en techos perforados o módulos móviles. Al costo presentado actual por obtener los productos finales, la empresa consideró que es un valor elevado para el tamaño del material reciclado obtenido en el proyecto.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para futuros proyectos considerar el espesor del material para analizar el aislamiento acústico, ya que es considerable que a mayor espesor del material presentara un mayor aislamiento acústico.
- Se puede llevar a cabo campañas de concientización que permitan dar a conocer que los residuos generados pueden ser valorizados e ingresados en un nuevo proceso para obtener nuevos materiales con propiedades funcionales, como es el caso en esta propuesta de aislamiento acústico.
- Se puede realizar encuestas a cierta población para conocer si estarían dispuestos a adquirir un material que ha sido fabricado a partir de residuos con la finalidad de minimizar el impacto ambiental.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ACH. (2022). *Los materiales más utilizados para aislar del ruido*. Obtenido de <https://panelesach.com/latam/pe/blog/aislamiento-acustico-materiales/>
- Arroyo, J. (2016). *Aprovechamiento del recurso biomasa a partir de los desechos de madera para una caldera de vapor* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11994/3/UPS-KT01220.pdf>
- Bustos, C. (2009). *La problemática de los desechos sólidos*. *Economía*, Vol. XXXIV. Obtenido de [http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista\\_27/Pdf/Rev27Bustos.pdf](http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista_27/Pdf/Rev27Bustos.pdf)
- Carrera , I., & Ramos , F. (2022). *Estudio de alternativas de valorización de residuos sólidos del Banco de Alimentos Quito (BAQ)*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/29573/1/FIQ-SA-CARRERA%20INGRID-RAMOS%20FERNANDA.pdf>
- Custode, F. (2017). *NORMATIVA AMBIENTAL ECUATORIANA PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*. Obtenido de <http://fernandocustode.blog.epn.edu.ec/?p=113>
- Dbas Soluciones acusticas . (s.f.). Obtenido de <https://www.dbas.com.ec/index.html>
- Del Rey, R., Alba , J., Crespo , J., & Fontoba , J. (2017). *ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE FIBRA Y RESINA EN COMPOSITES COMO SOLUCIONES LIGERAS PARA AISLAMIENTO ACÚSTICO*. Obtenido de chrome-



extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://documentacion.sea-acustica.es/publicaciones/Coruna17/AED-2%20011.pdf

FIBER GLASS ISOVER. (2018). *ACOUSTIC CONTROL HD, ACOUSTIC BLOCK Y PHONOFLOOR HD*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/p04\_ft\_081\_in\_acoustic\_block\_acoustic\_control\_y\_phonofloor\_es\_0.pdf

Flores , M., Ferreyra, S., Longoni , H., Ramos , O., & Tommasini, F. (2013). *BASE DE DATOS DE COEFICIENTES DE ABSORCIÓN SONORA DE DIFERENTES MATERIALES*. Obtenido de http://venus.santafeconicet.gov.ar/ojs/index.php/mc/article/view/4527

Garay , M., & Silva , S. (2011). *Comportamiento de tableros a base de madera, durante ensayos de atenuación ultrasónica*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0718-915X2011000300005

Gómez, A. (2020). *DISEÑO INDUSTRIAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE MADERA AGLOMERADA CON BASE EN LOS RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE CAJIBÍO, CAUCA*. Obtenido de https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/817/822

Guerreo, M. (2014). *“DESECHOS PULVERIZADOS DE MDF PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPLEMENTOS DECORATIVOS DE HOGAR*. Obtenido de https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1019

Hermida, C., & Domínguez , M. (2014). *Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3*. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4881026

Ibarra , D., & Ortiz, A. (2014). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE INSONORIZACIÓN Y VENTILACIÓN PARA CUARTOS DE MÁQUINAS*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6582/6/UPS-KT00829.pdf

Inche , J., Chung, A., & Vizarreta , R. (2010). *Diseño y desarrollo de nuevos materiales textiles para el aislamiento y acondicionamiento acústico*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/816/81619989012.pdf

Instituto Nacional De Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2011). *DOCUMENTACIÓN TOXICOLÓGICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL LÍMITE DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL DEL ACETATO DE POLIVINILO*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.insst.es/documents/94886/288901/DLEP+59+Acetato+de+vinilo.pdf/1b8e6b6e-2c0f-4e21-88b8-442d9cfbe8fe?version=1.0&t=1528396305642

Lett, L. (2014). *Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular*. Obtenido de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412014000100001&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412014000100001&script=sci_arttext&tlng=pt)

Lopez, A., Álvarez , A., & Mendez , R. (2017). *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/336576508\\_CONDICIONES\\_FISICAS\\_DE\\_LOS\\_RESIDUOS\\_DE\\_AGLOMERADOS\\_Y\\_SU\\_IMPACTO\\_ECONOMICO\\_A\\_NIVEL\\_EMPRESARIAL](https://www.researchgate.net/publication/336576508_CONDICIONES_FISICAS_DE_LOS_RESIDUOS_DE_AGLOMERADOS_Y_SU_IMPACTO_ECONOMICO_A_NIVEL_EMPRESARIAL)

Magrovejo, M., & Vasquez , M. (2016). *CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CADENA DE SUMINISTROS DE MUEBLES DE MADERA EN ECUADOR*. Obtenido de

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26487/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Muyulema, J. (2017). *La ecología industrial y la economía circular. Retos actuales al desarrollo de industrias básicas en el Ecuador*. Obtenido de <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/44>

Ordoñez , C., & Vélez , P. (2014). *ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CÁMARA ANECOICA PARA EL ANÁLISIS ACÚSTICO DE SISTEMAS MECÁNICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7461>

Ordóñez, L. (2015). *La acústica y la madera* . Obtenido de Revista M&M: <http://revista-mm.com/tableros-madera-y-subproductos/acustica-madera/>

Pino, N. (2016). *COMPORTAMIENTO ACÚSTICO DE TRES TIPOS DE VIVIENDAS: UN PROTOTIPO DE VIVIENDA DE EMERGENCIA FABRICADO BAJO EL SISTEMA CONSTRUCTIVO SIP (Structural Insulated Panel), UNA VIVIENDA SOCIAL Y UNA VIVIENDA DE EMERGENCIA ACTUAL (mediagua)*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151538/Comportamiento-acustico-de-tres-tipos-de-viviendas-un-prototipo-de-vivienda-de-emergencia-fabricado-bajo-el-sistema-constructivo-SIP-%28Structur>

Reyes, J. (2021). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS FORESTALES PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CON FINES COMERCIALES*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6333>

Salazar, E., & Cabrera, C. (2007). *Cálculo del coeficiente de reducción de ruido (NCR), de materiales utilizando una cámara de insonorización*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151538/Comportamiento-acustico-de-tres-tipos-de-viviendas-un-prototipo-de-vivienda-de-emergencia-fabricado-bajo-el-sistema-constructivo-SIP-%28Structur>

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/88e303f3-587c-4d00-a8ba-fd9aac88db3c/content

TECSOUND. (2009). *SISTEMAS DE ASILAMIENTO ACUSTICO*. Obtenido de [https://www.arauacustica.com/files/noticias/pdf\\_esp\\_439.pdf](https://www.arauacustica.com/files/noticias/pdf_esp_439.pdf)

Torres, K. (2022). *Diseño de una línea de objetos para el hogar, en base a los desperdicios madereros en la empresa Stilmuebles para tener un mejor aprovechamiento de la materia prima*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/20716/Plan%20de%20Trabajo%20de%20Titulaci%c3%b3n%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ureña , M., Hecheverría , R., Vaca, H., & Núñez, H. (2017). *Coefficiente de absorción acústica de fachadas arquitectónicas con paneles perforados frente al ruido exterior*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Rodney-Hechavarria/publication/325395879\_Coefficiente\_de\_absorcion\_acustica\_de\_fachadas\_arquitectonicas\_con\_paneles\_perforados\_frente\_al\_ruido\_exterior/links/5f7fea0b9

Valdés , A., López , E., & Aguilera , A. (2019). *Gestión de residuos industriales y sostenibilidad. Necesidad de un enfoque de economía ecológica*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202019000400424](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400424)

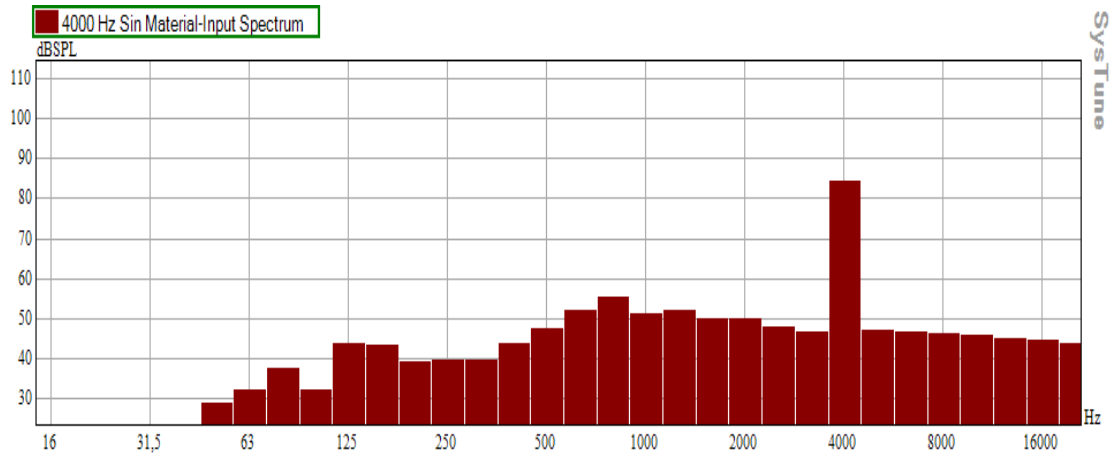
Vargas, A. (2020). *MATERIALES NATURALES ALTERNATIVOS A LA FIBRA DE VIDRIO EN LOS PRFV EN FUNCION DE SU AISLAMIENTO ACUSTICO*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/7838/1/455737-2020-I-GA.pdf

Zapata, J. (2021). *VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA COMUNA DE QUEMCHI, PROVINCIA DE CHILOÉ*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/9184/1/TESIS%20VALORIZACION%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20MUNICIPALES%20.Image.Marked.pdf

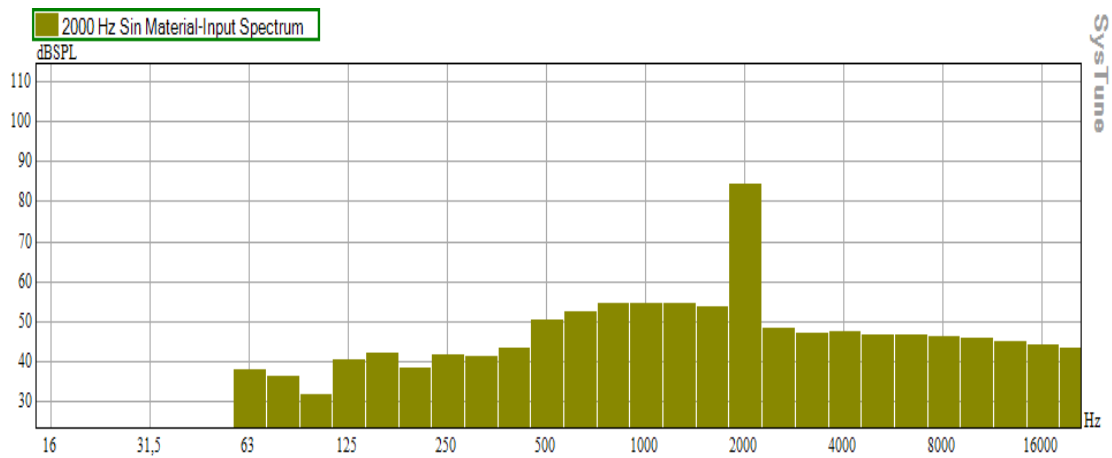
## 7. ANEXOS

En las siguientes ilustraciones se presentan las gráficas de medición sin material, con el producto final uno, dos y tres. Tomando como referencia el valor más alto de cada medición registrado en los resultados.

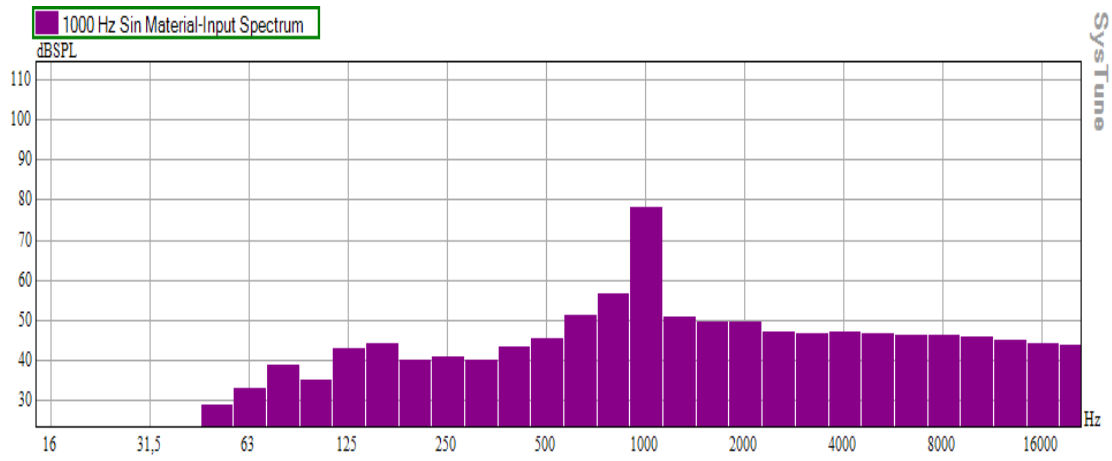
*Anexo 1. Medición 4000 Hz sin material*



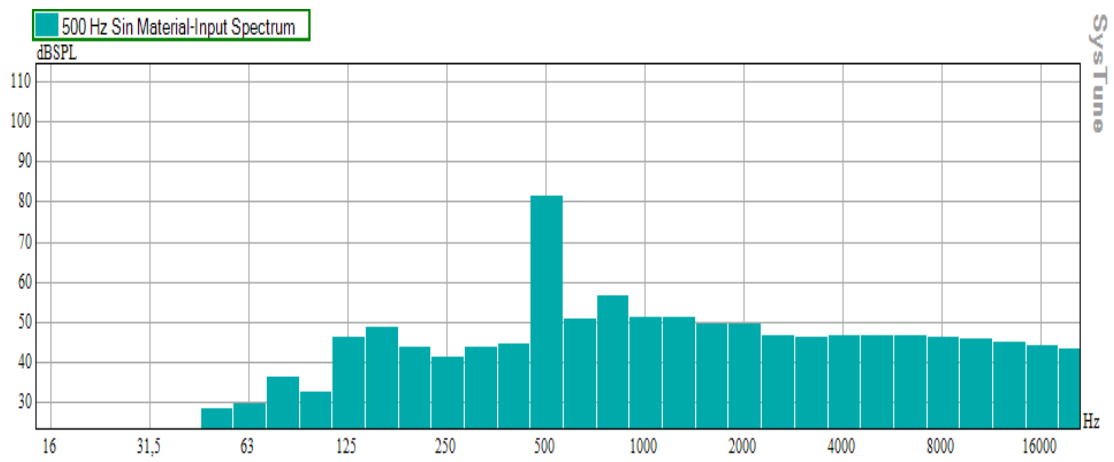
*Anexo 2. Medición 2000 Hz sin material*



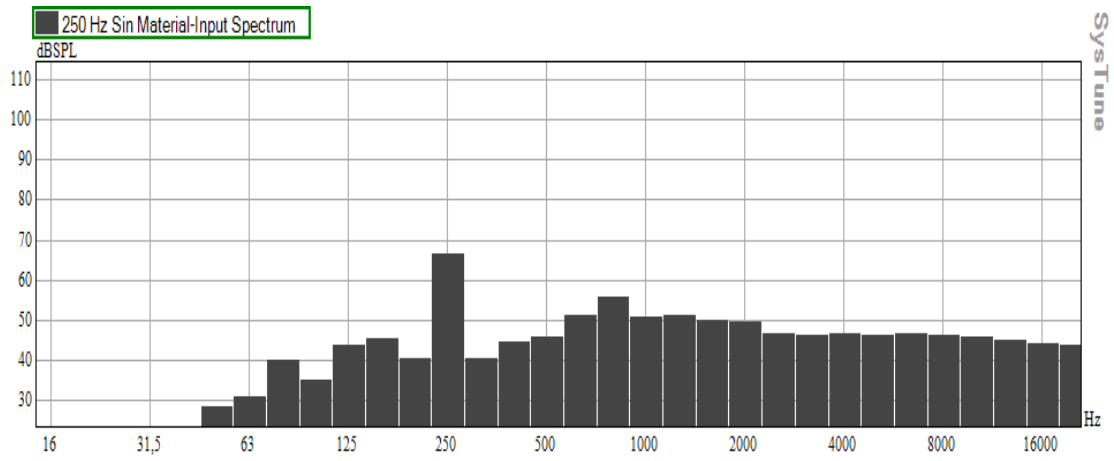
Anexo 3. Medición 1000 Hz sin material



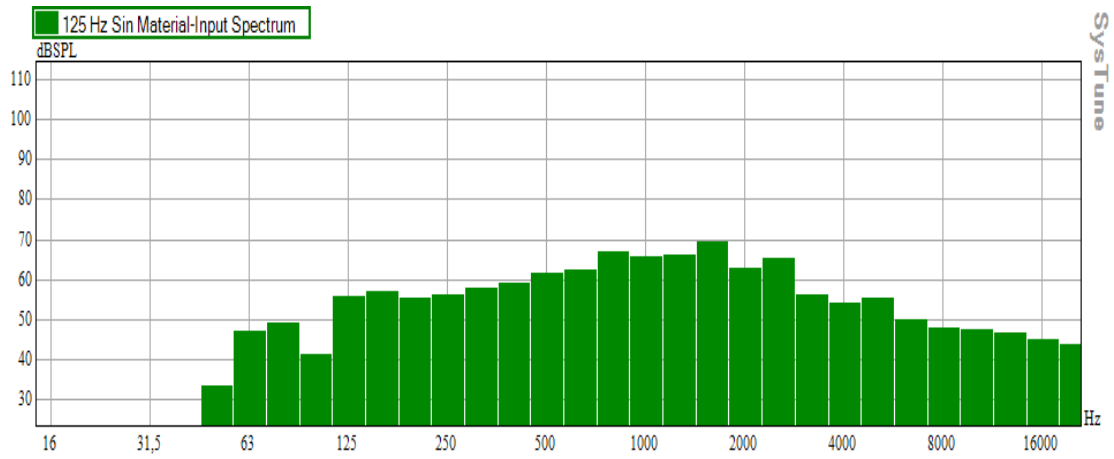
Anexo 4. Medición 500 Hz sin material



Anexo 5. Medición 250 Hz sin material

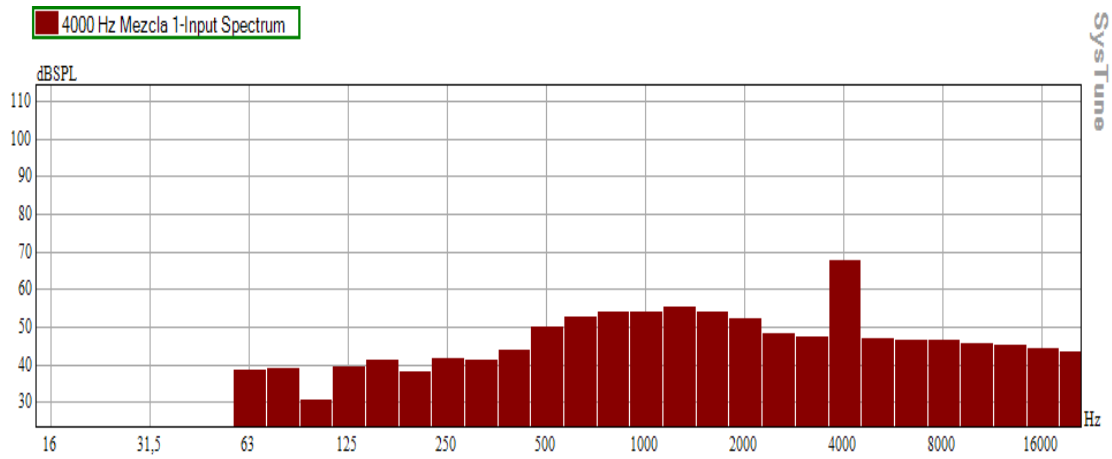


Anexo 6. Medición 125 Hz sin material

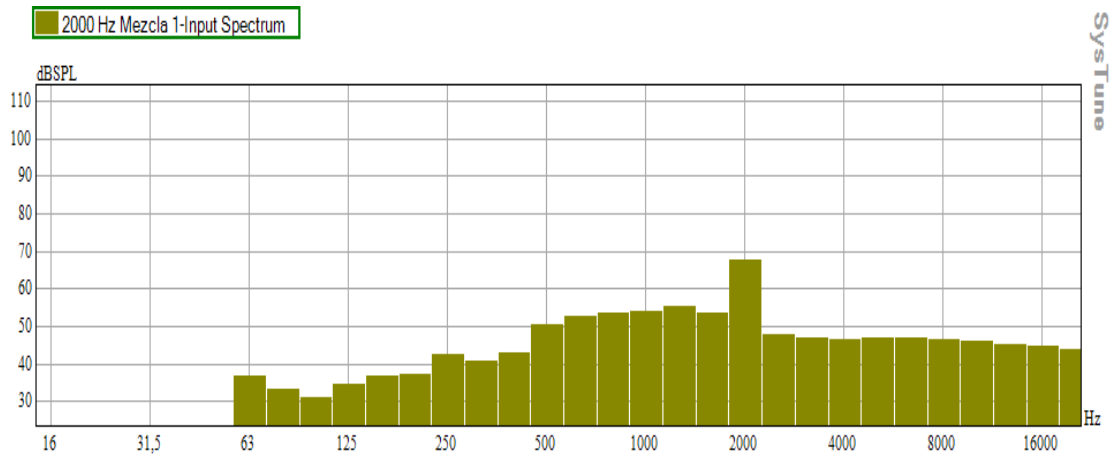




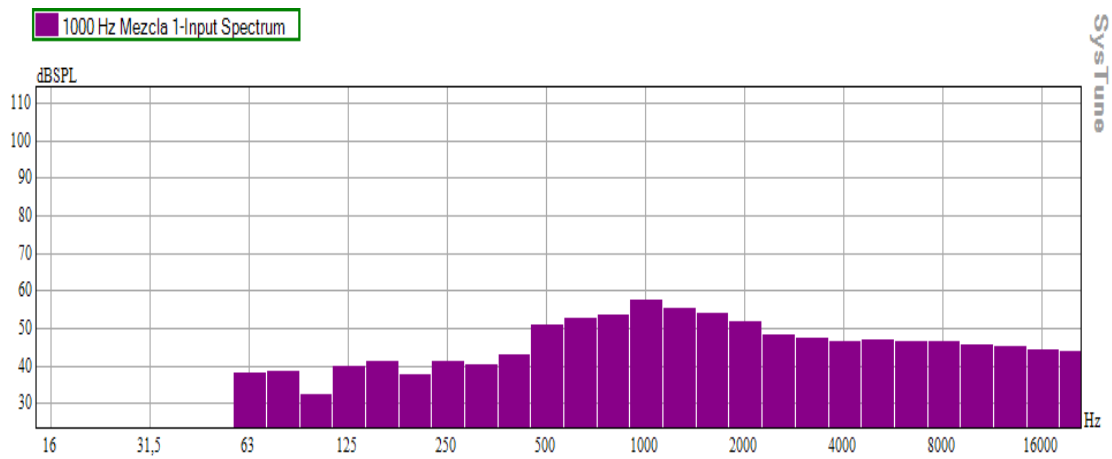
Anexo 7. Medición 4000 Hz producto final 1



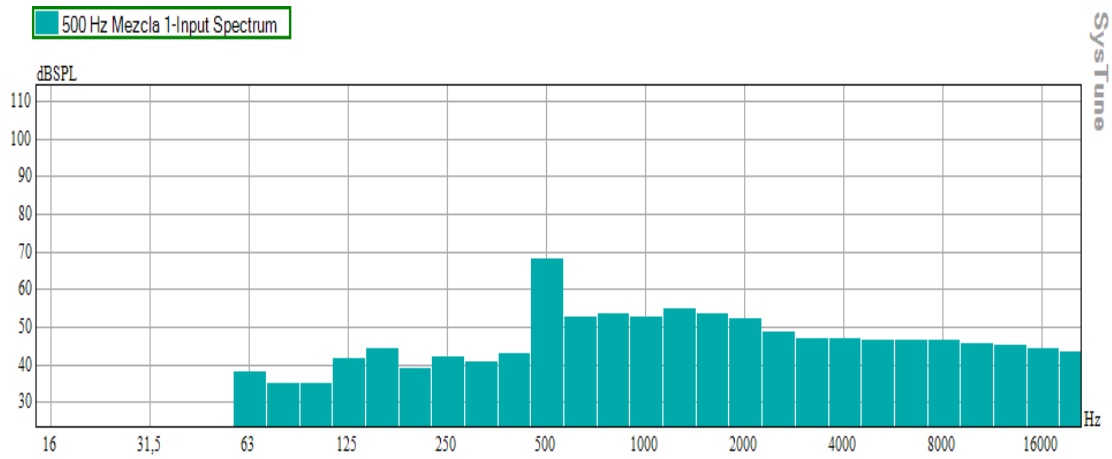
Anexo 8. Medición 2000 Hz producto final 1



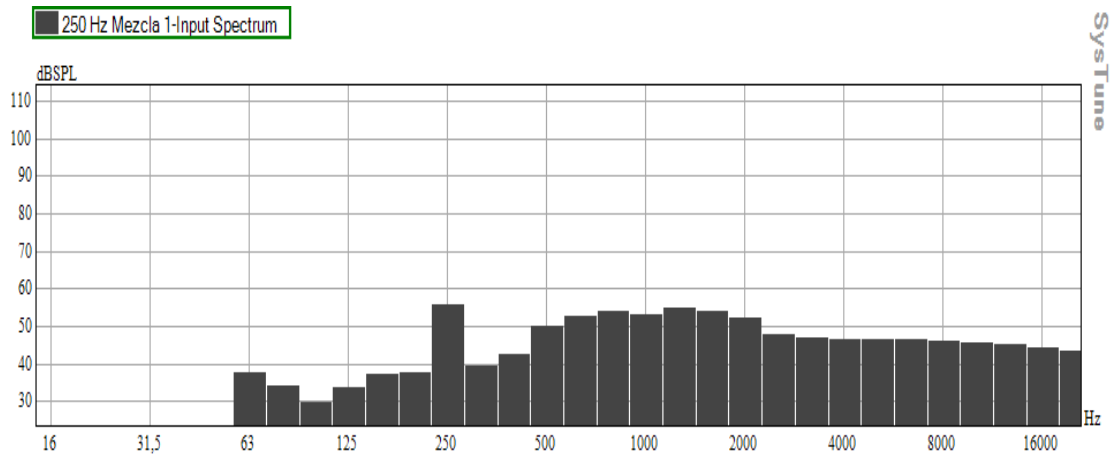
Anexo 9. Medición 1000 Hz producto final 1



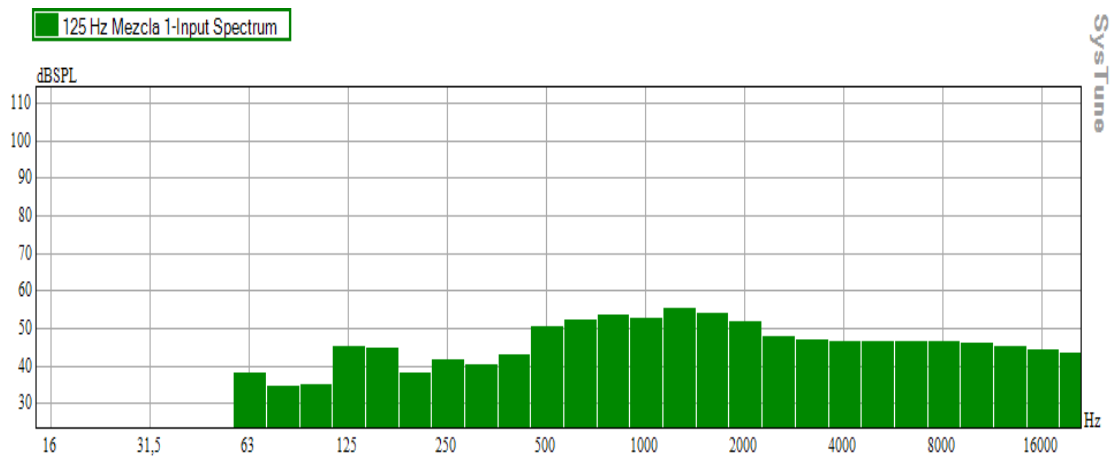
Anexo 10. Medición 500 Hz producto final 1



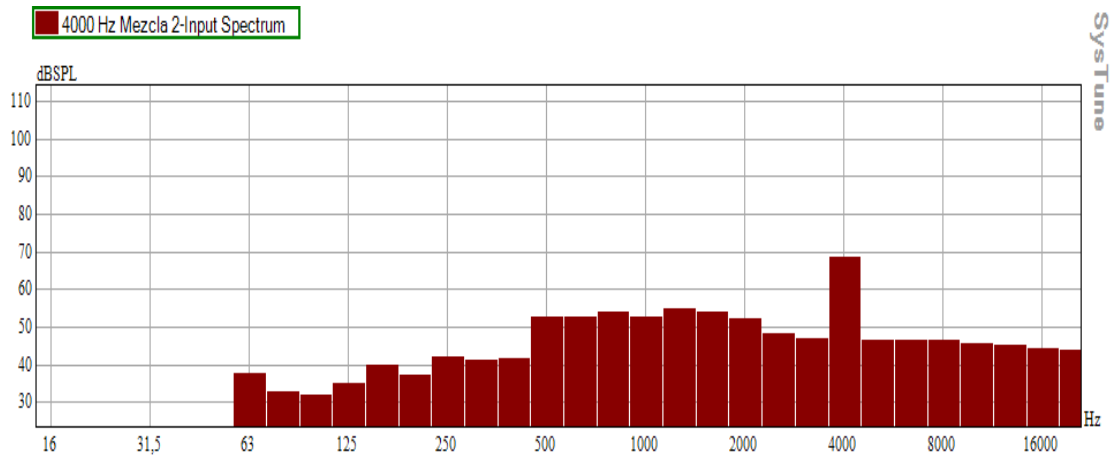
Anexo 11. Medición 250 Hz producto final 1



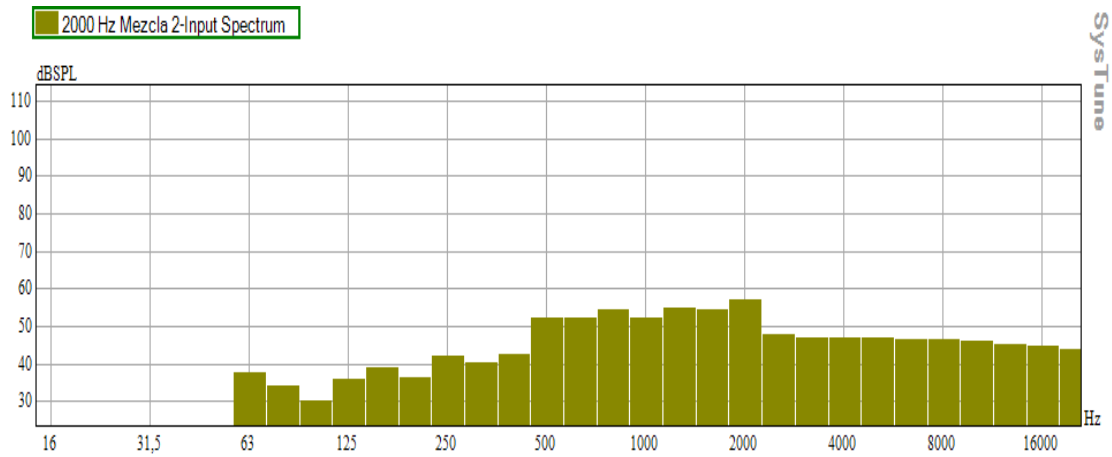
Anexo 12. Medición 125 Hz producto final 1



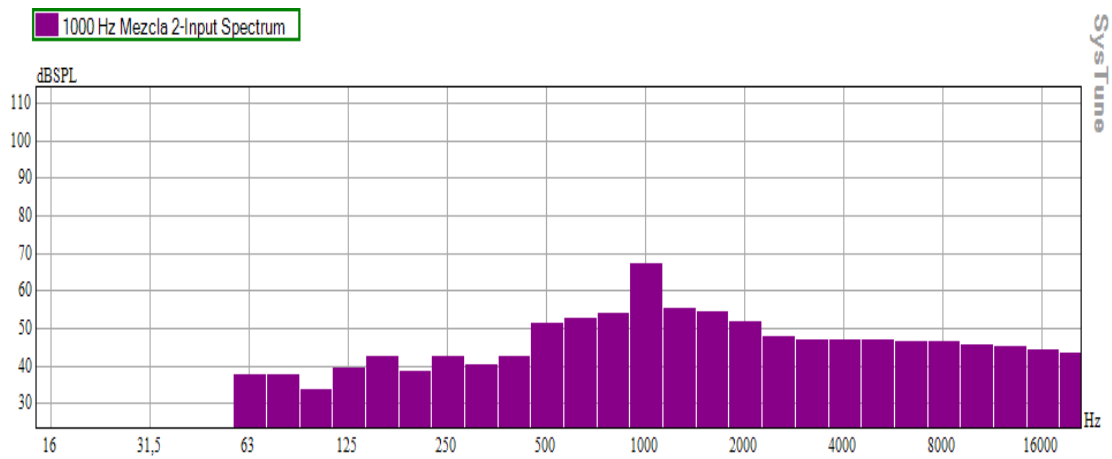
Anexo 13. Medición 4000 Hz producto final 2



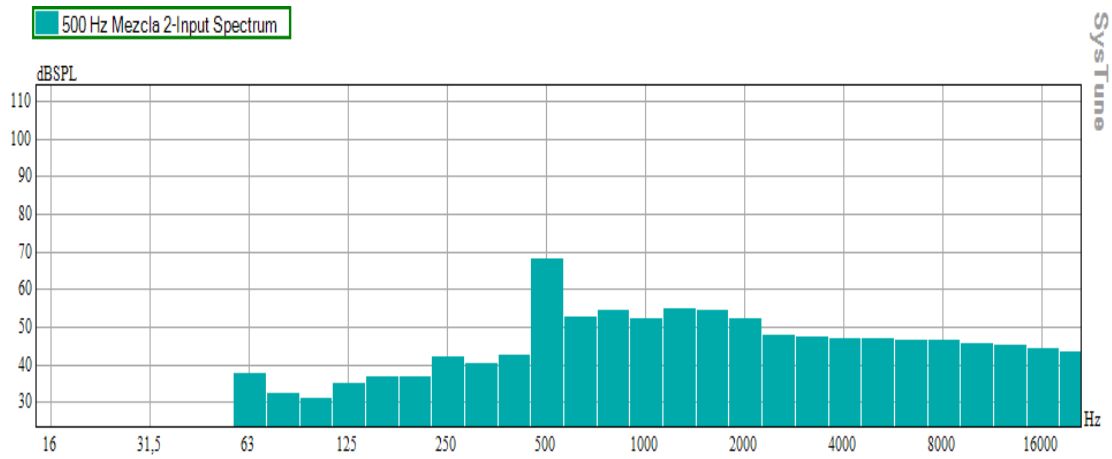
Anexo 14. Medición 2000 Hz producto final 2



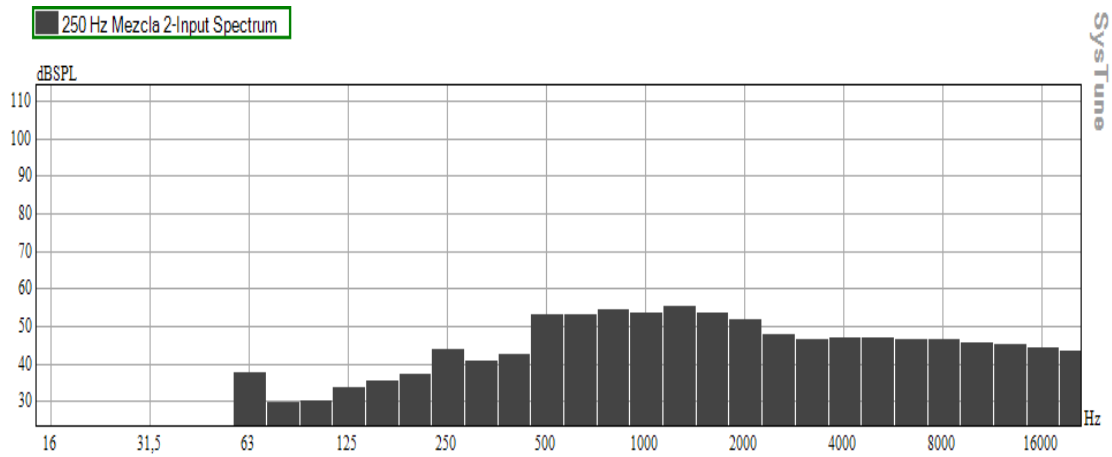
Anexo 15. Medición 1000 Hz producto final 2



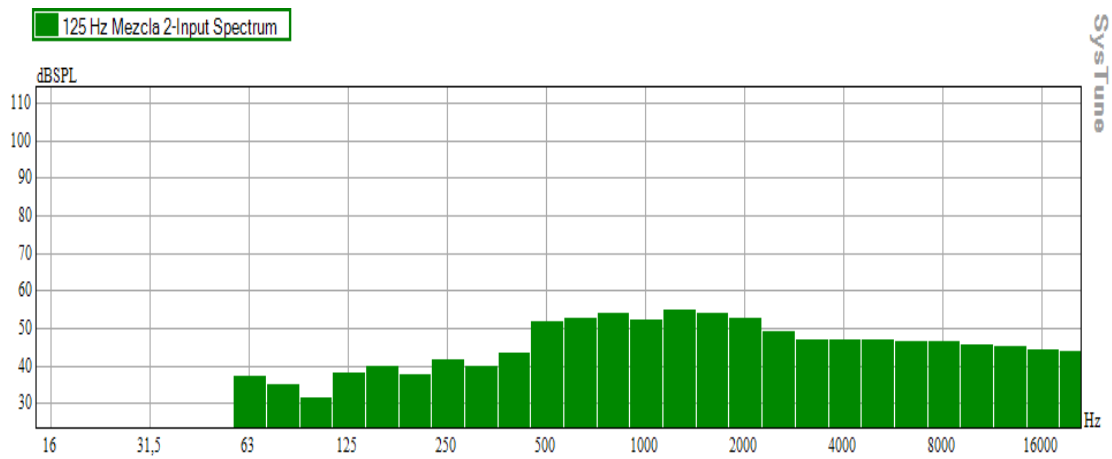
Anexo 16. Medición 500 Hz producto final 2



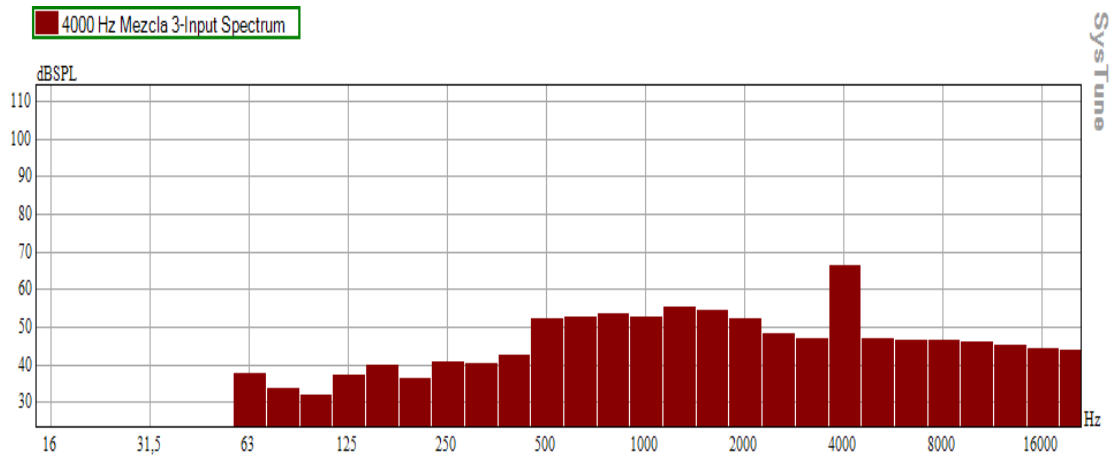
Anexo 17. Medición 250 Hz producto final 2



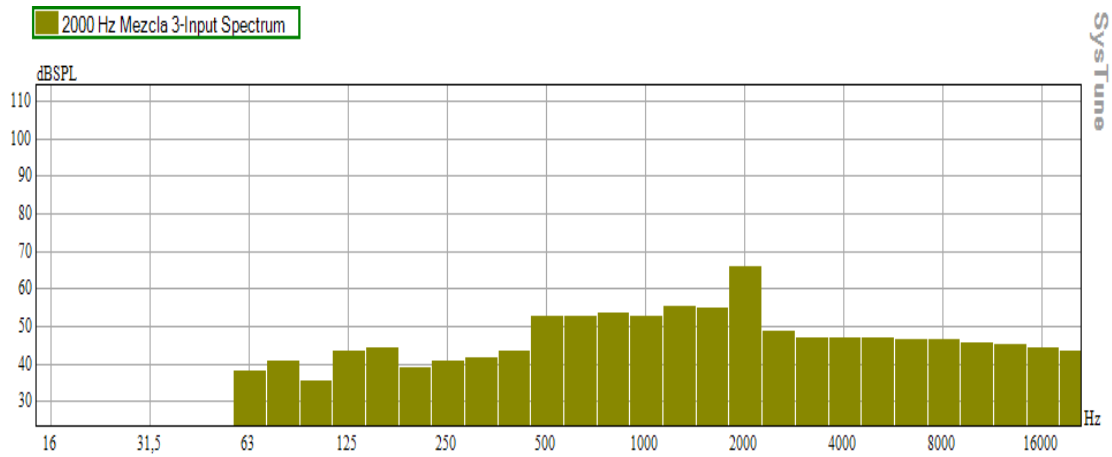
Anexo 18. Medición 125 Hz producto final 2



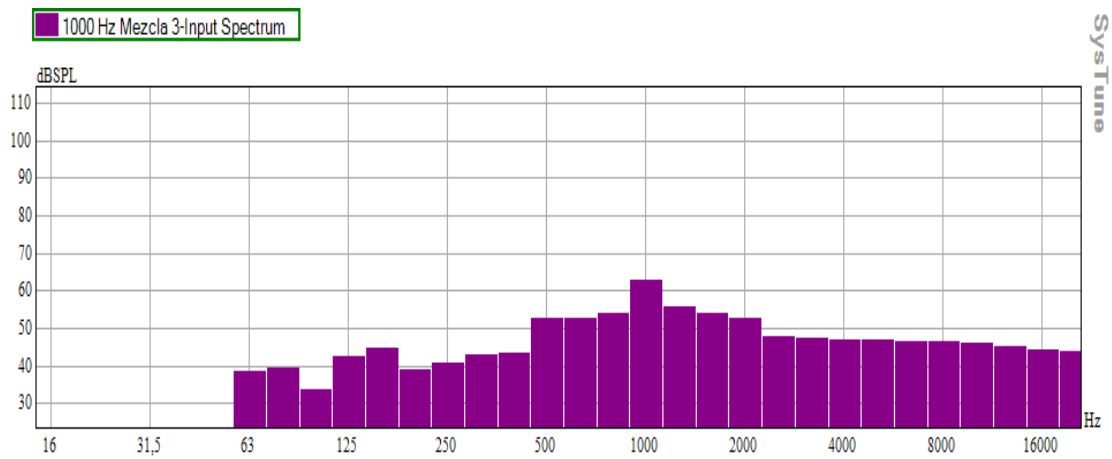
Anexo 19. Medición 4000 Hz producto final 3



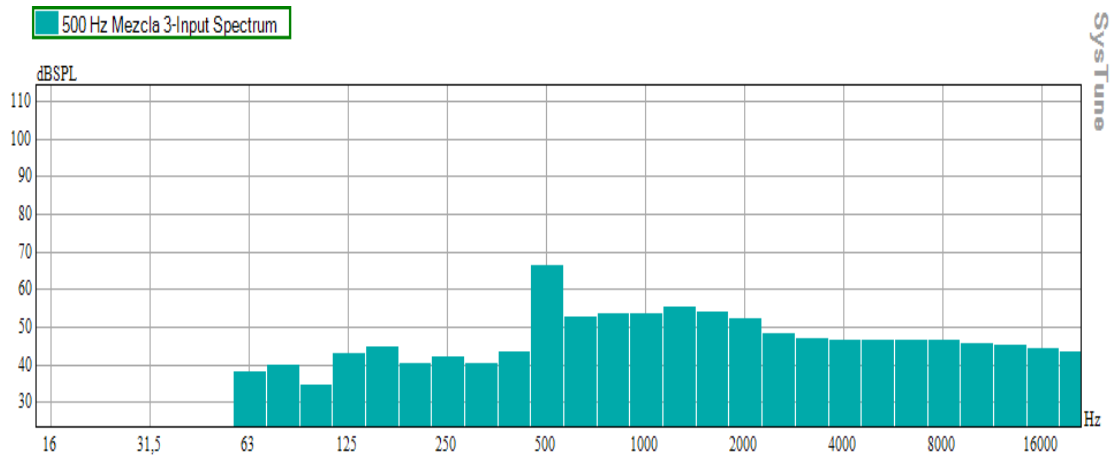
Anexo 20. Medición 2000 Hz producto final 3



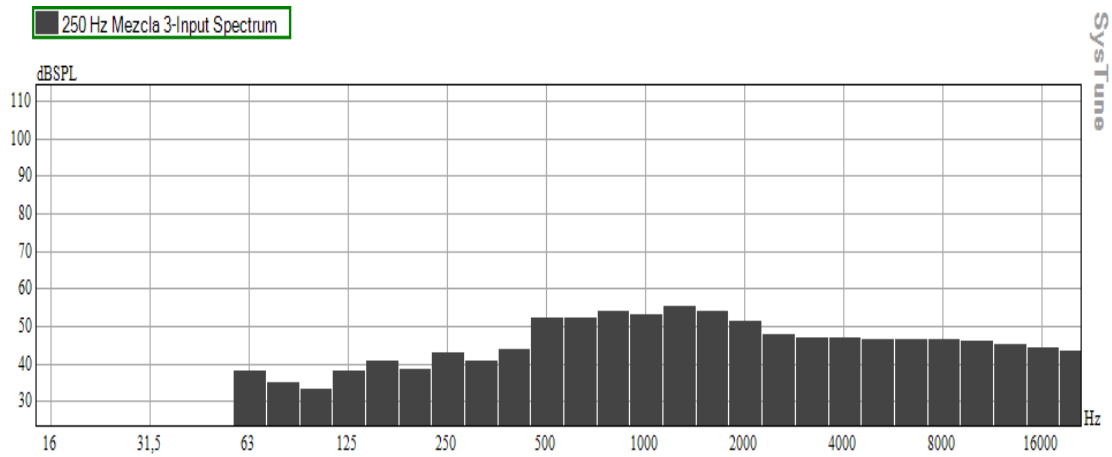
Anexo 21. Medición 1000 Hz producto final 3



Anexo 22. Medición 500 Hz producto final 3



Anexo 23. Medición 250 Hz producto final 3



Anexo 24. Medición 125 Hz producto final 3

