

Acondicionamiento acústico a base de bagazo de caña de azúcar en home estudios
ECO-SONIDO

Vanessa Soto Gámez, Daniel Ávila Gómez.



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa de arquitectura, Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

2025

Acondicionamiento acústico a base de bagazo de caña de azúcar en home estudios

ECO-SONIDO

Vanesa Soto Gámez, Daniel Ávila Gómez.

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de arquitecto

Cesar Iván Chaves Izquierdo, profesor.



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa de arquitectura, Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

2025

Tabla de contenido

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN.....	15
TEMA.....	16
ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN HOME ESTUDIOS.....	16
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
ÁRBOL DE PROBLEMA	17
PREGUNTA PROBLEMA.....	17
JUSTIFICACIÓN	18
HIPÓTESIS	19
PROBABILIDAD 1	19
OBJETIVOS.....	20
OBJETIVO GENERAL	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
CAPÍTULO I: MARCO HISTÓRICO.	20
1533	21
SIGLO XVII - DESARROLLO DE INGENIOS AZUCAREROS.....	21
1600s	21
SIGLO XVIII - EXPANSIÓN DEL CULTIVO	21
1700s	21

ECO-SONIDO

SIGLO XIX - CONSOLIDACIÓN DE LA INDUSTRIA AZUCARERA.....	22
1800s	22
1880-1890.....	22
SIGLO XX - INDUSTRIALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN	22
1920s	22
1940-1950.....	23
1959.....	23
FINALES DEL SIGLO XX - EXPANSIÓN DEL ETANOL	23
1980-1990.....	23
1990s	24
SIGLO XXI - INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD	24
2000s	24
2010.....	24
2020.....	25
ACTUALIDAD (2024):	25
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	26
PROPIEDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR	28
<i>Caña de azúcar</i>	28
<i>bagazo de caña</i>	29
ACÚSTICA	29
<i>Variables de la acústica</i>	29
<i>Acondicionamiento acústico</i>	30
AUTORES REFERENTES AL TEMA.....	31
ANÁLISIS COMPARATIVO	32
CAPÍTULO III: MARCO CONCEPTUAL.....	33

ECO-SONIDO

SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO	33
<i>Espacios óptimos para el acondicionamiento</i>	33
CALIDAD SONORA.....	34
PROCESO DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	35
CAPÍTULO IV: MARCO LEGAL.....	36
MINISTERIO DE SALUD.....	36
NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS (NTC)	36
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL	37
REGLAMENTO TÉCNICO DEL MINISTERIO DE AMBIENTE:.....	37
ASPECTOS METODOLÓGICOS	38
FASE EXPERIMENTAL 1 PANEL CON DOS AGLUTINANTES DISTINTOS.....	38
<i>Fase practica: Elaboración de paneles</i>	42
<i>Porcentajes (%) de mezcla</i>	42
<i>Fabricación de moldes</i>	43
<i>Preparación de la mezcla para los paneles y vertido</i>	44
<i>Pruebas de laboratorio</i>	47
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
FASE EXPERIMENTAL 2. CREACIÓN DE PANELES CON DISTINTOS AGLUTINANTES	50
<i>Prototipo 1: aglutinante CERA</i>	51
<i>Prototipo 2: aglutinante cemento</i>	57
<i>Prototipo 3: aglutinante almidón de yuca</i>	63
PRUEBAS DE LABORATORIO.....	69
PROTOTIPO FINAL (PANEL CON AGLUTINANTE DE ALMIDÓN DE YUCA)	79
<i>Materiales necesarios para la creación del panel</i>	79
PASO A PASO	79

ECO-SONIDO

<i>Materiales necesarios para realizar el marco.....</i>	<i>83</i>
PRUEBAS FINALES EN UN HOME STUDIO.	87
<i>Materiales necesarios</i>	<i>87</i>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA	92

Lista de Figuras

Figura 1. Árbol del problema.....	17
Figura 2. Render diseño de paneles de bagazo.....	42
Figura 3. Elementos de seguridad para el manejo del látex líquido.	44
Figura 4. Creación de la mezcla para el panel de bagazo de caña.	45
Figura 5. Moldes con la mezcla de bagazo de caña.....	46
Figura 6. Compresión y secado de los paneles.	46
Figura 7. Emulación de cámara anecoica, micrófono de análisis y panel de bagazo.....	48
Figura 8. Análisis con ruido rosa sin panel.	49
Figura 9. Análisis con barrido de frecuencias partiendo de una onda seno, sin panel.	49
Figura 10. Análisis con ruido rosa y panel.	50
Figura 11. Análisis barrido de frecuencias partiendo de una onda seno, con panel.....	50
figura 12 . Preparación del bagazo de caña de azúcar.	51
figura 13. Aglutinante - cera blanca	52
figura 14. preparación del molde.....	52
figura 15. Creación de la mezcla.....	53
figura 16. Moldeado del panel	54
figura 17. Secado y endurecimiento.....	54
figura 18. Acabado del panel.....	55
figura 19. Recubrimiento del panel.....	55
figura 20. Aplicación del pegamento.....	56
figura 21. Detalle final.	56
figura 22. Preparación bagazo de caña.	57
figura 23 Preparación de la mezcla (cemento).....	58

figura 24. combinación de los materiales.	58
figura 25. Preparación del molde.	59
figura 26. Moldeado del panel.	60
figura 27. secado y endurecimiento.	60
figura 28. acabado del panel.	61
figura 29. Recubrimiento del panel.	61
figura 30. Forrado del panel.	62
figura 31. Resultado final.	62
figura 32. Preparación bagazo de caña.	63
figura 33. Aglutinante almidón de yuca.	64
figura 34. Preparación aglutinante.	64
figura 35. Mezcla del aglutinante con el bagazo.	65
figura 36. Preparación del molde.	65
figura 37. Moldeado del panel.	66
figura 38. Secado y endurecimiento del panel.	67
figura 39. Acabado del panel.	67
figura 40. Recubrimiento del panel.	68
figura 41. Detalle final.	68
figura 42. Cámara anecoica casera.	69
figura 43. Fuente de sonido.	70
figura 44. Sonómetro Extech.	70
figura 45. Análisis con frecuencia de 100Hz.	71
figura 46. Análisis con frecuencia de 200Hz.	72
figura 47. Análisis con frecuencia de 500Hz.	73

figura 48. Análisis con frecuencia de 1000Hz.....	74
figura 49. Análisis con frecuencia de 2000Hz.....	75
figura 50. Análisis con frecuencia de 3000Hz.....	76
figura 51. Análisis con frecuencia de 4000Hz.	77
figura 52. Análisis con frecuencia de 5000Hz.	78
figura 53. Selección del bagazo de caña.....	80
figura 54. Almidón de yuca.....	80
figura 55. Preparación del aglutinante.....	81
figura 56. Mezcla de materiales.	81
figura 57. Preparación del molde.	82
figura 58. Moldeado del panel.	82
figura 59. Secado y endurecimiento.....	83
figura 60. Elaboración del marco.....	84
figura 61. Recubrimiento con paño escorial.	85
figura 62. Refuerzo y tela templada.	85
figura 63. Grapado de la tela al marco.	86
figura 64. Accesorios y su fijación.	86
figura 65. Fuente de sonido y micrófono de análisis.....	87
figura 66. Interfaz y software de análisis.	88
figura 67. Puntos de análisis para ubicar los paneles.....	88
figura 68. Análisis de frecuencia con y sin panel.....	89
figura 69. Análisis de frecuencia con y sin panel.....	90

Lista de Tablas

Tabla 1. Análisis comparativo entre el bagazo de caña de azúcar y la fibra de coco.....	32
Tabla 2 Niveles sonoros máximos permisibles.....	36
Tabla 3 Descripción de la metodología implementada.....	39
Tabla 4 Dosificaciones por volumen en mezcla para los paneles.	41

Glosario

Acondicionamiento acústico: Alteración de las características sonoras de un lugar para gestionar la reflexión, absorción y dispersión de los sonidos, mejorando su calidad.

Bagazo de caña de azúcar: Material fibroso que se genera tras la extracción del jugo de la caña de azúcar, empleado como recurso sostenible en paneles acústicos debido a su gran porosidad.

Paneles acústicos: Estructuras creadas para captar o dispersar ondas sonoras, disminuyendo la reverberación y los ecos en lugares como estudios de grabación.

Aglutinantes: Componentes (cera blanca, cemento, almidón de yuca) que se utilizan para cohesionar las fibras del bagazo y proporcionar consistencia a los paneles.

Absorción sonora: Habilidad de un material para disminuir la energía de las ondas sonoras, transformándola en calor o reduciendo su reflexión.

Reverberación: Continuidad del sonido en un área a causa de repetidas reflexiones, lo que puede afectar la claridad del audio.

Frecuencias medias y altas: Áreas del espectro sonoro (500 Hz–2000 Hz y más de 2000 Hz, respectivamente) donde el bagazo muestra su mejor rendimiento en absorción.

Porosidad: Característica del bagazo que facilita la entrada de ondas sonoras, esencial para su funcionamiento acústico.

Home studio: Área residencial adaptada para la grabación y producción musical, que necesita un control acústico adecuado.

Sostenibilidad: Estrategia que enfatiza el uso de materiales renovables (como el bagazo) para reducir el impacto ambiental.

Normas Técnicas Colombianas (NTC): Reglamentos locales (por ejemplo, NTC 2019) que establecen criterios para los materiales y niveles de sonido permitidos.

ECO-SONIDO

Ruido rosa: Señal acústica utilizada en experimentos de laboratorio para medir la absorción de sonidos en paneles.

Cámara anecoica (emulación): Espacio controlado que simula la falta de reflexiones sonoras, usado para pruebas acústicas.

Prototipos: Modelos iniciales (por ejemplo, utilizando cera, cemento o almidón) que se analizan para evaluar su eficiencia acústica.

Durabilidad: Capacidad del panel para resistir factores como la humedad o la degradación, lo cual es fundamental para su vida útil.

Resumen

El proyecto "ECO-SONIDO" está llevando a cabo el desarrollo de un sistema sostenible para el tratamiento acústico en estudios caseros, utilizando bagazo de caña de azúcar como componente principal. Su finalidad es mejorar la calidad del sonido al mismo tiempo que se fomentan prácticas respetuosas con el medio ambiente, abordando dificultades como la reverberación y los ecos presentes en los espacios de grabación. El bagazo, que es un subproducto de la producción de azúcar, se caracteriza por su alta porosidad y su efectiva capacidad para absorber sonido, especialmente en las frecuencias medias y altas (de 500 Hz a 2000 Hz), aunque tiene limitaciones cuando se trata de frecuencias bajas.

La investigación incluyó ensayos con diversos aglutinantes (cera blanca, cemento y almidón de yuca) para evaluar su efectividad y resistencia. El prototipo final, que utilizó almidón de yuca, resultó ser el más eficiente debido a su bajo coste, facilidad de instalación y rendimiento acústico. Los experimentos de laboratorio, realizados con ruido rosa y análisis de frecuencias, comprobaron una reducción notable de la reverberación y una mejora en la claridad del sonido.

El marco legal apoya este proyecto, haciendo referencia a regulaciones colombianas como la Resolución 8231 de 1983 y la NTC 2019, que establecen normas sobre los niveles de sonido y los materiales acústicos. Asimismo, el estudio resalta el valor de la sostenibilidad, al reutilizar un desecho agrícola y disminuir la contaminación generada por su quema.

Para finalizar, el panel de bagazo de caña de azúcar se presenta como una opción viable, asequible y ecológica para el tratamiento acústico en estudios en casa, aunque se sugiere combinarlo con otros materiales para abordar las frecuencias bajas.

Abstract

The project "ECO-SOUND" develops a sustainable acoustic conditioning system for home studios using sugarcane bagasse as the primary material. The goal is to optimize sound quality while promoting eco-friendly practices, addressing issues such as reverberation and echoes in recording spaces. Bagasse, a byproduct of the sugar industry, stands out for its high porosity and sound absorption capacity, particularly in mid to high frequencies (500 Hz to 2000 Hz), though it has limitations in low frequencies.

The research included tests with different binders (white wax, cement, and cassava starch), evaluating their effectiveness and durability. The final prototype, using cassava starch, proved to be the most effective due to its low cost, ease of installation, and acoustic performance. Laboratory tests, conducted with pink noise and frequency sweeps, confirmed a significant reduction in reverberation and improved sound clarity.

The legal framework supports the project, citing Colombian regulations such as Resolution 8231 of 1983 and NTC 2019, which govern sound levels and acoustic materials. Additionally, the study highlights the importance of sustainability by repurposing an agricultural waste product and reducing pollution associated with its combustion.

In conclusion, the sugarcane bagasse panel is a viable, cost-effective, and eco-friendly solution for acoustic treatment in home studios, though it is recommended to complement it with other materials for low frequencies.

Introducción

Para el desarrollo de este proyecto fue fundamental el uso y la aplicación de diferentes materiales en la idea del prototipo para concluir con cuál de ellos se tenía un desarrollo ecológico, eficiente y funcional. Para este método se fundamenta la idea de Aristóteles quien afirma que el conocimiento se adquiere a través de la experiencia y que la mente es capaz de clasificar la información para producir el conocimiento. Se entiende lo anterior como una ciencia empírica puesto que, sigue una investigación científica desde la hipótesis hasta la experimentación; esto debido se realizaron prototipos donde se mantuvo la materia prima y se cambió el aglutinante de cada uno de ellos, con el fin de buscar el mejor resultado.

Entre los aglutinantes se encuentra la cera blanca, la parafina, el latex, el almidón de yuca, el cemento y el yeso; para la elección de estos materiales, se realizó una investigación en la cual se tuvo presente el nivel de porosidad de cada material ya que se busca mantener la mayor porosidad para tener resultados más asertivos.

Tema

El diseño de un sistema de acondicionamiento acústico efectivo en un home estudio radica en la importancia crucial de crear un entorno óptimo para la producción de música de alta calidad. Los estudios musicales son espacios sensibles al sonido donde se lleva a cabo la producción musical, la grabación, mezcla y masterización, y cualquier interferencia externa o deficiencia en el acondicionamiento acústico puede comprometer la calidad del producto final. La incorporación de paneles de caña de azúcar en un home estudio no solo proporciona beneficios técnicos como insonorización, tratamiento acústico, control del espectro sonoro en balance, resonancias estacionarias y reverberaciones, sino que también promueve la sostenibilidad y puede mejorar el ambiente interior, lo que hace que la elección sea favorable para optimizar la calidad del sonido en entornos de grabación y producción musical.

Acondicionamiento acústico en home estudios

El acondicionamiento acústico de un home estudio es un proceso importante que implica un cuidadoso diseño del espacio, selección de materiales adecuados e implementación de soluciones específicas para mejorar la calidad del sonido. Tal como comenta Contreras, J. C. (2021). La idea principal es resolver la problemática que se presenta al momento de controlar la reverberación y el ruido, logrando una mejor interacción y claridad en la música y el habla.

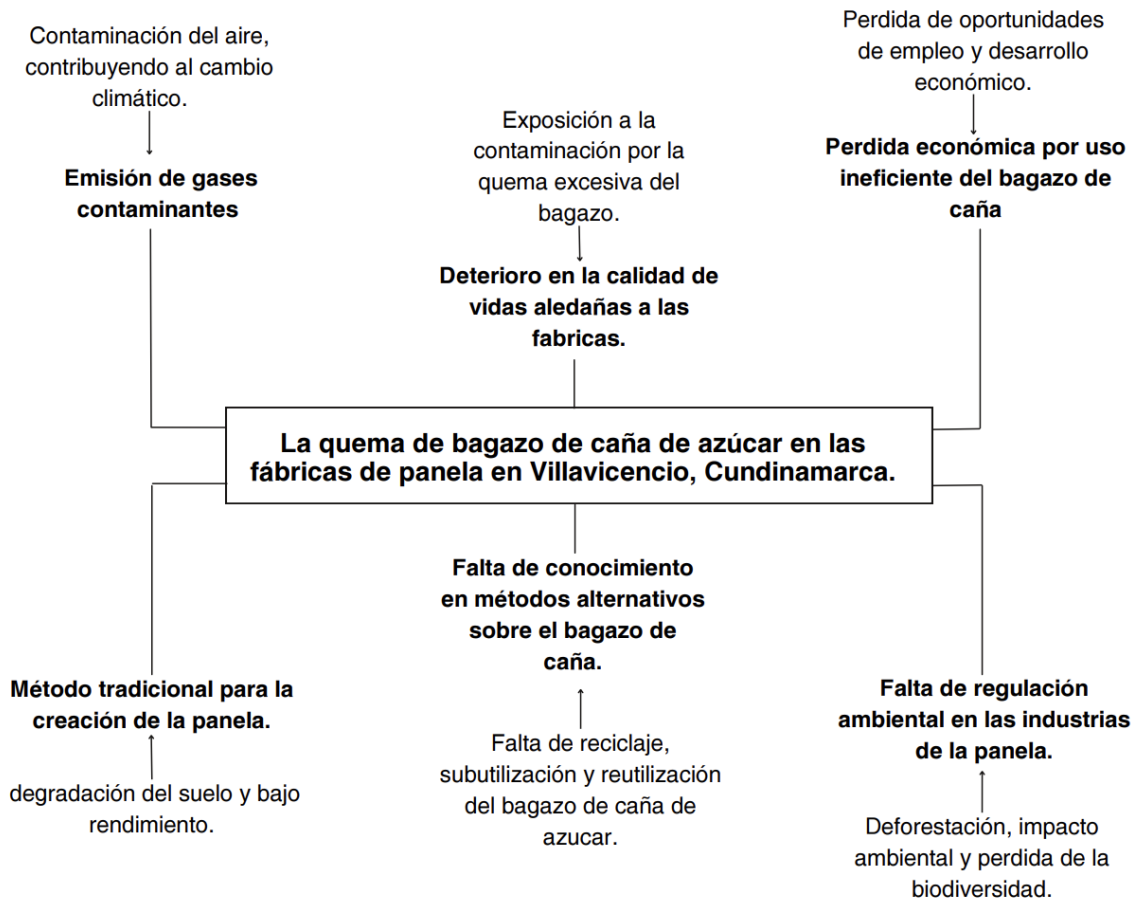
Bagazo de caña de azúcar

El bagazo de caña de azúcar es el subproducto que queda al momento de la utilizar la caña de azúcar. este bagazo se puede emplear para varios productos o en algunos casos para la combustión dentro de las mismas fábricas; además, puede contribuir significativamente a la sostenibilidad. Su versatilidad como materia prima en la producción de nuevos recursos.

Planteamiento del problema

Árbol de problema

Figura 1. Árbol del problema.



Nota: Elaboración propia

Pregunta problema

"¿Cómo puede diseñarse un sistema de acondicionamiento acústico efectivo a base de bagazo de caña de azúcar para home estudios, que garanticen la calidad del sonido tratando de evitar mayormente problemas acústicos que podrían afectar la grabación y la producción de música?".

Justificación

La implementación de un panel acústico a base de bagazo de caña de azúcar se crea con la idea de innovar en una tecnología ecológica, donde se resuelven dos problemáticas las cuales son la quema del bagazo de caña de azúcar y la implementación de un sistema acústico menos nocivo para la salud.

De igual manera, cuenta con una gran capacidad de absorción sonora gracias a sus fibras. Esto quiere decir que gracias a él bagazo, se crea una absorción de ondas sonoras la cual reduce la reverberación, los ecos, y las frecuencias bajas (algunas), medias y medias-altas dependiendo del nivel de grosor de la herramienta propuesta.

Por otra parte, resuelve la problemática en cuanto al impacto ambiental, ya que, al utilizarlo con otra finalidad se reduce la contaminación, más específicamente la combustión. También, se crea una competencia con otros materiales convencionales pues este es renovable y no es toxico con el ambiente; se considera una solución segura en cuanto al aspecto de la salud de los usuarios.

El proyecto se destinará a home estudios o estudios para melómanos. Un home estudio hace referencia a una habitación rectangular, con un tamaño mínimo recomendado de aproximadamente 3,2 x 2,7 metros, ya que como su nombre lo menciona, se trata de un estudio en casa, donde la eficacia de los paneles es mayor y a su vez se consideran las propiedades y la economía que tiene el mismo.

Hipótesis

Probabilidad 1

Se plantea que el uso de paneles de bagazo de caña de azúcar como material de acondicionamiento acústico en espacios interiores resulta en una mejora significativa en la absorción del sonido y en la reducción de la reverberación en comparación con los materiales convencionales. Se entiende que los paneles de bagazo de caña de azúcar, debido a sus propiedades acústicas únicas, ofrecen una mayor capacidad de absorción sonora y una reducción más efectiva de la reverberación en espacios interiores, lo que contribuye a la creación de ambientes acústicamente más óptimos para diversas actividades.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema integral de acondicionamiento acústico utilizando fibra natural de caña de azúcar en home estudios estándar, con el propósito de optimizar la calidad del sonido y promover prácticas sostenibles en el ámbito de la producción musical.

Objetivos Específicos

Diseñar una herramienta de acondicionamiento acústico incorporando bagazo de caña en áreas clave de un home estudio estándar, teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada espacio y los estándares de calidad de sonido requeridos.

Evaluar el funcionamiento de las fibras del bagazo de caña de azúcar como uso de acondicionamiento acústico con el objetivo de determinar las prácticas sostenibles y su impacto en la calidad sonora del espacio específico.

Adaptar el bagazo de caña de azúcar de tal manera que se aprovechen sus propiedades, teniendo en cuenta, el proceso de descomposición del mismo para darle así, una solución favorable en cuanto al aspecto de durabilidad.

Realizar pruebas acústicas (barrido de frecuencias y ruido rosa) antes y después de la instalación del sistema en home estudios estándar para medir la mejora en la calidad del sonido, eficacia de absorción de ondas sonoras no deseadas, tiempos de reverberación, claridad y ecos.

CAPÍTULO I: MARCO HISTÓRICO.

Siglo XVI (1530s) - Introducción de la Caña de Azúcar

1533

La caña de azúcar es introducida en Colombia por los colonizadores españoles, específicamente por Sebastián de Belalcázar, durante la conquista y colonización. La planta es traída desde las Islas Canarias y se cultiva inicialmente en el Valle del Cauca, debido a su clima y suelo favorables (Jaramillo, 1998).

Siglo XVII - Desarrollo de Ingenios Azucareros

1600s

Se establecen los primeros ingenios azucareros artesanales en Colombia, donde se procesaba la caña para producir azúcar y miel de caña, Se desarrollan técnicas artesanales para la producción de panela, un derivado no refinado de la caña de azúcar. La producción era limitada y principalmente para consumo local (Martínez, 2003).

Siglo XVIII - Expansión del Cultivo

1700s

El cultivo de caña de azúcar se expande a otras regiones del país, incluyendo el Valle del Cauca, la región de los Llanos y algunas zonas de la Costa Caribe. La producción de azúcar se convierte en una actividad económica significativa

Aparte del azúcar y la panela, la caña de azúcar comienza a utilizarse en la elaboración de papel artesanal en algunas regiones. Se aprovechaban los residuos fibrosos de la caña (bagazo) como materia prima para la fabricación de papel y otros materiales textiles (Londoño, 2005).

Siglo XIX - Consolidación de la Industria Azucarera

1800s

Con la independencia de Colombia y la abolición de la esclavitud, la industria azucarera enfrenta transformaciones. Se inicia la modernización de los ingenios, con la introducción de maquinaria a vapor y mejoras en las técnicas de cultivo (Mejía, 2010).

Con la introducción de maquinaria a vapor, se mejora la eficiencia en la extracción del jugo de la caña. También se empieza a utilizar el bagazo como combustible en los ingenios azucareros, optimizando los recursos. El bagazo también comienza a usarse para la fabricación de cartón y papel en pequeñas industrias locales (Mejía, 2010).

1880-1890

Aumenta la demanda de azúcar, impulsando la expansión de los ingenios y la producción para el mercado nacional e internacional (Pérez, 2015).

La modernización de los ingenios permite la creación de subproductos como melaza, utilizada en la producción de ron y otros licores, así como en la elaboración de productos farmacéuticos y de alimentación animal (Pérez, 2015).

Siglo XX - Industrialización y Modernización

1920s

Se funda el Ingenio Providencia, uno de los primeros grandes ingenios en Colombia, marcando el inicio de la industrialización masiva de la producción de azúcar (Fundación Manuelita, 2020).

La introducción de nuevas tecnologías en los ingenios permite la producción de derivados como el alcohol y el etanol, productos que se utilizan tanto en la industria química como en la producción de biocombustibles (Fundación Manuelita, 2020).

1940-1950

El Valle del Cauca se consolida como la principal región productora de azúcar en Colombia, gracias a la creación de grandes ingenios como el Ingenio Manuelita y el Ingenio Central Castilla. Se introducen técnicas de irrigación avanzada y se optimiza la cadena productiva (Restrepo, 2011).

Se comienza a utilizar el bagazo de caña de azúcar para la fabricación de tableros aglomerados, un material que se emplea en la construcción y fabricación de muebles. Esto marca un uso más sostenible y diversificado de los residuos de la caña (Restrepo, 2011).

Se desarrollan procesos para la obtención de bioplásticos a partir de subproductos de la caña, un avance pionero en la industria de materiales alternativos (Asocaña, 2023).

1959

Se crea Asocaña (Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia), con el fin de agrupar y representar a los productores de caña y promover la investigación y el desarrollo del sector (Asocaña, 2023).

Finales del Siglo XX - Expansión del Etanol

1980-1990

La caña de azúcar comienza a utilizarse para la producción de etanol, un biocombustible que se mezcla con gasolina para reducir las emisiones de carbono. Se inician los primeros proyectos de producción de bioetanol en el país (Gómez, 2008).

Se intensifica la producción de etanol como biocombustible, impulsado por políticas gubernamentales que promueven energías alternativas. Se desarrollan técnicas de fermentación más eficientes y se mejoran los procesos de destilación (Gómez, 2008).

1990s

Comienzan investigaciones en biotecnología para mejorar las variedades de caña y su resistencia a plagas, así como para optimizar el uso de agua y nutrientes en los cultivos. Esto incluye la modificación genética para obtener caña más resistente y con mayor rendimiento (Ministerio de Agricultura, 2012).

Siglo XXI - Innovación y Sostenibilidad

2000s

Se fortalece la producción de bioetanol como parte de la política energética del país. Se promueven prácticas agrícolas sostenibles y el uso eficiente del agua en los cultivos de caña de azúcar (Ministerio de Agricultura, 2012).

Se desarrollan bioplásticos a partir de la caña de azúcar, destacándose su uso en la industria del embalaje y en la fabricación de utensilios biodegradables. Estos bioplásticos son una alternativa a los plásticos convencionales derivados del petróleo (INEA, 2013).

2010

Colombia se convierte en el segundo mayor productor de etanol en América Latina, utilizando la caña de azúcar como principal materia prima (INEA, 2013).

Innovaciones en la producción de papel y textiles a partir del bagazo de caña se consolidan, promoviendo un enfoque más sostenible y circular en la industria de la caña de azúcar. Se destacan las fibras textiles derivadas del bagazo, utilizadas en la confección de ropa y otros productos (Ceballos, 2020).

2020

El sector azucarero colombiano enfrenta desafíos ambientales y de sostenibilidad, incluyendo la necesidad de reducir su huella de carbono y de implementar tecnologías más limpias (Ceballos, 2020).

La tecnología de biorrefinería permite la producción de una variedad de bioproductos, incluyendo biopolímeros y bioquímicos, a partir de la caña de azúcar. Estos avances fortalecen la economía circular y la sostenibilidad en la agroindustria azucarera (Asocaña, 2023).

Actualidad (2024):

La caña de azúcar sigue siendo una fuente clave para la innovación en materiales y biotecnología. Se continúa investigando en el desarrollo de bioplásticos, bioetanol, y otros derivados sostenibles. La industria también se enfoca en la eficiencia energética y en la reducción de emisiones a través de tecnologías avanzadas de procesamiento y cultivo (Asocaña, 2023).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

Para realizar un marco teórico sobre el acondicionamiento acústico con bagazo de caña de azúcar, es importante considerar que el bagazo de la caña de azúcar ha sido utilizado como un material acústico en diversas investigaciones. Este material se ha destacado por sus propiedades de absorción acústica, lo que lo convierte en una opción interesante para el control de ruido y el acondicionamiento acústico en diferentes entornos.

En el contexto de la caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de caña de azúcar, se menciona que esta fibra, extraída del bagazo de caña de azúcar, cumple con la demanda actual para el control de ruido y acondicionamiento acústico. Esta caracterización es fundamental para comprender cómo el bagazo de caña de azúcar puede contribuir a mejorar las condiciones acústicas de un espacio.

Además, se destaca que el bagazo de caña de azúcar posee propiedades favorables como aglomerante en la construcción. Esto sugiere que el bagazo de caña de azúcar no solo puede utilizarse como material acústico, sino también como parte de componentes de construcción que contribuyen al acondicionamiento acústico de un espacio.

Por otro lado, la evaluación de la capacidad de adsorción de diferentes materiales, incluido el bagazo de caña de azúcar, muestra que este material puede tener un papel importante en la adsorción de ciertos compuestos, lo que podría influir en su capacidad para absorber el sonido. y mejorar las condiciones acústicas de un entorno determinado

De distinta manera, algunas limitaciones que podrían surgir al estudiar el acondicionamiento acústico con bagazo de caña de azúcar incluyen la variabilidad del material. El bagazo de caña de azúcar puede presentar variaciones en su composición y propiedades físicas debido a factores como la variedad de la caña, el proceso de extracción y el tratamiento previo. Esta variabilidad puede afectar la consistencia de los resultados obtenidos en los estudios. Salan, Analuiza. (2019).

En cuanto a la durabilidad del bagazo de caña de azúcar como material acústico podría ser una limitación, ya que su resistencia a la humedad, la degradación y la preservación a largo plazo pueden influir en su efectividad como material de acondicionamiento acústico. de la misma manera, la compatibilidad con otros materiales: Es importante considerar la compatibilidad del bagazo de caña de azúcar con otros materiales utilizados en el acondicionamiento acústico. La interacción con otros materiales podría afectar su desempeño acústico y su durabilidad.

Teniendo en cuenta las normativas y regulaciones, es fundamental recopilar las normativas y regulaciones relacionadas con el uso de materiales acústicos en diferentes aplicaciones. El bagazo de caña de azúcar debe cumplir con los estándares de seguridad y calidad establecidos para su uso en acondicionamiento acústico. Según, Arroyo, J. Mendez, S. (2018). En su escrito *“Obtención y caracterización de un panel acústico a partir del desecho de la caña de azúcar”*. muestra una manera económica y sostenible mediante la cual se puede fabricar un panel acústico a partir del bagazo de caña y otros materiales que cumplen con funciones sonoras, respetando la normativa y demostrando el proceso adecuado para la realización del mismo.

Otro aspecto importante es el rango de frecuencias que afecta la absorción acústica del bagazo de caña de azúcar puede variar dependiendo de varios factores, como la densidad del material, su espesor y su estructura. En general, el bagazo de caña de azúcar puede ser efectivo en la absorción de frecuencias medias a altas.

El bagazo de caña de azúcar tiende a ser más efectivo en la absorción de frecuencias medias, que suelen estar en el rango de 500 Hz a 2000 Hz. Estas frecuencias son comunes en el habla humana y en muchos sonidos ambientales, por lo que el bagazo de caña de azúcar puede ayudar a reducir la reverberación y mejorar la claridad del sonido en este rango

Por otro lado, las frecuencias altas, aunque el bagazo de caña de azúcar puede ofrecer cierta absorción en frecuencias altas, su eficacia puede ser menor en comparación con materiales más densos o con estructuras más finas. Las frecuencias altas, por encima de 2000 Hz, son importantes para controlar la claridad y la nitidez del sonido, y el bagazo de caña de azúcar puede tener limitaciones en su capacidad para absorber eficazmente estas frecuencias.

Es evidente que el bagazo de caña de azúcar en las frecuencias bajas puede tener una menor capacidad de absorción en frecuencias bajas, por debajo de 500 Hz. Las frecuencias bajas son críticas para controlar la resonancia y la sensación de "boomy" en un espacio, y es posible que se requieran materiales más densos o gruesos para abordar de manera efectiva estas frecuencias.

Dicho esto, podemos concluir, que el bagazo de caña de azúcar puede ser un material efectivo para la absorción acústica en el rango de frecuencias medias a altas, especialmente en la reducción de la reverberación y la mejora de la claridad del sonido en esas frecuencias. Sin embargo, su capacidad de absorción en frecuencias bajas puede ser limitada en comparación con materiales más densos o especializados para bajas frecuencias. Al considerar el uso del bagazo de caña de azúcar como material de absorción acústica, es importante evaluar el rango de frecuencias específicas que se desea controlar y comparar su eficacia en ese rango con otras opciones disponibles para lograr el mejor resultado acústico deseado.

Propiedades de La caña de azúcar

Caña de azúcar

La caña de azúcar, conocida científicamente como (*Saccharum officinarum*) es una planta que se obtiene principalmente en climas tropicales y subtropicales; esta cuenta con una gran variedad de utilidades industriales, donde se toma la misma para la producción de

distintos productos; además, la caña de azúcar cuenta con un crecimiento rápido (este varía entre los 14 y 16 meses).

Propiedades físicas

Dentro de sus propiedades físicas se encuentran el tallo siendo la parte más importante de la planta ya que, dentro de este se encuentra la sacarosa; tiene un diámetro entre los 5 o 6 cm y cuenta con una altura de 2 a 5 mts. También cuenta con unas hojas delgadas, largas y planas. Su color puede variar entre verde y amarillo dependiendo de su variedad y condiciones ambientales. Finalmente, las raíces de la caña ayudan a absorber agua y nutrientes del suelo.

bagazo de caña

propiedades físicas

se entiende el bagazo de caña como el residuo fibroso que se obtiene después de extraer el jugo de la caña; su densidad varía entre los 50 kg/m³ y 96 kg/m³, al ser tan baja su densidad, facilita su manipulación y transporte. Además, cuenta con un alto nivel de porosidad lo cual le da un alto nivel de absorción.

Acústica

Se entiende la acústica como un campo de la física que incluye diversas ramas dedicadas al análisis del sonido, así como a las vibraciones mecánicas que se propagan por el aire. La propagación de las ondas sonoras posee dos propiedades fundamentales: la rapidez de la partícula en el aire y la presión del entorno. Arau-Puchades, H. (2015). Esto implica que las partículas se mueven a través de uno de estos dos fluidos, generando así energía acústica, la cual es esencial para crear ondas sonoras.

Variables de la acústica

Reflexión: choque y rebote de una onda, depende del tipo de la misma.

ECO-SONIDO

Difracción: desviación del sonido cuando encuentra un obstáculo o una abertura

Refracción: cambio de dirección y velocidad del sonido cuando pasa de un medio a otro, este se puede direccionar. Además, depende de la temperatura ya que, en temperaturas altas las ondas tienden a dirigirse hacia arriba; caso contrario de la temperatura baja donde estas se dirigen hacia abajo.

Reverberación: Reflexión dentro de un espacio (aquella onda que choca en un mismo espacio)

Frecuencia: Se refiere a la onda que determina su tono. Se dividen en altas (frecuencias agudas) y bajas (frecuencias graves). La prueba para medirlas es mediante un barrido de frecuencias.

Amplitud: intensidad o volumen percibido. Se mide en decibeles mediante el uso de un sonómetro.

Resonancia: Se refiere a las ondas estacionarias (amplificación del sonido), estas dependen del espacio. La frecuencia se concentra con mayor intensidad en el mismo espacio.

Impulso: Que tan rápido viaja una onda. Donde empieza a reflexionar.

Acondicionamiento acústico

El acondicionamiento acústico se define como la regulación de los factores que influyen en la transmisión del sonido dentro de un espacio específico. Contreras, C. Guzmán, S. (2019). Esto quiere decir que el acondicionamiento busca mejorar el sonido en un espacio, mitigando aspectos como la reverberación, rebote y ecos.

Cabe aclarar que la acústica no es la misma en todos los espacios, el tratamiento del acondicionamiento acústico varía de la actividad para la que esté destinado el espacio, además de la ubicación del mismo. Vendrell, Galiana. (2011). El acondicionamiento tiene como objetivo

el control de la propagación de ciertas ondas sonoras que generan ruidos indeseados al momento de grabar algo en específico.

Autores referentes al tema

Dentro del marco teórico, se visualizarán algunos proyectos realizados con bagazo de caña de azúcar para así tener una idea más clara de la materialidad y la función de los mismos.

Del Río Calle, M. A. (2018). *“Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar con el fin de identificar usos alternativos”*. Este estudio tiene como objetivo identificar usos alternativos del bagazo de caña de azúcar sin agregar aditivos ni químicos, considerando la regla de las 3 R (Reducir, Reutilizar, Reciclar). El bagazo de caña de azúcar tiene propiedades físicas que permiten su uso en la producción de tableros y paneles térmicos y acústicos.

Garay, J. (1997). *“Elaboración de tableros aglomerados de partículas a partir de bagazo de caña de azúcar”*. Este estudio describe la producción de tableros aglomerados por medio de bagazo de caña de azúcar en el Tecno Azúcar. Los paneles se comparan con los estándares de resistencia a la absorción térmica y acústica de los materiales aislantes.

Análisis comparativo**Tabla 1.** Análisis comparativo entre el bagazo de caña de azúcar y la fibra de coco.

PROPIEDADES	BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	FIBRA DE COCO
Propiedades acústicas	Es un material poroso con excelentes propiedades de absorción acústica. Aunque son eficaces en frecuencias medias y altas, su capacidad para absorber frecuencias bajas es menor.	Es un material poroso que presenta excelentes propiedades de absorción acústica, especialmente en frecuencias medias y altas. Tiene el efecto de reducir la reverberación y ecos en los espacios cerrados.
Efectividad en acondicionamiento acústico	Cuenta con una capacidad de absorción en cuanto a frecuencias medias-altas, buen soporte para la reverberación.	Tiene una buena capacidad de absorción sonora, más que todo en frecuencias medias-altas. Además cuenta con una gran interacción con las ondas sonoras.
Densidad	Tiene una densidad relativamente baja, lo que puede limitar su eficacia en la absorción de frecuencias bajas.	Tiene una densidad baja, lo que ocasiona la pérdida en las frecuencias o sonidos bajos.
Ventajas	Subproducto de la caña de azúcar, reciclable y opción ecológica.	Material natural o reciclable, lo cual ayuda en el aspecto económico y ecológico.
Desventajas	Puede requerir tratamientos adicionales para tratar el tema de la humedad.	Puede tener menor durabilidad por sus propiedades, en comparación con otros materiales.

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: MARCO CONCEPTUAL.

En este marco se encuentran los conceptos básicos necesarios para dar un óptima continuidad al desarrollo del proyecto, ya que, los siguientes autores dan una explicación más clara sobre las cualidades y utilidades de cada uno de los procesos de identificación para la creación del prototipo de panel de acondicionamiento acústico a base de bagazo de caña.

Sistema de acondicionamiento acústico

Según Maño Frasquet, F. J. (2021). *“Diseño de elementos acústicos para auditorios”*. En su estudio analiza cómo se pueden obtener acondicionamientos óptimos para auditorios, mediante el uso de la geometría y materiales que brinden unas condiciones acústicas apropiadas. Gracias a esto, se comprenden de manera más precisas las funciones de las ondas sonoras y como estas impactan en espacios cerrados.

Por otra parte, Contreras, J. C. (2020). Menciona en su escrito *“Diseño de acondicionamiento y aislamiento acústico”*. La importancia del acondicionamiento acústico y su percepción con el ruido, buscando así, soluciones para mejorar diferentes entornos. Se entiende como intervienen distintos materiales en el desarrollo de un acondicionamiento dependiendo de las frecuencias que se quieran manejar.

Espacios óptimos para el acondicionamiento

Existe una gran variedad de espacios donde se puede implementar un acondicionamiento acústico como lo son: auditorios, teatros, salas de conferencias, cafeterías, estudios de grabación, entre otros. En este caso, el estudio se centra en los home estudios comprendiendo su funcionamiento y como se debe adecuar el espacio para obtener los mejores resultados al momento de crear la herramienta prototipo.

Primeramente, Rojas, J. A. (2022). Postula en su tesis *“Escuela de música con estrategias de confort acústico pasivas, para el aislamiento y acondicionamiento acústico,*

Cajamarca – 2021”. Estrategias de confort acústico pasivas que permitan un acondicionamiento agradable en los espacios de carácter musical. Este estudio explica cuáles son las maneras adecuadas para resolver la problemática sonora común que suelen tener los estudios musicales.

Para continuar, Correa, A. F. (2017). Describe en su tesis “*Acondicionamiento acústico Studio Lab*”. Como los estudios de grabación deben cumplir ciertos requisitos acústicos para proporcionar una mezcla de audio de calidad óptima. Estas propiedades se relacionan con la implementación del panel para así mejorar el comportamiento del sonido dentro de un espacio cerrado, teniendo presente, el tiempo de reverberación, la resonancia y los ecos.

Calidad sonora

Para comenzar se entiende la calidad sonora como el resultado de un entorno controlado, en el cual se deben tener presentes aspectos como el tratamiento y aislamiento acústico donde se tienen presentes aquellas interferencias que podrían afectar el correcto funcionamiento de un estudio.

Según Brüel & Kjaer. (n.d.). en su artículo “*Calidad sonora*”. Discute como la calidad sonora afecta la percepción y la aplicación del producto en contextos musicales; en el cual, se centran en medir y controlar aspectos acústicos, además, se identifica cómo la calidad del sonido afecta la percepción y aplicación del producto en contextos musicales. Al tener en cuenta lo mencionado anteriormente, se hace énfasis en buscar la debida implementación de un producto que ayude a mitigar las posibles problemáticas que se pueden encontrar en un estudio.

Por su parte, Senior, M. (2018). Menciona en su libro “*Mixing Secrets for the Small Studio*”. Como se puede mejorar la calidad sonora posible, sin importar el tipo de estudio. Gracias a esto, se logra entender como optimizar o implementar recursos sin comprometer la calidad de las grabaciones o mezclas.

Proceso del bagazo de caña de azúcar

En cuanto al bagazo de caña de azúcar, cabe resaltar principalmente el proceso de la caña de azúcar, ya que, este proceso es primordial para la obtención de la materia prima con cual se realizará el prototipo de panel de acondicionamiento acústico.

Ahora bien, el Instituto Provincial de Acción Agraria y Tecnología (IPAAT). (n.d.). explica en su artículo *“Proceso de fabricación de azúcar”*. Como es el proceso desde la cultivación de la caña hasta que esta pasa a ser productos de carácter industrial. Tener el conocimiento previo sobre este tema, amplía la búsqueda de la mayor cantidad de propiedades que puedan llegar a ser funcionales al momento de crear el panel de acondicionamiento acústico.

De manera distinta, Santos, JR y Lima, VS (2023). Explican en su artículo *“Prácticas sostenibles en el cultivo de caña de azúcar: avances recientes”*. Practicas sostenibles para reducir la contaminación al momento de utilizar la caña de azúcar. Este documento ayuda al momento de llevar a cabo la producción o reutilización de lo que convierte en bagazo de caña y como se puede realizar un prototipo funcional y amigable con el medio ambiente.

CAPÍTULO IV: MARCO LEGAL

Ministerio de Salud

La Resolución 8231 del 4 de agosto de 1983 trata sobre la regulación de la protección y mantenimiento de la audición para la salud y bienestar de las personas debido a la generación y emisión de ruido. Así se establece en el Capítulo 2, Artículo 17. Se ha acordado un nivel de ruido máximo permitido para prevenir y controlar las molestias al público, las molestias y la pérdida de audición provocadas por las emisiones sonoras.

Tabla 2 Niveles sonoros máximos permisibles.

ZONAS RECEPTORAS	NIVEL DE PRESION SONORA EN dB(A)	
	Período diurno 7:01 A.M. - 9:00 P.M.	Período nocturno 9:01 PM. - 7:00 A.M.
Zona I Residencial	65	45
Zona II Comercial	70	60
Zona III Industrial	75	75
Zona IV de tranquilidad	45	45

Fuente: Ministerio de salud. Recuperado de:

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6305>

Normas Técnicas Colombianas (NTC)

NTC 2019 (2008): Establece criterios para los paneles que moderan el sonido y su efectividad en la absorción de ruido, garantizando que los productos cumplan con exigencias de calidad definidas para su aplicación en estudios de grabación, bares y otros lugares donde el manejo del sonido es fundamental.

NTC 5742 (2009): Ofrece técnicas para calcular los valores acústicos estándar y las reducciones de sonido obtenidas en pruebas de laboratorio y de campo, lo cual es esencial para analizar el desempeño de los paneles acústicos.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial

Resolución 0627 de 2006: Establece la regulación nacional relacionada con la producción de ruido y el sonido del entorno, señalando que es necesario implementar sistemas para reducir el ruido que garanticen la adherencia a los niveles permitidos en las construcciones.

Reglamento Técnico del Ministerio de Ambiente:

Este documento presenta pautas para gestionar el ruido en el medio ambiente, lo cual puede afectar la planificación e implementación de paneles sonoros en áreas urbanas o industriales.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Metodología planteada para la creación de paneles de acondicionamiento acústico a base de caña de azúcar es mixta ya que en esta se busca comprender como parte cuantitativa las variables de la acústica como lo son la reverberación y ecos en frecuencias medias, medias-altas y altas; siendo estos los puntos que se buscan abarcar con el desarrollo del panel.

En cuanto a la parte cualitativa, lo primero que se realizó fue una evaluación de las propiedades físicas, la selección del material adecuado (bagazo de caña), y secado del mismo junto con los distintos aglutinantes.

Fase experimental 1 panel con dos aglutinantes distintos

Para este proceso, primeramente, el bagazo fue puesto bajo luz solar directa durante una semana, moviéndolo cada dos días para asegurar un secado uniforme. El siguiente paso fue la preparación de los materiales para la fundición, que incluyó el uso de látex líquido como aglutinante, un balde para verter los materiales, el bagazo previamente secado y elementos de seguridad, como una mascarilla para protegerse del olor del látex y gafas de seguridad.

Después, se vertió aceite quemado para que actuara como desmoldante, facilitando la extracción del panel. Este se dejó secar durante cuatro días para observar el proceso de secado. Durante la primera semana, se notó que el látex, debido a su composición líquida, tiende a retener algo de humedad en la caña, lo que retrasa el secado. El bagazo, al ser un material orgánico, puede descomponerse. Al cabo de la segunda semana, notamos un leve proceso de descomposición en el panel, que en menos de 15 días se había extendido completamente, lo que nos obligó a descartarlo debido a la descomposición.

En la búsqueda de un material que tuviera características similares y pudiera servir como aglutinante, al mismo tiempo que otorgara rigidez al panel, descubrimos que la cera era

la opción más adecuada. La cera, al ser un material natural obtenido de las abejas, es no comedogénico (es decir, rara vez causa sensibilidad), y está libre de alcohol y aditivos.

Tabla 3 Descripción de la metodología implementada.

<i>PASO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>RECURSO</i>
1	Investigación sobre las propiedades físico químicas del bagazo de caña de azúcar para su implementación dentro del proyecto.	Revisión bibliográfica, búsqueda en el repositorio y la biblioteca de la universidad La Gran Colombia.
2	Aclaración de conceptos básicos para entender lo que se va a medir (Reverberación, acondicionamiento, insonorización, etc.	Revisión bibliográfica.
3	Definición de los materiales complementarios con los que se van a fabricar los prototipos para las pruebas.	Asesorías y revisión bibliográfica.
4	Establecer las dosificaciones específicas para fundir los nueve prototipos tipo panel y sus dimensiones.	Asesorías y revisión bibliográfica.
5	Fabricación de moldes para la fundición de los paneles.	Maderos de pino, tornillos, segueta, destornillador, metro.
6	Mezcla de los materiales para los paneles,	Materiales definidos, balde, aceite de motor usado o líquido desmoldante.
7	Secado y desmoldado de los prototipos.	Ambiente en sombra.
8	Sometimiento a pruebas de (Nivel de porosidad, nivel de absorción y vida útil de los materiales en los prototipos en grupos	Laboratorio
9	Obtención de resultados y su respectivo análisis.	Microfono especial, sondas, memorias y computadores.
10	Discusión de resultados y escogencia del mejor prototipo	Gráficas, Fórmulas científicas.
11	Conclusiones y recomendaciones.	N/A

Nota. Elaboración propia.

ECO-SONIDO

el panel actualmente se conforma por bagazo de caña de azúcar previamente secada al sol, como aglutinante, se implementó cera blanca ya que las propiedades de esta no afectan la porosidad del mismo; también, como alternativa para el tema de enfermedades que se presentan en la caña (bagazo de azúcar) causadas por el hongo (Roya) "Puccinia Melanocephala", el más común en los cañaverales. Se implementó el fungicida en este caso CONSIST MAX, uno de los fungicidas que tiene una de las mejores acciones preventivas.

Las proporciones utilizadas se llevaron a cabo teniendo en cuenta la cantidad de gramos y metros de bagazo y cera se implementó una Dosis de alrededor de 0.25 a 0.35 mL/Ha en dosificación por hectárea y en última instancia, el panel se forró con una tela acústica (paño escorial), la cual ayuda como envolvente y absorbente; todo esto sin perjudicar el objetivo central del panel.

El proyecto se fundamenta en una extensa base teórica y es inherentemente experimental.

Cantidad de cera blanca variada en proporciones de sus componentes para pruebas experimentales

de reverberación y frecuencia para evaluar su efectividad de manera más exhaustiva.

las cantidades de los elementos de cada conjunto de paneles.

Tabla 4 Dosificaciones por volumen en mezcla para los paneles.

PANELES		BAGAZO (Kg)	CERA BLANCA (ml)
1.5 cm	Panel 1	75 gr	150 ml
	Panel 2	75 gr	60 ml
	Panel 3	30 gr	150 ml
3. cm	Panel 1	150 gr	300 ml
	Panel 2	150 gr	120 ml
	Panel 3	60 gr	300 ml
4.5 cm	Panel 1	225 gr	300 ml
	Panel 2	225 gr	120 ml
	Panel 3	180 gr	300 ml

Nota. Elaboración propia.

La cantidad de cada elemento se determinó ajustando el peso del bagazo al diseño del molde requerido, utilizando cera blanca como un aditivo para los PANELES ACÚSTICOS DE FIBRAS DE BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR, debido a que estos paneles mejoran de manera notable la absorción del sonido y reducen la reverberación. Además, esta contribución me ayudó a establecer las proporciones (que fueron probadas) para el diseño de la losa de los paneles. Los hallazgos de este estudio permitieron crear paneles acústicos como unidades individuales prefabricadas, cada una con dimensiones de 20X30 cm de lado y grosores de 1. 5, 3, y 4. 5 cm.

Figura 2. Render diseño de paneles de bagazo.



Nota. Elaboración propia.

Fase practica: Elaboración de paneles

Porcentajes (%) de mezcla

Madera de pino: Esencial para la fabricación de los moldes de los paneles. Este tipo de madera fue elegida por su precio asequible y su gran durabilidad, lo que la hace adecuada para el vaciado de los paneles, además de su fácil disponibilidad en el mercado. Se necesitaron tres tipos de presentación para construir los moldes de los paneles: listones con anchos de 1. 5cm, 3. 0cm y 4. 5cm para los marcos. Dos tablones de 25x35cm para compactar los paneles.

Fijación metálica: Se eligieron tornillos que se insertan sin necesidad de orificios previos, accesibles, asequibles y con resistencia a la corrosión, ideales para fijar los marcos a las estructuras base.

Cera blanca liquida: Ofrece cualidades como aglutinante y brinda cierta cohesión a la mezcla de los paneles.

ECO-SONIDO

Aceite de motor reciclado: Comúnmente denominado "aceite quemado", se genera al realizar el cambio de aceite en motores de coches que han alcanzado su límite de kilometraje. Se utiliza con frecuencia en el sector de la construcción como agente de desmoldeo. Su precio accesible y las reducidas dosis requeridas para funcionar correctamente lo convirtieron en la opción ideal para ser seleccionado como el desmoldante de los paneles.

Bagazo de caña de azúcar: El bagazo hecho fibras, molienda, curación, se emplea como el acondicionamiento de los paneles. También les proporciona durabilidad gracias al contacto y las uniones que se crean entre las fibras.

Herramientas

- Herramienta menor: Destornillador, segueta.
- Elementos de seguridad y protección: Guantes, gafas y tapabocas.
- Balde o recipiente plástico.
- Metro, lápiz y/o esfero.
- Varilla y pincel con cerdas de fique.
- Vasos medidores.
- Gramera digital de precisión.

Fabricación de moldes

La creación de los moldes de madera. Se fabricaron en total tres moldes, cada uno con el grosor correcto de los marcos para asegurar las dimensiones específicas de los paneles. Se construyeron tres marcos usando tablones rectangulares de pino, los cuales fueron cortados con una segueta en pares por cada conjunto de moldes. Los primeros dos tablones fueron cortados a 20 cm de longitud, mientras que los otros dos se dimensionaron a 30 cm, sumando además la sección transversal del marco que se estaba fabricando, dependiendo del caso. Esto

se hizo con el objetivo de garantizar que el borde interior de los moldes fuese de 20 x 30 cm. Una vez que se completaron los marcos. Cuando los moldes estuvieron listos para su utilización, cada uno de ellos tuvo un tiempo de uso de cerca de 24 horas por panel. En total, se produjeron nueve paneles con diferentes mezclas, y aún después de retirar los últimos paneles, las formaleas mantuvieron su integridad total, lo que refleja en cierta medida el gran rendimiento que ofrecen.

Preparación de la mezcla para los paneles y vertido

Las variaciones en las dosis fueron el único aspecto que se consideró al elaborar cada panel. Además, se llevaron a cabo pequeños ajustes en la mezcla del aglutinante (cera blanca líquida) al fundir dos de los nueve paneles. Se realizó la fusión de los paneles de prueba uno, dos y tres del primer grupo. La preparación de la mezcla para cada panel se realizó de manera independiente, es decir, no se llevó a cabo una mezcla general para fusionar los tres paneles simultáneamente, debido a las complicaciones para lograr la homogeneidad de todos los componentes en esas cantidades y con los métodos disponibles. A continuación, se describe el proceso paso a paso para preparar la mezcla y los aditivos necesarios (melaza y fibras de bagazo):

1. Usar los elementos de seguridad para evitar el contacto directo del látex líquido.

Figura 3. Elementos de seguridad para el manejo del látex líquido.



Adaptado de: <https://www.medsocorp.com/2017/03/24/quantes-gafas-y-mascarillas-seguridad-para-los-trabajos/>

2. Separar cada elemento según la cantidad establecida en las dosificaciones.
3. En un balde plástico se empezó a mezclar manualmente, con las manos, la cantidad de cera blanca líquida con el bagazo, y en pequeñas cantidades se fueron arrojando las fibras de bagazo sobre la mezcla y se fue mezclado hasta ver una mezcla maleable y semisólida.

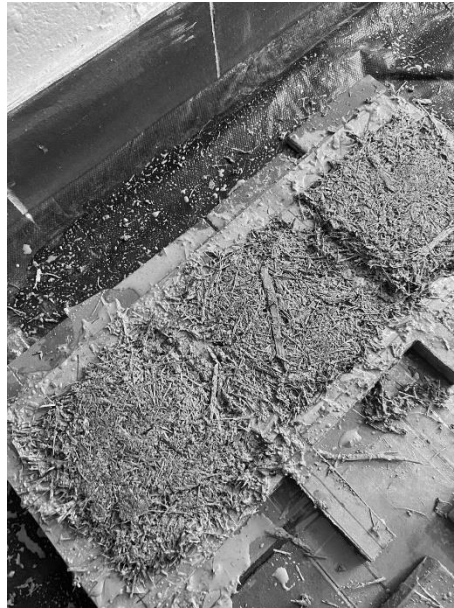
Figura 4. Creación de la mezcla para el panel de bagazo de caña.



Nota. Elaboración propia.

4. Se aplicó una cantidad adecuada de aceite usado sobre el molde y se distribuyó con un cepillo en todas las áreas donde la madera entraría en contacto con la mezcla, mientras esta se dejaba reposar unos minutos (2-3).
5. La mezcla se colocó en el molde, comenzando desde las esquinas y los bordes, y finalizando en el centro. Esta técnica de vertido previene la formación de burbujas en el panel. Después de que el molde estuvo completamente lleno, se alisó la superficie con las manos mientras la mezcla seguía siendo maleable.

Figura 5. Moldes con la mezcla de bagazo de caña.



Nota. Elaboración propia.

6. Después de 5 minutos, cuando la mezcla había comenzado a endurecerse, se empleó la tapa de madera (que también contenía aceite quemado) para alisar el panel de manera más eficiente y conseguir un acabado superior. No se compacta la mezcla con la tapa justo después de verterla, ya que se adhiere a la parte inferior de la misma.

Figura 6. Compresión y secado de los paneles.



Nota. Elaboración propia.

7. Después de haber pasado 24 horas desde su fundición, los paneles se desprendieron sin dificultad. En todo momento, se mantuvieron secos bajo la luz para facilitar una rápida evaporación de la humedad.
8. Los marcos y las bases fueron limpiados, eliminándose todos los restos de la mezcla tras el desmoldado para que pudieran ser reutilizados en la fundición del próximo conjunto de paneles.
9. Cada conjunto de paneles se dejó secar durante 4 días bajo luz directa y 7 días en la sombra después de ser desencofrado, asegurando que su forma y resistencia fueran las más adecuadas para las pruebas en laboratorio.

Pruebas de laboratorio

Para comprobar la efectividad de los paneles, estos modelos se vieron sometidos a una prueba que determina el nivel de absorción en el espectro de frecuencias para compararlos con los de los paneles más comunes utilizados en Home estudios. La prueba se realizó dentro de una emulación de cámara anecoica; para la cual, se utilizaron las siguientes herramientas:

- Micrófono de análisis
- Parlante JBL Charge5
- Interfaz de audio FOCUSRITE SOLO
- Computador
- Software: Smaart v8 y Rew

El proceso se realizó dentro de un emulador de cámara anecoica, donde en primera instancia se midió el nivel de insonorización de la misma, para así saber si era posible hacer las pruebas pertinentes; una vez teniendo el ambiente propicio para realizar las pruebas, se hizo un barrido de frecuencias sin el

panel para medir los dB en el espectro. Acto seguido, se realizó la prueba con el panel, donde se compararon los resultados de absorción y las frecuencias que puede atacar el mismo,

Figura 7. Emulación de cámara anecoica, micrófono de análisis y panel de durante el tiempo.

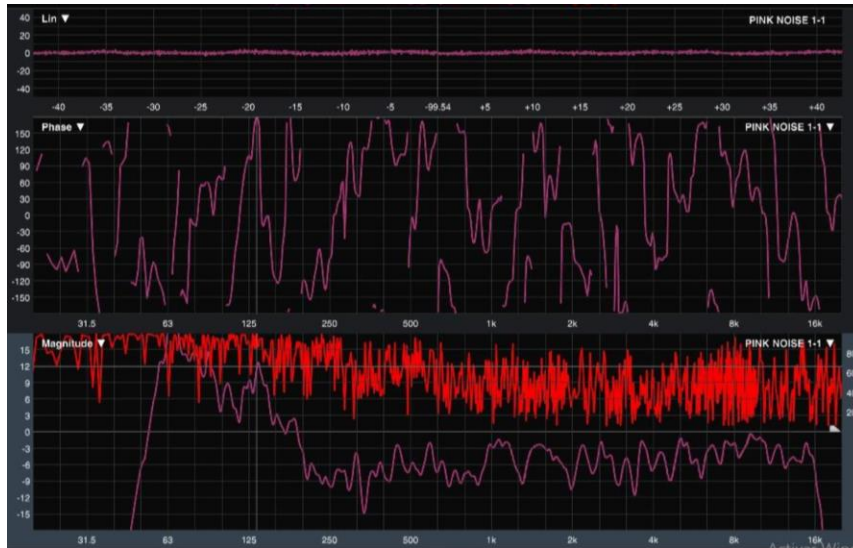


Nota. Elaboración propia. Prueba casera.

Análisis y Discusión de Resultados

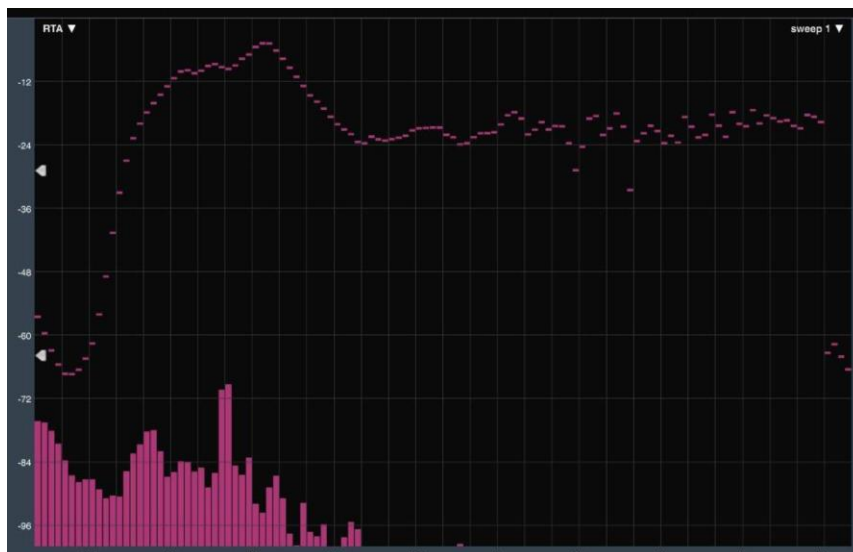
Tras realizar un análisis con ruido rosa sin panel, se evidencia que desde los 1000HZ hasta los 16000HZ en Db estamos a 0, en casi todas las frecuencias.

Figura 8. Análisis con ruido rosa sin panel.



Nota. Elaboración propia (análisis realizados con el software Smart v8).

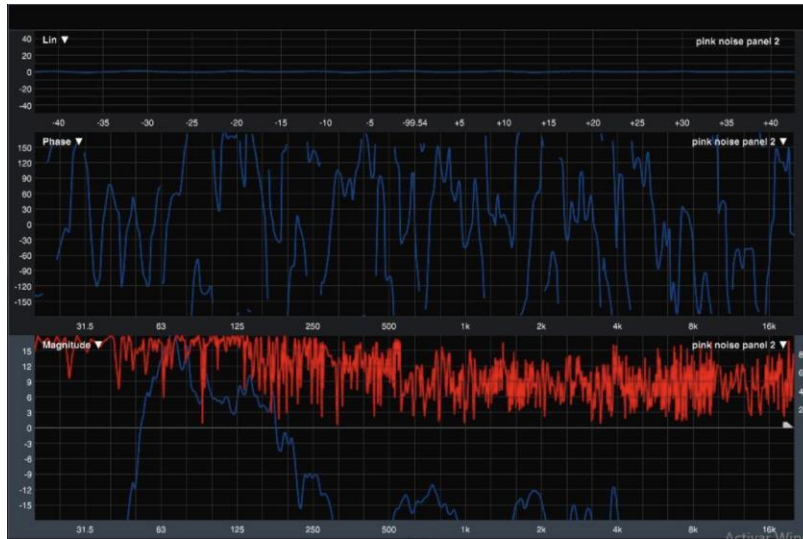
Figura 9. Análisis con barrido de frecuencias partiendo de una onda seno, sin panel.



Nota. Elaboración propia (análisis realizados con el software Smaart v8).

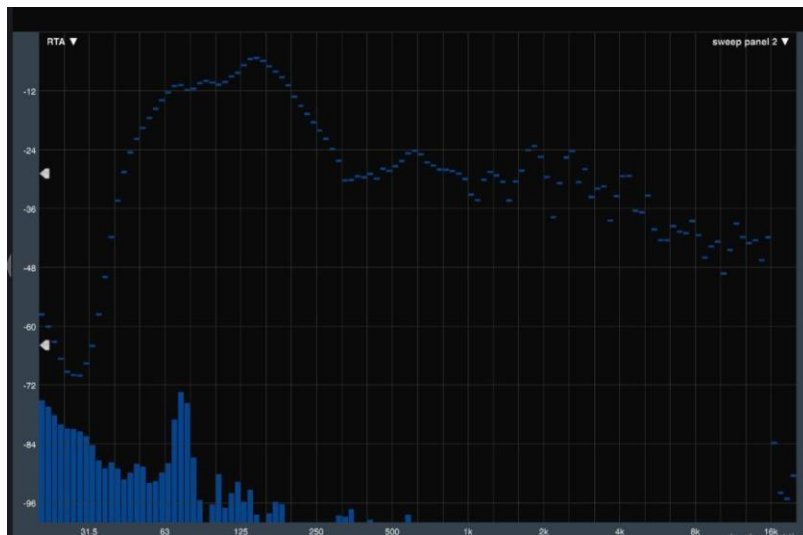
Al implementar el panel se evidencian en las gráficas los siguientes resultados: Tiene una caída pronunciada en las frecuencias de 1.400 Hz, 3.600 Hz y 5.000 Hz en adelante hasta los 16.000Hz de 31db donde el panel empieza hacer efectivo desde los 640 Hz hasta los 16.000 Hz: dando a entender de esta manera la efectividad del panel.

Figura 10. Análisis con ruido rosa y panel.



Nota. Elaboración propia (análisis realizados con el software Smaart v8).

Figura 11. Análisis barrido de frecuencias partiendo de una onda seno, con panel.



Nota. Elaboración propia (análisis realizados con el software Smaart v8).

Fase experimental 2. Creación de paneles con distintos aglutinantes

Para encontrar el aglutinante adecuado se realizaron distintos prototipos, cambiando el aglutinante y mediante pruebas se fueron descartando para así poder llegar al resultado final. A continuación, se ilustrarán los paso a paso de cada uno de los paneles realizados.

Prototipo 1: aglutinante CERA

Materiales necesarios:

Bagazo de caña de azúcar: El residuo fibroso que queda después de extraer el jugo de la caña.

Aglutinante: Cera blanca en bloque.

Estructura de soporte: Marco de cobalsa (madera).

Recubrimiento: Tela escorial.

Prensa, para compactar el material.

Otros materiales: Balde, fuente de calor (estufa eléctrica), olla, tornillos auto perforantes 3-1/4", molde de madera, antiadherente, pegamento industrial.

PASO A PASO

1. Preparación del bagazo de caña de azúcar: Primeramente, se selecciona la cantidad de bagazo de caña de azúcar deseado, en este caso 150 g aprox. Este debe estar seco para evitar problemas de humedad (proceso de secado min de 30 días en un espacio con buena ventilación e iluminación solar).

figura 12 . Preparación del bagazo de caña de azúcar.



Nota: elaboración propia.

2. Aglutinante- cera blanca: En este caso, la cera blanca (1kl) se encuentra en un estado sólido, el cual se debe derretir para obtener la consistencia deseada.

figura 13. Aglutinante - cera blanca



Nota: elaboración propia.

3. Preparación del molde: Para la preparación, se utiliza un molde de madera fabricado anteriormente, con láminas internas de aluminio (30 cm*20 cm) para facilitar el desmolde. Posteriormente, se aplica un antiadherente (aceite quemado) y se incorpora la mezcla.

figura 14. preparación del molde.



Nota: elaboración propia.

4. Creación de la mezcla: Para realizar el aglutinante primero se necesita pasar la cera a un estado líquido, por lo cual se utiliza una fuente de calor que, en este caso, es una estufa eléctrica y un recipiente que resista el calor (olla). Para el aglutinante es necesario 1 kg de cera, el cual se va a derretir en la estufa y tras conseguir la textura deseada, se vierte el líquido dentro del molde previamente relleno con el bagazo.

figura 15. Creación de la mezcla



Nota: elaboracion propia.

5. Moldeado del panel: Para realizar el prototipo, se vierte el bagazo con la cantidad específica para poder utilizar la cera; como recomendación, no utilizar las manos para mezclar, verter la cera líquida dentro del molde relleno de bagazo y asegurar que este quede compacto por medio de la prensa. Finalmente, dejar con la forma específica y, posterior a esto, dejar secar en un ambiente controlado.

Pasadas las 24 h, se realiza el proceso de desmoldeo retirando los tornillos y despegando el marco de la base, para posteriormente poder retirar el panel con mayor facilidad.

figura 16. Moldeado del panel



Nota: elaboración propia.

6. Secado y endurecimiento: Después del desmoldado, se debe dejar el prototipo en un lugar con buena ventilación y asolación no directa, ya que esta afecta el secado del aglutinante. Una vez realizado todo el proceso, se deja secar el panel ya forrado 24 h y finalmente se utiliza acorde a la necesidad.

figura 17. Secado y endurecimiento.



Nota: elaboración propia.

7. Acabado del panel: Para los acabados, se realiza un marco en cobalsa el cual cuenta con una medida de 30 cm*20 cm y se utiliza un pegante especial para madera y facilitar las uniones.

figura 18. Acabado del panel.



Nota: elaboración propia.

8. Recubrimiento: Para el marco se utiliza una tela diseñada para cuestiones relacionadas con la acústica (paño escorial). Esta es cortada y diseñada a medida para facilitar el pegado entre el marco y la tela; se genera una marca interna con las medidas del panel para poder distribuir la cantidad de tela para poder recubrir las caras del marco.

figura 19. Recubrimiento del panel.



Nota: elaboración propia

9. Aplicación del pegamento: En este caso es necesario contar con un lugar amplio con una buena ventilación para poder aplicar y esparcir de manera adecuada el pegamento (boxer).

figura 20. Aplicación del pegamento.



Nota: elaboración propia.

10. Detalle final: Una vez realizado todo el proceso, se deja secar el panel ya forrado 24 h y finalmente se utiliza acorde a la necesidad.

figura 21. Detalle final.



Nota: elaboración propia.

Prototipo 2: aglutinante cemento.

Materiales necesarios:

Bagazo de caña de azúcar: El residuo fibroso que queda después de extraer el jugo de la caña.

Aglutinante: Cemento.

Estructura de soporte: Marco de cobalsa (madera).

Recubrimiento: Tela escorial.

Prensa, para compactar el material.

Otros materiales: Balde, guantes, tornillos auto perforantes 3-1/4", molde de madera, antiadherente, pegamento industrial.

PASO A PASO

1. Preparación del bagazo de caña de azúcar: Primeramente, se selecciona la cantidad de bagazo de caña de azúcar deseado, en este caso 150 g aprox. Este debe estar seco para evitar problemas de humedad (proceso de secado min de 30 días en un espacio con buena ventilación e iluminación solar).

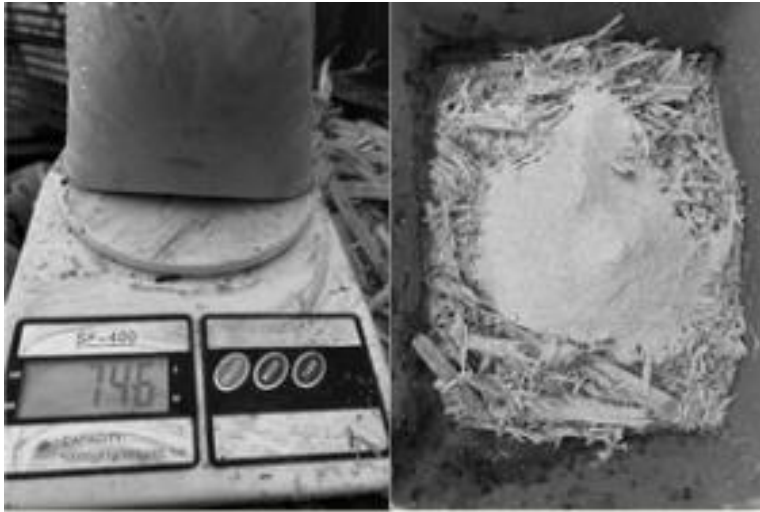
figura 22. Preparación bagazo de caña.



Nota: elaboración propia.

2. Preparación de la mezcla: Se necesitan 800 gr de cemento junto con 250 ml de agua.
Acto seguido, se prepara el aglutinante; para eso, se incorporan el cemento, el bagazo de caña y el agua en un recipiente

figura 23 Preparación de la mezcla (cemento).



Nota: elaboración propia.

3. Combinación de los materiales: se continua con la mezcla utilizando las manos cubiertas con guantes. Luego, se integran los elementos para crear una mezcla homogénea y proceder con el moldeado.

figura 24. combinación de los materiales.



Nota: elaboración propia.

4. Preparación del molde: Para la preparación, se utiliza un molde de madera fabricado anteriormente, con láminas internas de aluminio (30 cm*20 cm) para facilitar el desmolde. Posteriormente, se aplica un antiadherente (aceite quemado) y se incorpora la mezcla.

figura 25. Preparación del molde.



Nota: elaboración propia.

5. Moldeado del panel: Para el relleno del molde se utiliza la mezcla homogénea que se obtuvo después del proceso anterior; acto seguido, se procede a encofrar el molde con ayuda de las manos y poder aplicar en los espacios donde se dificulta y completa con el relleno del mismo.

figura 26. Moldeado del panel.



Nota: elaboración propia.

6. Secado y endurecimiento: Después del desmoldado, se debe dejar el prototipo en un lugar con buena ventilación y asolación no directa, ya que esta afecta el secado del aglutinante. Una vez realizado todo el proceso, se deja secar el panel ya forrado 24 h y finalmente se utiliza acorde a la necesidad.

figura 27. secado y endurecimiento.



Nota: elaboración propia.

7. Acabado del panel: Para los acabados, se realiza un marco en cobalsa el cual cuenta con una medida de 30 cm*20 cm y se utiliza un pegante especial para madera y facilitar las uniones.

figura 28. acabado del panel.



Nota: elaboración propia.

8. Recubrimiento: Para el marco se utiliza una tela diseñada para cuestiones relacionadas con la acústica (paño escorial). Esta es cortada y diseñada a medida para facilitar el pegado entre el marco y la tela; se genera una marca interna con las medidas del panel para poder distribuir la cantidad de tela para poder recubrir las caras del marco.

figura 29. Recubrimiento del panel.



Nota: elaboración propia

ECO-SONIDO

9. Aplicación del pegamento: En este caso es necesario contar con un lugar amplio con una buena ventilación para poder aplicar y esparcir de manera adecuada el pegamento (boxer).

figura 30. Forrado del panel.



Nota: elaboración propia.

10. Detalle final: Una vez realizado todo el proceso, se deja secar el panel ya forrado 24 h y finalmente se utiliza acorde a la necesidad.

figura 31. Resultado final.



Nota: Elaboración propia.

Prototipo 3: aglutinante almidón de yuca.

Materiales necesarios:

Bagazo de caña de azúcar: El residuo fibroso que queda después de extraer el jugo de la caña.

Aglutinante: Almidón de yuca.

Estructura de soporte: Marco de cobalsa (madera).

Recubrimiento: Tela escorial.

Prensa, para compactar el material.

Otros materiales: Balde, guantes, tornillos auto perforantes 3-1/4", molde de madera, antiadherente, pegamento industrial.

PASO A PASO

1. Preparación del bagazo de caña de azúcar: Primeramente, se selecciona la cantidad de bagazo de caña de azúcar deseado, en este caso 150 g aprox. Este debe estar seco para evitar problemas de humedad (proceso de secado min de 30 días en un espacio con buena ventilación e iluminación solar).

figura 32. Preparación bagazo de caña.

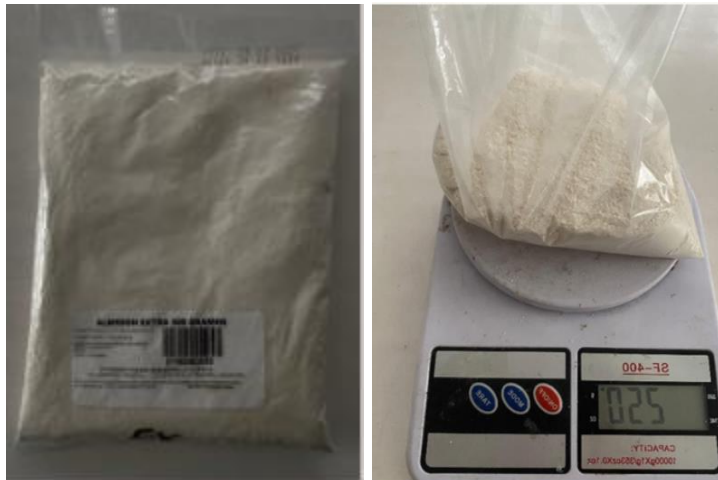


Nota: elaboración propia.

ECO-SONIDO

2. Aglutinante: Para comenzar, se preparan los elementos necesarios para realizar el aglutinante que, en este caso, serían 250 gr de almidón de yuca, 250 ml de agua, una olla y una fuente de calor (una estufa eléctrica).

figura 33. Aglutinante almidón de yuca.



Nota: Elaboración propia.

3. Preparación del aglutinante: Se incorpora el almidón de yuca en la olla; mientras se mezcla durante aproximadamente 20 minutos en la estufa a nivel medio para así poder obtener una mezcla consistente.

figura 34. Preparación aglutinante.



Nota: Elaboración propia.

4. Mezcla de aglutinante: Se incorpora en el bagazo para así crear una mezcla homogénea; de manera adecuada, se utilizan las manos con cuidado para revolver la misma (tener precaución, ya que el aglutinante está caliente).

figura 35. Mezcla del aglutinante con el bagazo.



Nota: Elaboracion propia.

5. Preparación del molde: Para la preparación, se utiliza un molde de madera fabricado anteriormente, con láminas internas de aluminio (30 cm*20 cm) para facilitar el desmolde. Posteriormente, se aplica un antiadherente (aceite quemado) y se incorpora la mezcla.

figura 36. Preparación del molde.



Nota: elaboración propia.

6. Moldeado del panel: Se realiza un prensado con dos tablas y tornillos generando una compresión por ambos lados; luego de esto, se deja actuar por aproximadamente 24hrs, para que obtener la forma deseada.

figura 37. Moldeado del panel.



Nota: Elaboración propia.

7. Secado y endurecimiento: Después del desmoldado, se debe dejar el prototipo en un lugar con buena ventilación y asolación no directa, ya que esta afecta el secado del aglutinante. Una vez realizado todo el proceso, se deja secar el panel ya forrado 24 h y finalmente se utiliza acorde a la necesidad

figura 38. Secado y endurecimiento del panel.



Nota: Elaboración propia.

8. Acabado del panel: Para los acabados, se realiza un marco en cobalsa el cual cuenta con una medida de 30 cm*20 cm y se utiliza un pegante especial para madera y facilitar las uniones.

figura 39. Acabado del panel.



Nota: elaboración propia.

9. Recubrimiento: Para el marco se utiliza una tela diseñada para cuestiones relacionadas con la acústica (paño escorial). Esta es cortada y diseñada a medida para facilitar el

pegado entre el marco y la tela; se genera una marca interna con las medidas del panel para poder distribuir la cantidad de tela para poder recubrir las caras del marco.

figura 40. Recubrimiento del panel.



Nota: elaboración propia

- 10 Detalle final: Una vez realizado todo el proceso, se deja secar el panel ya forrado 24 h y finalmente se utiliza acorde a la necesidad.

figura 41. Detalle final.



Nota: elaboración propia.

Pruebas de laboratorio

Las pruebas que se llevaron a cabo tenían como objetivo determinar qué tipo de aglutinante producía un material con menor porosidad para lograr una mayor capacidad de absorción. Estos estudios se realizaron de forma práctica utilizando una cámara anecoica hecha en casa, un sonómetro, y una fuente de sonido.

Materiales necesarios:

Cámara anecoica.

Sonómetro extech.

Fuente de sonido: parlante Bose Revolve Soundlink.

Barrido de frecuencias.

Para llevar a cabo la evaluación, en primer lugar, se colocó la fuente de sonido dentro de la cámara anecoica y se efectuó un análisis inicial de dB utilizando frecuencias específicas durante un intervalo de tiempo de 15 segundos por frecuencia sin panel, y luego se repitió el mismo proceso, pero utilizando el panel correspondiente.

figura 42. Cámara anecoica casera.



Nota: Elaboración propia.

figura 43. Fuente de sonido.



Nota: elaboración propia.

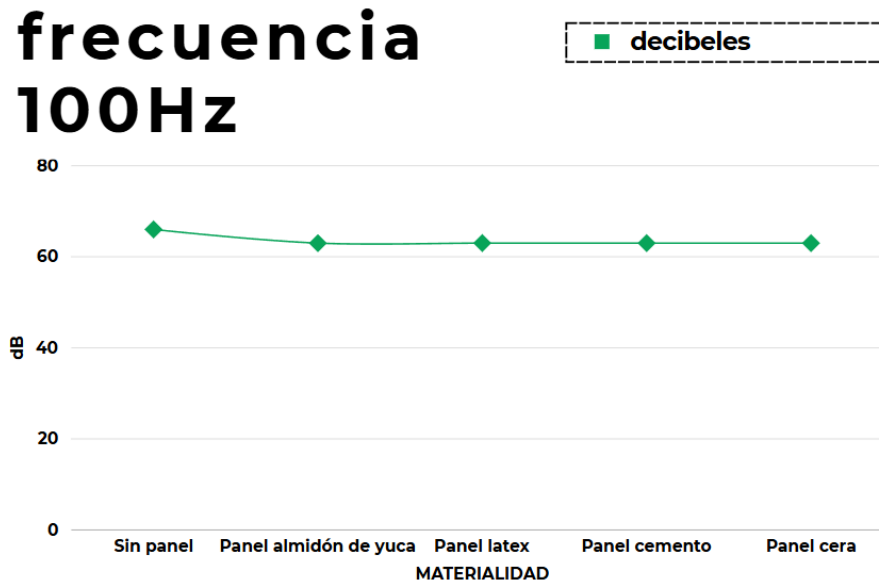
figura 44. Sonómetro Extech



Nota: elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

figura 45. Análisis con frecuencia de 100Hz.



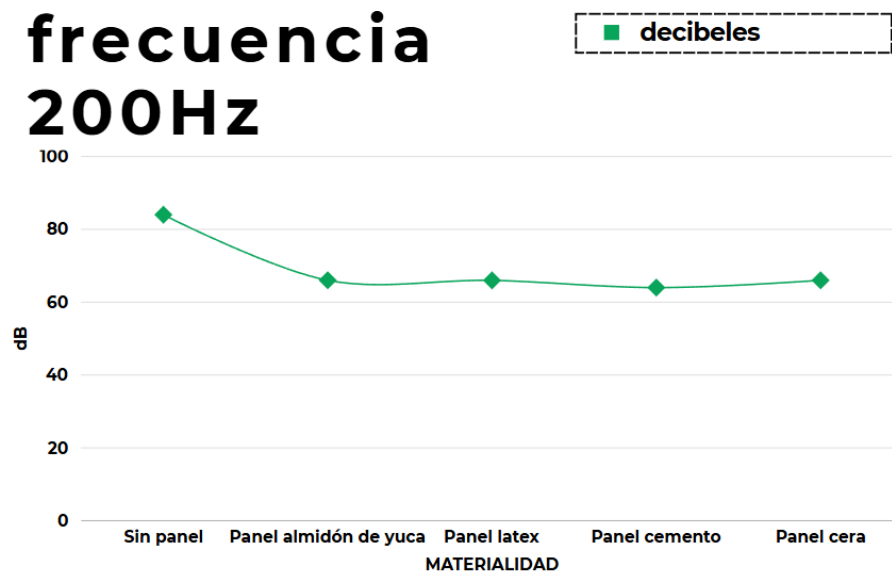
Nota: Elaboración propia.

En la gráfica, se evidencia cómo se maneja una frecuencia de 100 Hz. A continuación, se muestra el efecto en dB; teniendo en cuenta que la base es 66 dB (sin panel).

Al implementar los paneles, se obtuvieron los siguientes resultados:

- P. Al almidón de yuca 63 dB, disminuye 3 dB.
- P. Aglutinante látex 63 dB, disminuyo 3 dB.
- P. Aglutinante cemento 63 dB, disminuyo 3 dB.
- P. Aglutinante cera 63 dB, disminuye 3 dB.

figura 46. Análisis con frecuencia de 200Hz.



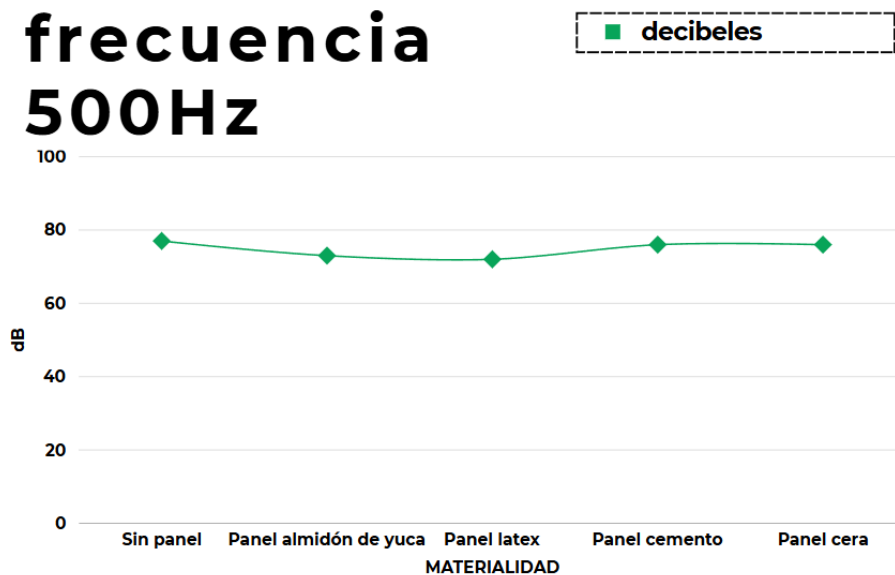
Nota: Elaboración propia.

En la gráfica, se evidencia cómo se maneja una frecuencia de 200 Hz. A continuación, se muestra el efecto en dB; teniendo en cuenta que la base es 84 dB (sin panel).

Al implementar los paneles, se obtuvieron los siguientes resultados:

- P. Al almidón de yuca 66 dB, disminuye 18 dB.
- P. Aglutinante látex 66 dB, disminuyo 18 dB.
- P. Aglutinante cemento 64 dB, disminuyo 20 dB.
- P. Aglutinante cera 66 dB, disminuye 18 dB.

figura 47. Análisis con frecuencia de 500Hz.



Nota: Elaboración propia.

En la gráfica, se evidencia cómo se maneja una frecuencia de 500 Hz. A continuación, se muestra el efecto en dB; teniendo en cuenta que la base es 77 dB (sin panel).

Al implementar los paneles, se obtuvieron los siguientes resultados:

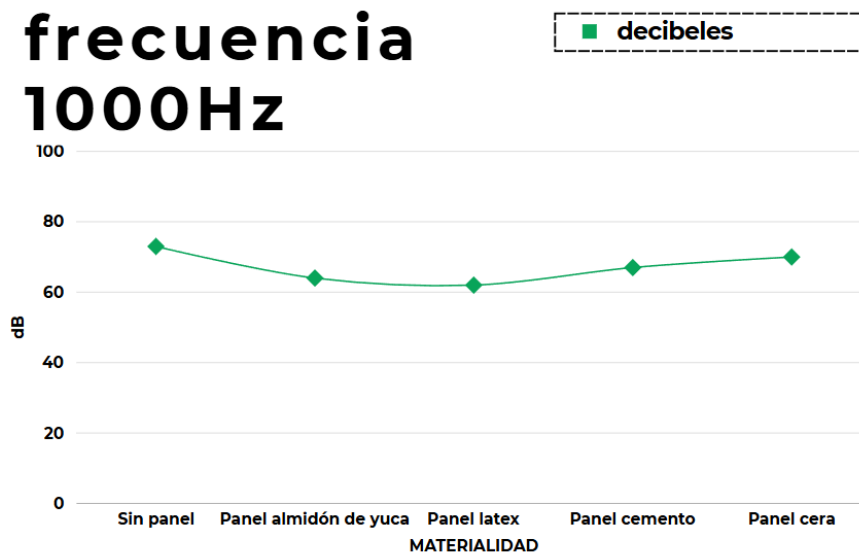
P. Al almidón de yuca 73 dB, disminuye 4 dB.

P. Aglutinante látex 72 dB, disminuyo 5 dB.

P. Aglutinante cemento 76 dB, disminuyo 1 dB.

P. Aglutinante cera 76 dB, disminuye 1 dB.

figura 48. Análisis con frecuencia de 1000Hz



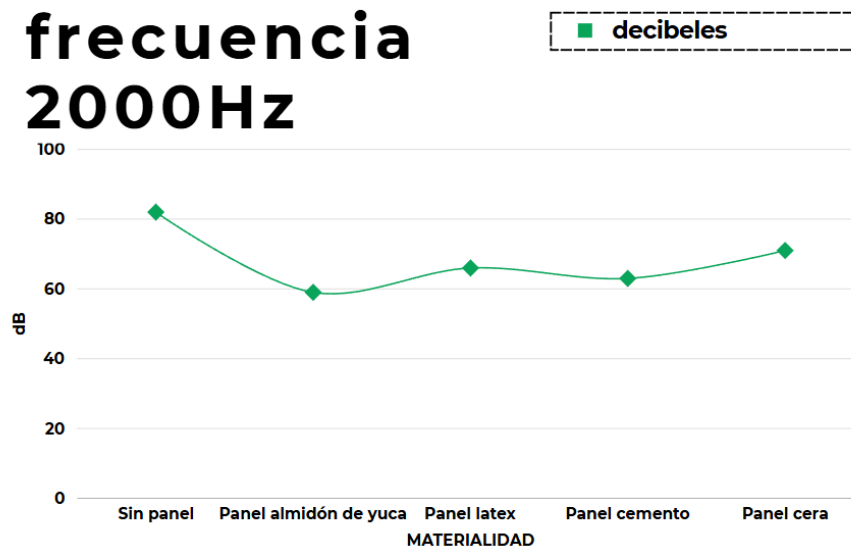
Nota: elaboración propia.

En la gráfica, se evidencia cómo se maneja una frecuencia de 1000 Hz. A continuación, se muestra el efecto en dB; teniendo en cuenta que la base es 73 dB (sin panel).

Al implementar los paneles, se obtuvieron los siguientes resultados:

- P. Al almidón de yuca 64 dB, disminuye 9 dB.
- P. Aglutinante látex 62 dB, disminuyo 11 dB.
- P. Aglutinante cemento 67 dB, disminuyo 6 dB.
- P. Aglutinante cera 70 dB, disminuye 3 dB.

figura 49. Análisis con frecuencia de 2000Hz.



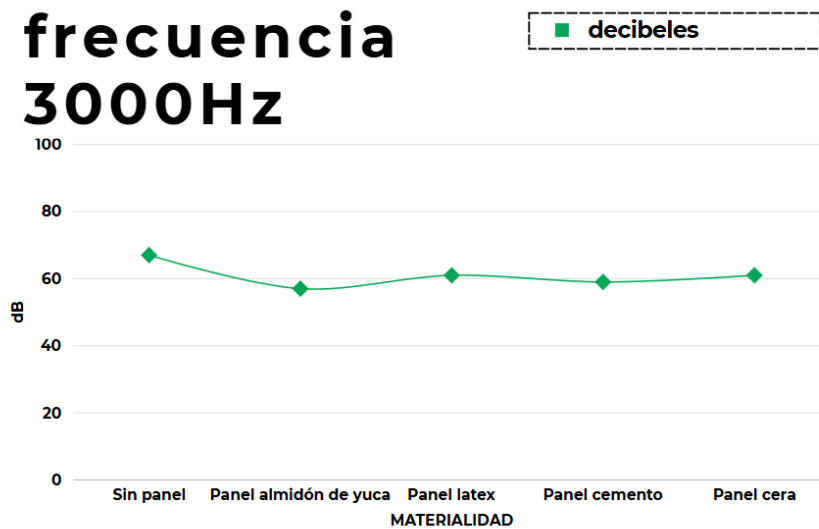
Nota: Elaboración propia.

En la gráfica, se evidencia cómo se maneja una frecuencia de 2000 Hz. A continuación, se muestra el efecto en dB; teniendo en cuenta que la base es 82 dB (sin panel).

Al implementar los paneles, se obtuvieron los siguientes resultados:

- P. Al almidón de yuca 59 dB, disminuye 23 dB.
- P. Aglutinante látex 66 dB, disminuyo 16 dB.
- P. Aglutinante cemento 63 dB, disminuyo 19 dB.
- P. Aglutinante cera 71 dB, disminuye 11 dB.

figura 50. Análisis con frecuencia de 3000Hz.



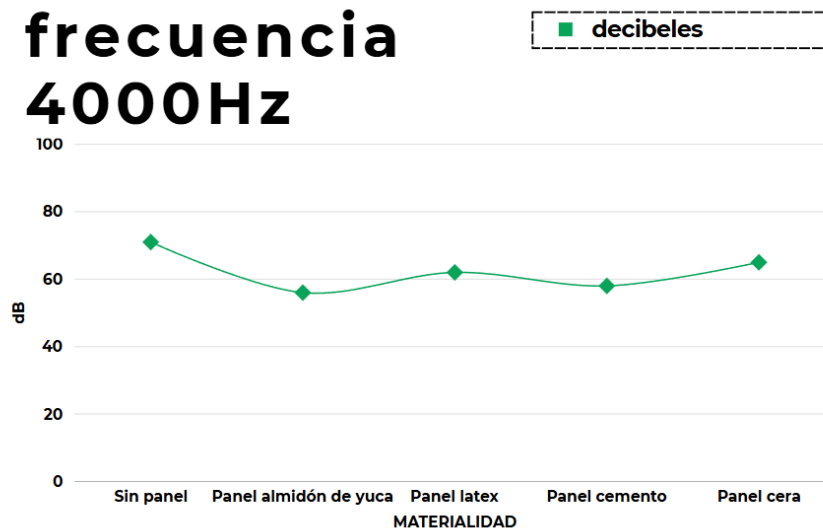
Nota: Elaboración propia.

En la gráfica, se evidencia cómo se maneja una frecuencia de 3000 Hz. A continuación, se muestra el efecto en dB; teniendo en cuenta que la base es 67 dB (sin panel).

Al implementar los paneles, se obtuvieron los siguientes resultados:

- P. Al almidón de yuca 57 dB, disminuye 10 dB.
- P. Aglutinante látex 61 dB, disminuyo 6 dB.
- P. Aglutinante cemento 59 dB, disminuyo 8 dB.
- P. Aglutinante cera 61 dB, disminuye 6 dB.

figura 51. Análisis con frecuencia de 4000Hz.



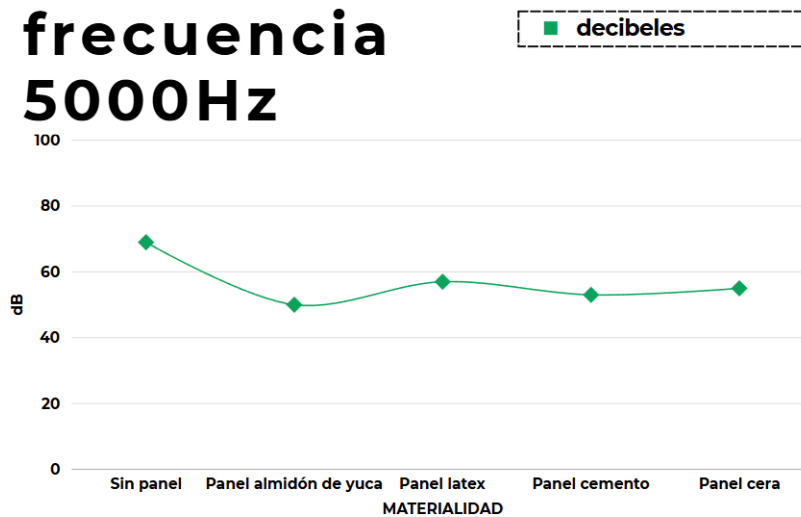
Nota: Elaboración propia.

En la gráfica, se evidencia cómo se maneja una frecuencia de 4000 Hz. A continuación, se muestra el efecto en dB; teniendo en cuenta que la base es 71 dB (sin panel).

Al implementar los paneles, se obtuvieron los siguientes resultados:

- P. Al almidón de yuca 56 dB, disminuye 15 dB.
- P. Aglutinante látex 62 dB, disminuyo 9 dB.
- P. Aglutinante cemento 58 dB, disminuyo 13 dB.
- P. Aglutinante cera 65 dB, disminuye 6 dB.

figura 52. Análisis con frecuencia de 5000Hz.



Nota: Elaboración propia.

En la gráfica, se evidencia cómo se maneja una frecuencia de 5000 Hz. A continuación, se muestra el efecto en dB; teniendo en cuenta que la base es 69 dB (sin panel).

Al implementar los paneles, se obtuvieron los siguientes resultados:

- P. Al almidón de yuca 50 dB, disminuye 19 dB.
- P. Aglutinante látex 57 dB, disminuyo 12 dB.
- P. Aglutinante cemento 53 dB, disminuyo 16 dB.
- P. Aglutinante cera 55 dB, disminuye 14 dB.

Tras analizar las pruebas realizadas, se entiende que el panel con mayor efectividad es aquel que tiene como aglutinante el almidón de yuca; teniendo presente esto, se crea un prototipo real a escala.

PROTOTIPO FINAL (PANEL CON AGLUTINANTE DE ALMIDÓN DE YUCA)

Tras realizar las pruebas de absorción de frecuencias, se llegó a la conclusión de que el panel más óptimo para un acondicionamiento acústico efectivo es el prototipo que incluye el almidón de yuca como aglutinante gracias a su poca porosidad y su poco peso; esto lo vuelve de fácil instalación y bajo costo. A continuación, se evidencia el proceso de realización del panel final a escala.

Materiales necesarios para la creación del panel

Bagazo de caña de azúcar: El residuo fibroso que queda después de extraer el jugo de la caña.

Aglutinante: Almidón de yuca.

Estructura de soporte: Marco de cobalsa (madera).

Recubrimiento: Tela escorial.

Prensa, para compactar el material.

Otros materiales

Balde, guantes, tornillos auto perforantes 3-1/4", molde de madera, antiadherente, pegamento industrial.

PASO A PASO

1. Preparación del bagazo de caña: Primeramente, se selecciona la cantidad de bagazo de caña de azúcar deseado, en este caso 4 kilos aprox. Este debe estar seco para evitar problemas de humedad (proceso de secado min de 30 días en un espacio con buena ventilación e iluminación solar).

figura 53. Selección del bagazo de caña.



Nota: Elaboración propia.

2. Aglutinante: Para comenzar, se preparan los elementos necesarios para realizar el aglutinante que, en este caso, serían 1 kilo gr de almidón de yuca, 5 litros de agua, una olla y una fuente de calor (una estufa eléctrica o gas).

figura 54. Almidón de yuca.



Nota: Elaboración propia.

3. Preparación del aglutinante: Se incorpora el almidón de yuca en la olla; mientras se mezcla durante aproximadamente 20 minutos en la estufa a nivel medio para así poder obtener una mezcla consistente.

figura 55. Preparación del aglutinante.



Nota: Elaboración propia.

4. Mezcla del aglutinante: Se incorpora en el bagazo para así crear una mezcla homogénea; de manera adecuada, se utilizan las manos con cuidado para revolver la misma (tener precaución, ya que el aglutinante está caliente).

figura 56. Mezcla de materiales.



Nota: Elaboración propia.

5. Preparación del molde: Para la preparación, se utiliza un molde de madera fabricado anteriormente, con listones de 40 x 100 cm.

figura 57. Preparación del molde.



Nota: Elaboración propia.

6. Moldeado del panel: Con una tabla, se genera una compresión por ambos lados; luego de esto, se deja actuar por aproximadamente 24 h, para que obtener la forma deseada.

figura 58. Moldeado del panel.



Nota: Elaboración propia.

7. Secado y endurecimiento: Después del desmoldado, se debe dejar el prototipo en un lugar con buena ventilación y asolación no directa, ya que esta afecta el secado del aglutinante. Una vez realizado todo el proceso, se deja secar el panel a 24 h.

figura 59. Secado y endurecimiento.



Nota: Elaboración propia.

Materiales necesarios para realizar el marco

Tablas de madera:

Medidas ancho*largo: 5cm*2cm. Medidas externas: 104cm*44cm. (para que las medidas internas sean 100cm*40cm).

Tornillos: 4 -1/2cm para unión de marco y 1- 1/2cm para los accesorios.

Taladro con punta de estrella y un metro.

Tela: Paño escorial. Medidas: 102 cm*42cm.

Grapadora industrial: Grapas de 4mm*14mm.

PASO A PASO

1. Para los acabados, se realiza un marco en madera acepillada, el cual cuenta con una medida de 40 cm x 100 cm con un refuerzo en la mitad 50 cm y se utiliza un pegante especial para madera y facilitar las uniones.

figura 60. Elaboración del marco.



Nota: Elaboración propia.

2. Recubrimiento: Se utiliza una tela diseñada para cuestiones relacionadas con la acústica (paño escorial). Esta es cortada y diseñada a medida para facilitar el pegado entre el marco y la tela; se genera una marca interna con las medidas del panel para poder distribuir la cantidad de tela para poder comenzar con el grapado de adentro para afuera en la cara frontal del panel de la misma y recubrir las caras del marco con cuestiones de que esta quede bien templada.

figura 61. Recubrimiento con paño escorial.



Nota: Elaboración propia.

3. Tela templada: Una vez realizado todo el proceso, se rellena el panel con el bagazo y aglutinante previamente secados y generando un refuerzo con unas tiras de caucho de tela.

figura 62. Refuerzo y tela templada.



ECO-SONIDO

Nota: Elaboración propia.

4. Templado de tela: Por el otro lado, se repite el proceso de templar la tela y engrapar directamente al borde del marco.

figura 63. Grapado de la tela al marco.



Nota: Elaboración propia.

5. Fijación de accesorios: se continúa con marcar dónde van a ir los puntos para poder fijar el accesorio, el cual nos va a ayudar a sostener el panel en la pared.

figura 64. Accesorios y su fijación.



Nota: Elaboración propia.

Pruebas finales en un home studio.

Materiales necesarios

Micrófono de análisis

Fuente de sonido: JBL profesional

Interfaz de audio FOCUSRITE SOLO

Computador

Software: Smaart v8 y Rew

Para llevar a cabo las pruebas definitivas, se dispusieron los paneles en el home studio de forma estratégica, considerando el área donde se generan más ondas en estado estacionario. Este estudio se ejecutó utilizando ruido rosa y un barrido de frecuencias.

figura 65. Fuente de sonido y micrófono de análisis.



Nota: elaboración propia.

figura 66. Interfaz y software de análisis.



Nota: Elaboración propia.

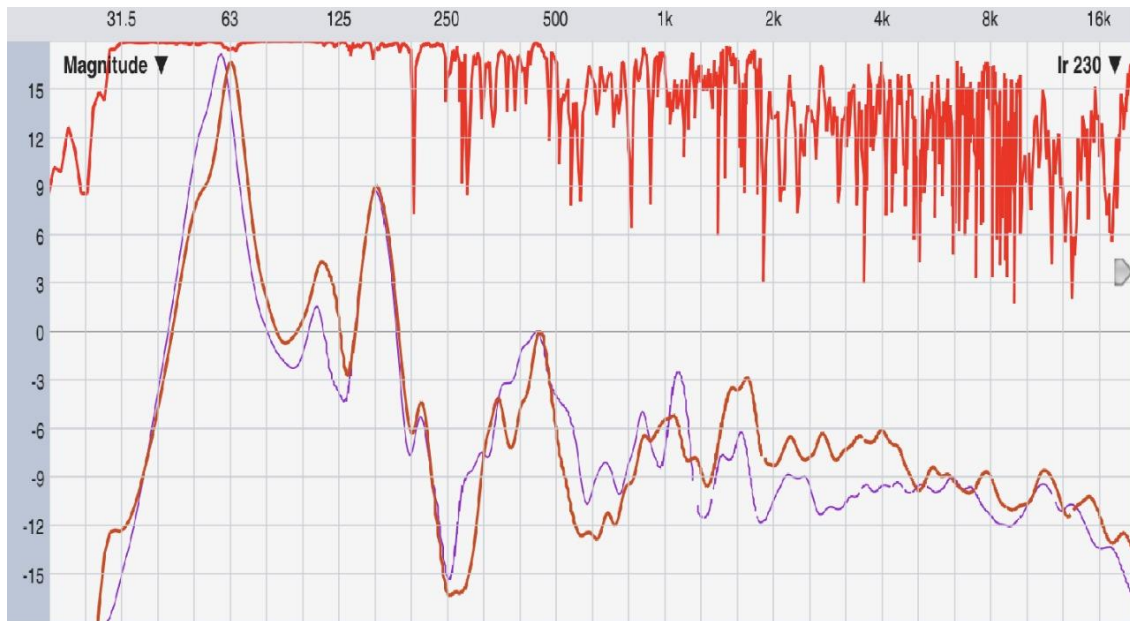
figura 67. Puntos de análisis para ubicar los paneles.



Nota: Elaboración propia. Análisis creado con ruido rosa.

Después de completar este procedimiento, se inicia un escaneo de frecuencias que va desde los 20Hz hasta los 20.000Hz para determinar a partir de qué frecuencia los paneles comienzan a funcionar de manera efectiva.

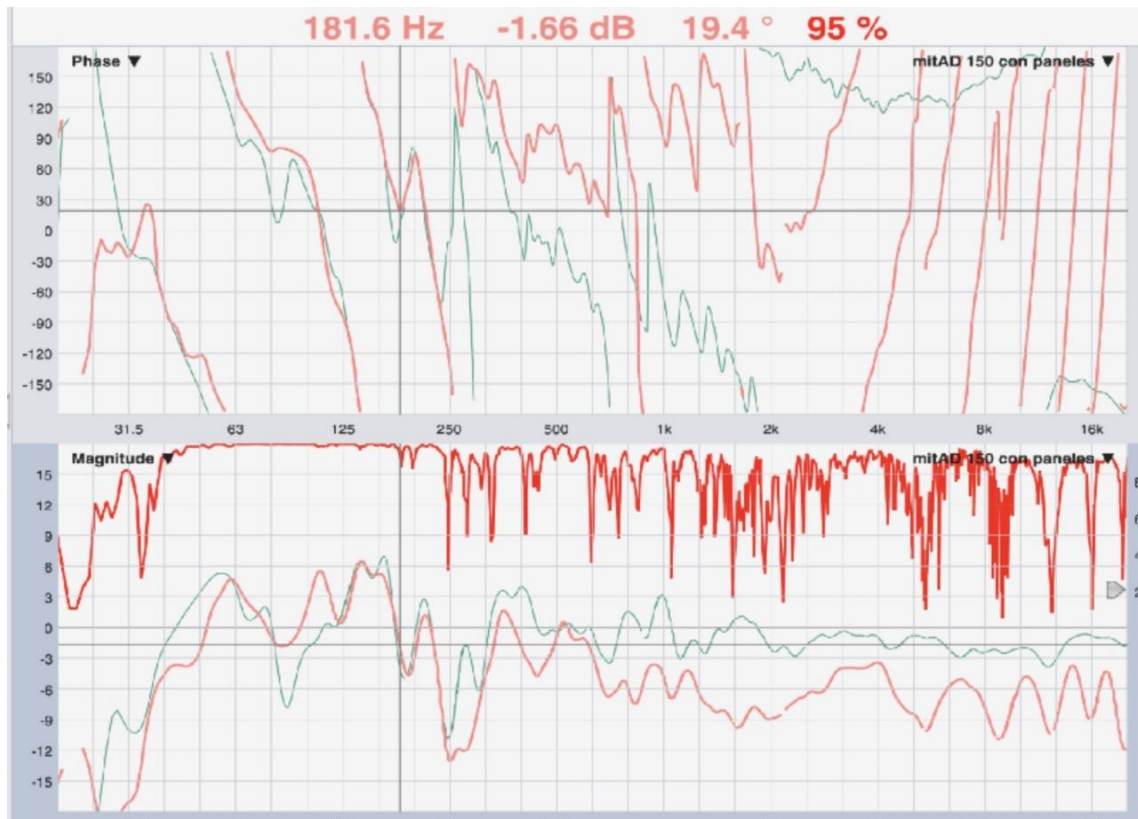
figura 68. Análisis de frecuencia con y sin panel.



Nota: Elaboración propia. Software Smart v8.

Se entiende que el punto del artista: el panel tiende a reducir frecuencias 1000hz - 5000hz - presenta una caída en los 110hz - 190hz.

figura 69. Análisis de frecuencia con y sin panel.



Nota: Elaboración propia. Software Smart v8.

Asimismo, se interpreta el punto izquierdo a una distancia de 2 metros como un punto con ondas fijas: el panel busca disminuir frecuencias de 2000 hz a 4000 khz y muestra una reducción en el rango de 250 a 1000 hz.

Conclusiones y Recomendaciones

Para concluir, el proyecto "ECO-SONIDO" comprobó que el bagazo de caña de azúcar se presenta como un recurso eficaz para el acondicionamiento acústico en estudios en casa, especialmente para las frecuencias medias y altas que van de 500 Hz a 5000 Hz. Su baja porosidad y su capacidad para absorber el sonido lo hacen una opción sostenible y efectiva para disminuir reverberaciones y ecos, lo que mejora la claridad del audio en los espacios de grabación.

Igualmente, el uso del bagazo como materia prima no solo mejora la calidad del sonido, sino que también favorece la sostenibilidad al dar un nuevo uso a un subproducto agrícola que, de no ser así, sería incinerado o desechado. Esto disminuye la contaminación y fomenta prácticas respetuosas con el medio ambiente en el campo de la construcción y el diseño acústico.

Finalmente, entre los aglutinantes evaluados (cera, látex, cemento y almidón de yuca), el almidón de yuca resalta por su bajo precio, su facilidad de aplicación y su rendimiento acústico; este proyecto respalda la factibilidad técnica y ambiental de esta innovadora solución.

Lista de Referencia o Bibliografía

- Asocaña. (2023). Historia del azúcar en Colombia. <https://www.asocana.org>
- Ceballos, M. (2020). Sostenibilidad en la industria azucarera colombiana. Editorial Universidad del Valle.
- Fundación Manuelita. (2020). Ingenio Providencia: 100 años de historia. Editorial Manuelita.
- Gómez, J. (2008). El etanol en Colombia: Potencial y desafíos. Revista de Energía, 5(2), 15-32.
- Instituto Nacional de Energía y Ambiente (INEA). (2013). Producción de etanol en Colombia. Editorial INEA.
- Jaramillo, A. (1998). La caña de azúcar en la colonia: Introducción y expansión en Colombia. Revista Historia Colombiana, 10(3), 45-67.
- Londoño, F. (2005). El auge del azúcar en Colombia durante el siglo XVIII. Revista de Historia, 12(1), 23-39.
- Martínez, S. (2003). Ingenios coloniales: Primeras formas de producción de azúcar en Colombia. Editorial del Caribe.
- Mejía, H. (2010). Transformaciones en la industria azucarera colombiana después de la independencia. Revista Economía y Sociedad, 17(2), 56-78.
- Ministerio de Agricultura. (2012). Estrategias para la sostenibilidad en la producción de caña de azúcar. <https://www.minagricultura.gov.co>
- Pérez, R. (2015). La expansión del azúcar en Colombia: Siglo XIX. Revista Historia y Sociedad, 20(2), 38-54.
- Restrepo, J. (2011). Modernización de la agroindustria azucarera en el Valle del Cauca. Editorial Universidad del Valle.

- Asocaña. (2023). Historia del azúcar en Colombia y sus derivados.
<https://www.asocana.org>
- Ceballos, M. (2020). Innovaciones sostenibles en la industria de la caña de azúcar en Colombia. Editorial Universidad del Valle.
- Fundación Manuelita. (2020). Innovación y sostenibilidad en el Ingenio Providencia. Editorial Manuelita.
- Gómez, J. (2008). Biocombustibles y el papel del etanol en Colombia. Revista de Energía, 5(2), 15-32.
- Instituto Nacional de Energía y Ambiente (INEA). (2013). El papel del bioplástico en la industria colombiana. Editorial INEA.
- Jaramillo, A. (1998). La introducción de la caña de azúcar en Colombia y sus primeros usos. Revista Historia Colombiana, 10(3), 45-67.
- Londoño, F. (2005). El papel del bagazo en la fabricación de papel y textiles en Colombia durante el siglo XVIII. Revista de Historia, 12(1), 23-39.
- Martínez, S. (2003). Procesos artesanales en la producción de panela en Colombia. Editorial del Caribe.
- Mejía, H. (2010). El uso del bagazo en la industria azucarera del siglo XIX. Revista Economía y Sociedad, 17(2), 56-78.
- Ministerio de Agricultura. (2012). Nuevas tecnologías y sostenibilidad en el cultivo de caña. <https://www.minagricultura.gov.co>
- Pérez, R. (2015). Evolución de la industria azucarera y sus derivados en el siglo XIX. Revista Historia y Sociedad, 20(2), 38-54.
- Restrepo, J. (2011). Desarrollo de nuevos materiales a partir del bagazo de caña. Editorial Universidad del Valle.

- Maño Frasquet, F. J. (2021). Diseño de elementos acústicos para auditorios. Tesina. Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.upv.es>.
- Contreras, J. C. (2020). *Diseño de acondicionamiento y aislamiento acústico*. Sciencedirect. <https://www.sciencedirect.com>
- Rojas, J. A. (2022). *Escuela de música con estrategias de confort acústico pasivas, para el aislamiento y acondicionamiento acústico, Cajamarca - 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/31474>
- Correa, A. F. (2017). *Acondicionamiento acústico Studio Lab*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/22274>.
- Brüel & Kjaer. (n.d.). Calidad sonora. Recuperado de <https://www.bksv.com/es/knowledge/applications/product-noise/sound-quality>
- Senior, M. (2011). *Mixing secrets for the small studio*. Focal Press.
- Instituto Provincial de Acción Agraria y Tecnología (IPAAT). (n.d.). *Proceso de fabricación de azúcar*. <https://www.ipaat.gov.ar/nota/279/proceso-de-fabricacion-de-azucar>
- Santos, JR y Lima, VS (2023). Prácticas sostenibles en el cultivo de la caña de azúcar: avances recientes. *Revista de Producción más Limpia*, 375, 314 <https://doi.org/10.1016/j.iclepro.2022.134147>
- EAFIT Repository. (n.d.). Diseño de un material compuesto con fibra natural. Recuperado <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/895fa1e9-32e3-4fc4-92db-c0ebe2675a15/content>
- ESPOL Repository. (n.d.). Comparación de las propiedades de compuestos en base de residuos agroindustriales. Recuperado de <https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4750/1/7322.pdf>

ECO-SONIDO

- CENICAÑA. (Dakota del Norte). Calidad de la Caña de Azúcar. Recuperado de https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p337-354.pdf
- Arau-Puchades, H. (2015). La arquitectura del sonido y la envolvente de los espacios. Conferencia realizada en Etsab Arquit. Barcelona.
https://www.arauacustica.com/files/publicaciones/pdf_esp_59.pdf
- Esteban, C. L. C. (2019). Estrategias para el Acondicionamiento Acústico Interior.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9082>
- (S/f). Gov.co. Recuperado el 23 de mayo de 2025, de
<https://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2006resolucion627.pdf>
- NTC - Iso 1996 de 2019 - Parte - 1. (s/f). Scribd. Recuperado el 23 de mayo de 2025, de
<https://es.scribd.com/document/707691031/Ntc-Iso-1996-de-2019-Parte-1>
- Número, R. (s/f). MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Gov.co. Recuperado el 23 de mayo de 2025, de
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-0627-de-2006.pdf>