

Masilla de revestimiento con característica de aislamiento acústico a base de materiales reciclados

Gutiérrez Chávez, Juan Edgar

2024

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6001>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Masilla de revestimiento con característica de aislamiento acústico a base de materiales reciclados

Andrade Zúñiga Luis Eduardo (cuarto semestre en Ingeniería Industrial)¹, Gutiérrez Chávez Juan Edgar (sexto semestre en Ingeniería de Negocios)^{1,*}, Pérez Jarquín Edmundo (sexto semestre en Ingeniería Civil)¹, Rosado Romero Carlos Daniel (octavo semestre en Ingeniería Automotriz)¹, Morúa Álvarez Nora del Rocío (profesor responsable)¹.

¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Resumen

El auge de la industria de la construcción, impulsado por el crecimiento urbano y la demanda de infraestructura, ha generado un impacto significativo en la extracción y consumo de recursos naturales. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar materiales de construcción más sostenibles. Se desarrolló una masilla de revestimiento con característica de aislamiento acústico a base de materiales reciclados. Mediante el uso de cascarilla de arroz en distintas proporciones y con el apoyo de un sonómetro, se midió la insonorización que le daba la masilla a unas cajas de tablaroca en un ambiente controlado, restando los decibeles obtenidos de la fuente de sonido dentro de la caja a los medidos fuera. Se observó que en medianas y altas frecuencias la masilla aumentó significativamente el aislamiento acústico. En medianas frecuencias se obtuvo un aislamiento casi independiente del porcentaje de cascarilla de arroz en la masilla. Con la prueba en frecuencias bajas se obtuvo el resultado contrario: la masilla amplificó el sonido en lugar de atenuarlo, resultando en un aislamiento acústico negativo. Al reducir el componente principal de una masilla común y sustituirlo por cascarilla de arroz, se seguía cumpliendo la función básica de una masilla y se generaron beneficios en el aislamiento acústico. Dependiendo de la zona en la que se encuentre y las frecuencias a las que se exponga, se podría utilizar en distintas proporciones la cascarilla, ya que cada proporción se adaptó mejor a ciertas frecuencias. Se propone un análisis posterior para analizar el comportamiento en bajas frecuencias.

Palabras clave: Masilla de revestimiento, cascarilla de arroz, materiales sostenibles, aislamiento acústico.

***Autor Corresponsal:** juanedgar.gutierrez@iberopuebla.mx

Introducción

Algunos de los problemas contemporáneos más relevantes son los ambientales, ya que el progreso de la humanidad ha tenido como efectos secundarios la contaminación o destrucción del planeta de manera progresiva hasta llegar a los niveles actuales, poniendo en riesgo el futuro de la Tierra y de nuestra especie. Por lo tanto, hoy el desarrollo empresarial se enfoca en tres aspectos fundamentales: prosperidad económica, responsabilidad social y sostenibilidad ambiental [1]. Paulatinamente, en las distintas industrias se han introducido estrategias sostenibles para paliar los efectos de la contaminación. El transformar las industrias para que sean sostenibles es el objetivo número 9 que la ONU estableció para 2030 [2].

La industria de la construcción, aunque ha sido clave para el entorno de la sociedad desde hace bastantes siglos, es un importante consumidor de recursos naturales y generador de residuos, lo que representa un gran desafío ambiental. Lo anterior se agrava debido al acelerado crecimiento urbano y la creciente demanda de infraestructura en todo el planeta. Esta expansión de las ciudades ha llevado a un mayor consumo de recursos, así como a una mayor producción de desechos. De hecho, según un reporte de las Naciones Unidas, este sector es el más grande emisor de carbono, siendo responsables del 37% de las emisiones globales relacionadas con energía [3]. A pesar de eso, esta industria no ha recibido suficiente atención para soluciones en comparación con otras, aun sabiendo que el incremento de la población está relacionado con la urbanización. En este contexto, surge la necesidad de aplicar distintas medidas para

reducir el impacto ambiental, incluyendo el desarrollo de prácticas y materiales de construcción más sostenibles y ecológicos.

Los efectos nocivos de la construcción fueron pasados por alto durante años. Fue hasta finales del siglo XX cuando se empezó a cuestionar este impacto, aunque aún no se implementaban medidas [4].

En la década de los setenta, aparecieron las primeras acciones con el objetivo de paliar el problema. Por ejemplo, el material fresado del pavimento empezó a reciclarse [4].

En los años ochenta aparece el concepto de sostenibilidad en el informe de Brundtland (1987), el cual se refiere a un sistema que puede mantenerse, defenderse o sostenerse con el paso del tiempo, pero no de manera indefinida [5].

La sostenibilidad se ha implementado en la construcción en las últimas décadas, llevando a la creación de conceptos como arquitectura sostenible, ecológica o verde. Estos términos tienen la misma finalidad, la cual es transformar el sector de la construcción y hacer que su desarrollo no afecte la conservación del medio ambiente [6].

La sostenibilidad va de la mano con la economía circular, la cual reduce al mínimo los desperdicios y busca la vida prolongada y reciclaje de los bienes y productos. Busca sustituir a la economía lineal, la cual solo crea productos a partir de materia prima y luego quedan obsoletos y son desechados [7]. De hecho, actualmente la economía es solo 7.2% circular. En otras palabras, solo ese porcentaje de materiales son reciclados y el resto son desechados [8].

Algunas prácticas sostenibles que se recomiendan y se han implementado en la industria de la construcción son: evitar la extracción excesiva de materiales, promover la economía

circular, reutilizar edificios, usar materiales reciclados, usar materiales producidos éticamente y con bajo impacto ambiental, buscar métodos para reducir las emisiones de carbono de los materiales, usar materiales no renovables únicamente cuando sea necesario, entre otros [3].

Los materiales de construcción reciclados son materiales que se usaron previamente en otra construcción y se han implementado en un nuevo edificio. El término también se refiere a los materiales creados a partir de desechos. Estos componentes reciclados pasan por algún proceso para ser implementados en el material [9], promoviendo así la economía circular.

Si este problema no es abordado con seriedad, se corre el riesgo de agotar los recursos del planeta, poniendo en peligro las vidas de las personas. Por lo tanto, actualmente se han hecho esfuerzos para reducir el impacto de distintos materiales de construcción, como cemento, acero, aluminio, plástico, vidrio, madera, entre otros [3].

La masilla de revestimiento es un compuesto en forma de pasta que se utiliza para preparar las superficies antes de pintarlas o empapelarlas. Polímeros, aditivos y cemento blanco son ejemplos de sus componentes [10]. El propósito de esta es rellenar las grietas e imperfecciones en las paredes para así obtener una superficie uniforme para la posterior aplicación de pintura [11].

Algunas ventajas de utilizar masillas son [12]:

1. Mejora la resistencia a la tracción del muro.
2. Incrementa la vida de la pintura.
3. Resiste a la humedad.
4. Da un acabado más suave.
5. No se descascarilla ni se daña con facilidad.

La urbanización y desarrollo de la tecnología han traído consigo un incremento en la contaminación acústica. Esta se define como la afeción a la salud o bienestar de las personas derivada de altos niveles de ruido [13].

Una gran cantidad de personas no tiene el conocimiento de la amenaza que el ruido representa para su salud, y esto es debido a la falta de información [14].

La gente expuesta a ruido puede sufrir desde consecuencias leves como molestia por interferencias en las conversaciones, hasta más graves como efectos negativos en el sueño, problemas de memoria y atención, irritabilidad, además de alteraciones en la audición y distintos sistemas como el nervioso o el cardiovascular [15].

Un estudio en la Ciudad de México revela que los ruidos más molestos para la población incluyen: los relacionados con las obras de construcción, como lo pueden ser los producidos por maquinaria y herramientas, cohetes, medios de transporte, y música de comercios. Además, se sugiere que la sensibilidad depende de la persona, siendo los de edad más avanzada los más afectados [14].

La información anterior revela la importancia de intentar reducir el ruido del exterior en las viviendas y edificios, y esto es alcanzable mediante los materiales de construcción utilizados en la edificación, incluyendo las masillas de revestimiento.

Por lo tanto, en la búsqueda de aportar al desarrollo de materiales de construcción sostenibles, a la economía circular, y a la salud de las personas, se desarrolló una

masilla de revestimiento con característica de aislamiento acústico a base de materiales reciclados.

Metodología

Se caracterizó la masilla de revestimiento, de modo que se pudiera conocer con precisión su composición y propiedades. Por lo tanto, se llevó a cabo una investigación sobre su definición, características e ingredientes comunes con el fin de obtener un panorama general de este material de construcción.

Lo anterior también incluye indagar los distintos tipos de masillas que existen en el mercado para poder definir las características que tendría la nueva masilla con la incorporación del material reciclado.

Teniendo en consideración lo anterior, se buscaron diversas combinaciones de ingredientes para la creación de una masilla, es decir, composiciones ya existentes. Dicha información fue utilizada para obtener los ingredientes más incluidos en las composiciones de las masillas y saber en qué proporción están presentes, aproximadamente. La investigación terminó en la elaboración de una tabla con la clasificación, propiedades y beneficios de cada componente de una masilla para posteriormente seleccionar aquellos que tuvieran distintas aportaciones relevantes, como cohesión y relleno, y fuesen de fácil acceso.

También se investigaron los materiales reciclables incorporables a materiales de construcción. Hecho eso, se hizo una tabla con los materiales que sí aislaban el sonido. La tabla contenía algunas propiedades y características para su comparación. Esta etapa culminó con la definición de la cascarilla de arroz como el material reciclado que más favorecía al proyecto debido a sus propiedades y fácil accesibilidad.

Una vez seleccionados los componentes, se hizo énfasis en la formulación, la cual se desarrolló con base en la tabla de ingredientes previamente elaborada y formulaciones ya existentes, ajustando los porcentajes de los ingredientes y la cascarilla de arroz para cada tipo de masilla.

Paralelamente se construyeron tres cajas de tablaroca para aplicar las masillas en sus interiores. Estas tenían forma cúbica con medidas de veintisiete mil centímetros cúbicos y funcionarían para simular una habitación.

Se elaboraron variantes de la fórmula de la masilla, diferenciándose entre sí por el porcentaje de cascarilla de arroz: 3%, 6% y 10%. Como parte de la evaluación del rendimiento, se dejó una de las cajas sin masilla, permitiendo así comparar su capacidad de insonorización con las cajas tratadas. Este enfoque permitió no solo crear un producto efectivo, sino también validar su eficacia mediante pruebas prácticas.

El aislamiento acústico o insonorización implica el uso y aplicación de distintos materiales diseñados para reducir el ruido en un espacio, proveniente del exterior o de otra habitación [16].

Para su medición, es necesario destacar ciertos conceptos: el sonido es una onda mecánica longitudinal que se propaga por un medio elástico. La intensidad sonora de una onda mide la energía que se propaga a través de cierta unidad de área normal a la dirección de la propagación. Su fórmula se ve en

Ec (1), donde P es potencia de la onda (en Watts) y A es el área de la superficie por donde pasa (m²) [17].

$$I = \frac{P}{A} \quad (1)$$

La fórmula anterior da el resultado en W/m², pero debido a que el oído humano puede percibir un intervalo de intensidades amplio (1x10⁻¹² W/m² a 1 W/m²), se usa una escala logarítmica que tiene como unidades el bel (B) y el decibel (dB) [17].

Teniendo en cuenta lo anterior, si se quiere comparar la intensidad de dos sonidos, se usa Ec (2), donde I₁ es la primera intensidad sonora e I₂ es la segunda. La diferencia se obtiene en decibeles [17].

$$B = 10 \log \frac{I_1}{I_2} \quad (2)$$

Un sonómetro es un instrumento de medición cuyos componentes principales son un módulo de procesamiento, un micrófono, un amplificador y una unidad de lectura; esta herramienta es usada para obtener el nivel de presión sonora de un lugar específico en un tiempo determinado. Existen de varios tipos y su diferencia destacada es el nivel de precisión [18]. Otras diferencias son el rango de frecuencias y el rango de medición.

El sonómetro mide el nivel de presión sonora en decibeles, por lo que el cálculo del aislamiento acústico (D) o de la diferencia entre dos sonidos se vuelve una resta que se aprecia en Ec (3), donde L₁ es el nivel de presión sonora del cuarto emisor (dB) y L₂ el nivel de presión sonora del cuarto receptor (dB) [19].

$$D = L_1 - L_2 \quad (3)$$

Para evaluar la insonorización, se adquirió un sonómetro de la marca Smart Sensor, modelo ST9604. Este dispositivo se convirtió en una herramienta fundamental para la investigación.

Para garantizar la precisión y fiabilidad de las mediciones, se realizó el experimento en una cabina de sonido, ya que proporcionaba un entorno controlado donde se podían realizar las pruebas sin interferencias de cualquier tipo que pudieran distorsionar los resultados.

El proceso experimental inició con la reproducción de un sonido constante mediante el uso de una bocina conectada a una aplicación especializada. Esta metodología permitió estandarizar las condiciones de prueba y asegurar la coherencia en los resultados.

Las pruebas se realizaron en tres frecuencias de sonido diferentes: 100Hz, 500Hz y 2000Hz, abarcando así un amplio espectro auditivo, pues se puede considerar baja una frecuencia entre 20Hz y 400 Hz, media de 400Hz a 2000 Hz y alta de 2000 Hz a 20000 Hz [20]. Esto permitió evaluar la capacidad de insonorización de las cajas en distintas condiciones.

Cada caja fue sometida a la prueba en cada una de estas frecuencias un total de cinco veces, lo que permitió recopilar datos representativos. Después, los resultados obtenidos se

compilaron en una tabla que reflejaba las mediciones de insonorización de todas las cajas bajo cada condición de prueba.

Para realizar un análisis estadístico riguroso de los resultados, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) mediante el *software* estadístico Minitab. Esta técnica permitió evaluar de manera objetiva la eficacia de las diferentes cajas en términos de insonorización, identificando posibles diferencias significativas entre ellas y proporcionando una base sólida para las conclusiones obtenidas.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se encuentran los ingredientes más comunes encontrados en la composición de una masilla, especificando el nombre del componente junto con su efecto principal y sus características.

Tabla 1: Composición de una masilla [21-26].

Categoría	Componente	Características
Adhesivos (Binders)	Cal	Incrementa las propiedades adhesivas y durabilidad.
	Cemento Blanco	Mejora cohesión, adherencia, fuerza y durabilidad.
	Dolomita	Mejora la consistencia y el esparcimiento al aplicar la masilla. Tiene cualidades de adhesión, resistencia a la intemperie y durabilidad.
	Arcilla de atapulgita	Mejora la cohesión. Debido a sus propiedades tixotrópicas, se usa para espesar mezclas. Modificador de la reología.
Rellenos (Fillers)	Carbonato de calcio o calcita	Da volumen y un acabado liso y estético en paredes.
	Sulfato de calcio	Mejora el tiempo de fraguado, reduce la contracción al secarse, ayuda a la estabilidad general de la masilla y aporta a la obtención de un acabado liso y uniforme.
	Sílice cristalina, mica y talco	Aportan a una textura suave, así como su esparcimiento uniforme.
	Perlita	Aislante térmico y acústico. Además, aporta ligereza.
Auxiliares	Éteres de celulosa (HPMC, MHEC, CMC)	Espesantes, aglutinantes, retención de agua y volumen.
	Fungicidas y biocidas	Dan resistencia al crecimiento de hongos y bacterias.
	Polímeros re-dispersables (acetato de vinilo)	Mejoran la cohesión, adhesión, resistencia a la flexión, resistencia a la abrasión y propiedades hidrofóbicas.
Otros	Agua	Solvente, da la consistencia deseada, hidratación y trabajabilidad.
	Pigmentos	Cambiar el color de la mezcla.

Después se procedió a analizar las opciones de materiales reciclables para su adición a la masilla, que se observa en Tabla 2.

Tabla 2: Materiales reciclables [27-32].

Material	Beneficios Acústicos	Beneficios Adicionales
Cascarilla de Arroz	- Absorción de sonido de alta frecuencia. - Reduce la reverberación.	- Bajo costo. - Disponibilidad. - Mejora la resistencia al fuego.
Corcho	- Excelente absorción de sonido en un amplio rango de frecuencias. - Reduce la vibración.	- Sostenible y renovable. - Propiedades de aislamiento térmico. - Bajo peso.
Cartón	- Absorción de sonido de media a alta frecuencia. - Barrera contra el ruido.	- Bajo costo. - Fácil de trabajar.
Neumáticos Reciclados	- Absorción de sonido de baja frecuencia. - Barrera contra el ruido.	- Reduce el impacto ambiental. - Mejora la resistencia mecánica. - Bajo costo.
Textiles Reciclados	- Absorción de sonido de media frecuencia. - Barrera contra el ruido.	- Reduce el desperdicio textil. - Mejora la estética. - Aporta flexibilidad.
Vidrio Reciclado	- Absorción de sonido de alta frecuencia. - Barrera contra el ruido.	- Reduce el consumo de energía. - Mejora la resistencia al fuego. - Aporta propiedades aislantes.

Hecha la parte teórica, se formularon las composiciones de masillas a analizar, cuyo diferenciador es el porcentaje de cascarilla de arroz del peso total. Estas se observan en la Tabla 3.

Tabla 3: Fórmulas de masillas

	3%	6%	10%
Yeso	17.34%	15.84%	13.84%
Cemento blanco	17.34%	15.84%	13.84%
Agua	49.32%	49.32%	49.32%
Cascarilla de arroz	03.00%	06.34%	10.00%
Talco	02.53%	02.53%	02.53%
Aditivo mejorador de adherencia	06.34%	06.34%	06.34%
Espesante (CMC)	03.80%	03.80%	03.80%

Se elaboraron y aplicaron en las cajas. Se observó que ninguna de las tres tuvo problemas de adherencia, pegándose a la caja tanto en la base como en las paredes. Las cajas se dejaron secar una noche y a la mañana siguiente las masillas ya se encontraban secas y en su posición establecida.

En la Fig. 1 se observan las cajas con las masillas ya aplicadas.



Fig. 1. Masillas aplicadas.

El siguiente paso fue evaluar la insonorización de las distintas masillas. Por lo tanto, se obtuvo el promedio de decibeles medidos con la fuente de sonido fuera de las cajas. Después, se restaron los valores obtenidos con la fuente de sonido dentro al promedio para obtener el aislamiento acústico, el cual se presenta en la Tabla 4, en dB.

Tabla 4: Aislamiento acústico.

	100 Hz	500 Hz	2000 Hz
Solo fuente de sonido (media)	48.22	60.06	71.42
Sin masilla	8.22	22.06	17.42
	8.32	24.36	16.02
	8.22	23.46	14.82
	8.12	23.56	16.92
3%	8.32	22.66	15.72
	-13.18	30.06	25.42
	-11.88	29.36	23.62
	-12.08	29.16	23.62
	-13.28	30.06	25.42
6%	-12.88	30.06	26.82
	-5.48	30.06	32.32
	-6.98	27.66	32.12
	-6.08	29.26	32.12
	-5.68	30.06	31.92
10%	-5.88	30.06	32.22
	-0.28	30.06	25.62
	-0.48	30.06	24.42
	-0.58	30.06	24.12
	-0.48	30.06	22.42
	-0.38	30.06	22.92

Se observa que en medianas y altas frecuencias la masilla aumenta significativamente el aislamiento acústico. En altas frecuencias se observa que la masilla con un 6% de cascarilla sobresale y en medias el aislamiento es parecido.

Con la prueba en frecuencias bajas se obtuvo el resultado contrario: la masilla amplificó el sonido en lugar de atenuarlo, resultando en un aislamiento acústico negativo. Esto puede deberse a distintos factores, incluyendo resonancia y la metodología.

Se decidió realizar un ANOVA, pero no se cumplían los supuestos de normalidad de residuos ni homocedasticidad necesarios para el análisis. Por lo tanto, se transformaron los

datos sacándoles la raíz cúbica. Los datos transformados se observan en la Tabla 5, en dB con raíz cúbica.

Tabla 5: Cifras transformadas.

	100 Hz	500 Hz	2000 Hz
Sin masilla	2.0181	2.8046	2.5923
	2.0263	2.8989	2.5209
	2.0181	2.8627	2.4563
	2.0090	2.8668	2.5672
	2.0263	2.8298	2.5051
3%	-2.3621	3.1093	2.9403
	-2.2818	3.0850	2.8692
	-2.2945	3.0780	2.8692
	-2.3681	3.1093	2.9403
	-2.3441	3.1093	2.9933
6%	-1.7630	3.1093	3.1853
	-1.9111	3.0242	3.1788
	-1.8252	3.0815	3.1788
	-1.7842	3.1093	3.1722
	-1.8049	3.1093	3.1821
10%	-0.6542	3.1093	2.9480
	-0.7830	3.1093	2.9012
	-0.8340	3.1093	2.8893
	-0.7830	3.1093	2.8198
	-0.7243	3.1093	2.8406

Teniendo estos datos transformados, se crearon gráficas del comportamiento de los residuos, las cuales se observan en la Fig. 2 y Fig. 3.

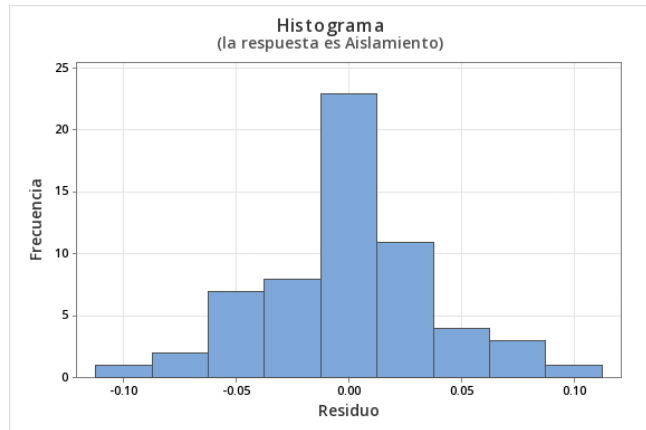


Fig. 2. Comportamiento de residuos: histograma.

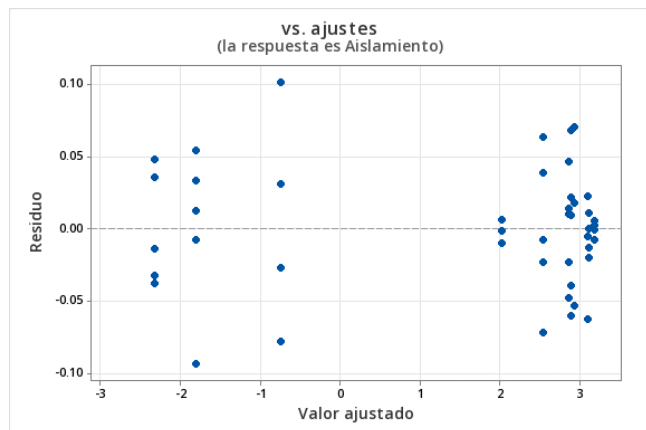


Fig. 3. Comportamiento de residuos: varianza.

Se puede apreciar en el histograma y en la gráfica de probabilidad normal que los residuos se distribuyen normalmente. Viendo la gráfica de residuos contra residuos ajustados, también se infiere una posible homocedasticidad. Ambas hipótesis se probaron con las pruebas Anderson-Darling y Levene, las cuales se observan en la Fig. 4 y Fig. 5.

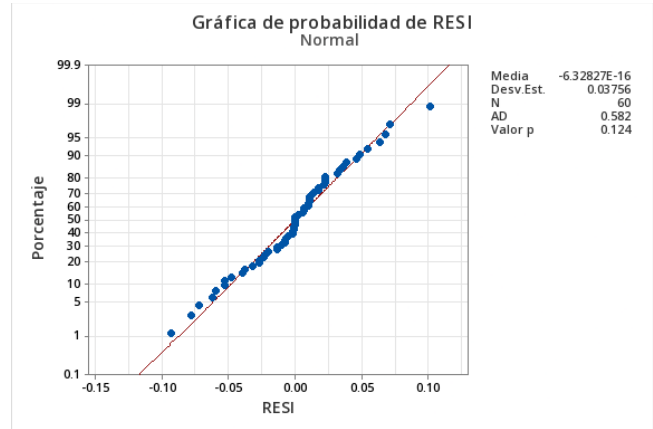


Fig. 4. Normalidad de residuos.

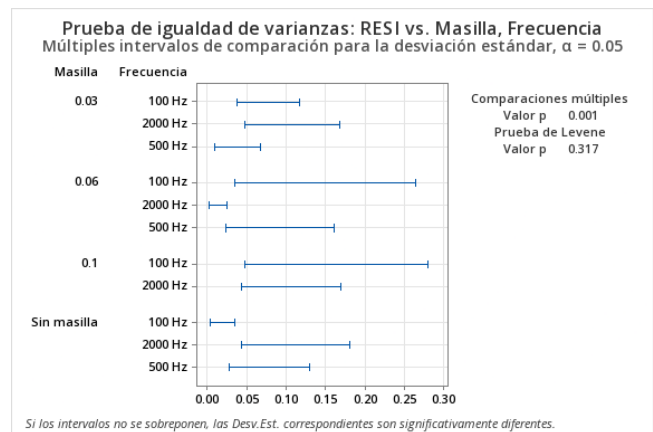


Fig. 5. Homocedasticidad.

Como los valores p son superiores a 0.05, se aceptan las hipótesis nulas y se confirman los supuestos. Hecho lo anterior, se pasó al análisis de varianza. Esto se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6: ANOVA.

Fuente	G L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Masilla	3	12.812	4.2707	2462.47	0.000
Frecuencia	2	180.624	90.3122	52073.5	0.000
Interacción	6	45.016	7.5027	4326.01	0.000
Error	48	0.083	0.0017		
Total	59	238.536			

Las tres fuentes tienen un valor p de 0, por lo que se rechazan las hipótesis nulas y se concluye que el porcentaje de cascarilla de arroz, la frecuencia y la combinación de estos sí afectan el aislamiento acústico.

Con conocimiento de lo anterior, se procedió a analizar más en detalle la diferencias, por lo que se realizaron comparaciones con el método de Tukey, empezando con la frecuencia, la cual se observa en la Tabla 7.

Tabla 7: Agrupación de frecuencias.

Frecuencia	N	Media	Agrupación		
500 Hz	20	3.0367	A		
2000 Hz	20	2.8775		B	
100 Hz	20	-0.7209			C

Se observa que las medias de las frecuencias, al ser agrupadas en distintos conjuntos, son estadísticamente distintas, siendo mejor el aislamiento en medianas frecuencias.

En la Tabla 8 se comparan las interacciones.

Tabla 8: Agrupación de interacciones.

Masilla*Frec	Media	Agrupación							
0.06 2000 Hz	3.1794	A							
0.10 500 Hz	3.1093	A	B						
0.03 500 Hz	3.0981	A	B						
0.06 500 Hz	3.0867		B						
0.03 2000 Hz	2.9224			C					
0.10 2000 Hz	2.8797			C					
Sin 500 Hz	2.8525			C					
Sin 2000 Hz	2.5283				D				
Sin 100 Hz	2.0197					E			
0.10 100 Hz	-0.7556						F		
0.06 100 Hz	-1.8176							G	
0.03 100 Hz	-2.3301								H

Se aprecia que el mejor aislamiento acústico lo proporcionó la masilla con 6% de cascarilla de arroz en frecuencias altas. En la misma frecuencia, las masillas de 3 y 10% tienen un aislamiento estadísticamente parecido.

También se observa que no hay una diferencia significativa entre las masillas en medianas frecuencias.

Por último, se vuelve a apreciar que las cajas con masilla aparecen debajo de la caja sin masilla solamente en bajas frecuencias. En resumen, el aislamiento acústico

proporcionado por las masillas es significativamente mejor, en distintas proporciones, en frecuencias medias y altas, pero no en bajas.

Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

La inclusión de cascarilla de arroz en una masilla de revestimiento es posible y no tiene consecuencias negativas en cuanto a la adherencia y trabajabilidad. Todas pueden cumplir la función básica de una masilla. En otras palabras, si solo se busca la reparación o se piensa aplicar pintura encima, utilizar una masilla con cascarilla de arroz es una buena opción si se quiere usar materiales de construcción sostenibles.

En cuanto al aislamiento acústico, se concluye que utilizar cascarilla de arroz, al menos en los porcentajes utilizados en este experimento, mejora su aislamiento acústico en frecuencias medias y altas en distintas proporciones.

La masilla con 6% de cascarilla de arroz ofrece un mejor aislamiento acústico en altas frecuencias, mientras que la de 10% es mejor en bajas. La de 3% se queda atrás en cuanto a aislamiento acústico en relación con las otras dos. Por lo tanto, destacan la de 6% y 10%. Dependiendo de la zona en la que se encuentre y las frecuencias a las que se exponga, se podría utilizar una u otra, ya que cada proporción se adaptó mejor a ciertas frecuencias.

Todas las masillas, con la posible excepción de la de 10%, amplificaron el sonido en lugar de reducirlo en bajas frecuencias. Por lo tanto, también se concluye que, al menos con esta metodología, las masillas no ofrecen aislamiento acústico en frecuencias bajas, e incluso se da el efecto contrario. Sin embargo, esto se puede deber a diversos factores. Por lo tanto, es necesario probar las masillas con otra metodología, por ejemplo, en una habitación, para conocer de manera precisa el aislamiento acústico que estas pueden ofrecer.

No se puede concluir una correlación entre aislamiento acústico y porcentaje de cascarilla de arroz debido al comportamiento distinto dependiendo de las frecuencias.

Referencias

- [1] R. Chase, y F. Jacobs, *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*. México: McGrawHill, 2014.
- [2] UN. CEPAL, “La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales”, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11362/40155>. [Accedido: 13 feb 2024]
- [3] United Nations Environment Programme, y Yale Center for Ecosystems + Architecture, “Building Materials and the Climate: Constructing a New Future”, 2023 [En línea]. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43293>. [Accedido: 13 feb 2024]
- [4] M. Martínez, “Evolución hacia una construcción sostenible”, *Revista de Obras Públicas: Organo profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos*, no. 3635, pp. 142-145, 2022 [En línea]. Disponible en: <https://www.revistadeobraspublicas.com/experiencias/evolucion-hacia-una-construccion-sostenible/>. [Accedido: 23 abr 2024]
- [5] J. Gómez, y S. Garduño, “Desarrollo sustentable o desarrollo sostenible, una aclaración al debate”, *Tecnura*, vol. 24, no. 61, pp. 117-133, 2020 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/22487638.15102>. [Accedido: 14 mar 2024]

- [6] A. Albir, “Análisis de materiales sostenibles, ciclo de vida y su aplicación en construcción”, tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2022 [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/182421>. [Accedido: 23 mar 2024]
- [7] UNDP, “¿Qué es la economía circular y por qué es importante?”, 2023 [En línea]. Disponible en: <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-es-la-economia-circular-y-como-ayuda-a-combatir-el-cambio-climatico>. [Accedido: 23 mar 2024]
- [8] CGRI, “The Circularity Gap Report 2023”, 2023 [En línea]. Disponible en: <https://www.circularity-gap.world/2023>. [Accedido: 23 mar 2024]
- [9] ETM, “WHAT ARE THE BENEFITS OF USING RECYCLED BUILDING MATERIALS”, 2021 [En línea]. Disponible en: <https://www.recyclingbristol.com/what-are-the-benefits-of-using-recycled-building-materials/>. [Accedido: 23 mar 2024]
- [10] Learning Technology, “Wall Putty: Types, Process, Importance, Benefits, Application, Costing Comprehensive Guide 2023”, 2023 [En línea]. Disponible en: <https://learningtechnologyofficial.com/wall-putty/>. [Accedido: 19 abr 2024]
- [11] H. Agrawal, "Putty / plasters / undercoats & other materials", *Paintindia*, vol. 72, no. 12, pp. 110–121, 2022 [En línea]. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=163545415&site=ehost-live>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [12] Hao Shuo, “¿Es necesaria la masilla de pared?”, 2022 [En línea]. Disponible en: <https://es.hpncfactory.com/news-is-wall-putty-necessary.html>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [13] S. Pérez, “Contaminación acústica”, UNAM, 2021 [En línea]. Disponible en: <https://www.atmosfera.unam.mx/contaminacion-acustica/>. [Accedido: 30 abr 2024]
- [14] F. Rodríguez, y L. Juárez, “Exploración cualitativa sobre el ruido ambiental urbano en la Ciudad de México”, *Estudios demográficos y urbanos*, vol. 35, no. 3, pp. 803-838, 2023 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.24201/edu.v35i3.1934>. [Accedido: 30 abr 2024]
- [15] J. Ferro, *Ruido Ruido Ruido: El enemigo invisible. Sobrepasando los límites*. España: Createspace, 2020 [En línea]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TCrKDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA38&dq=problemas+ruido+casa&ots=pWvMSStjQB&sig=UoQKmiw-LCj0cj2FNdb6IEgwNfg#v=onepage&q=problemas%20ruido%20casa&f=false>. [Accedido: 30 abr 2024]
- [16] Comaudi Industrial México, “AISLAMIENTO ACÚSTICO ¿CÓMO FUNCIONA?”, 2023 [En línea]. Disponible en: <https://www.comaudi-industrial.com/blog/como-funciona-un-aislante-acustico/>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [17] P. Tippens, *Física. Conceptos y aplicaciones*. México: McGrawHill, 2020.
- [18] J. Borralló, “Diseño de un sonómetro de medición continua con conectividad Wi-Fi”, tesis de licenciatura, Universidad de Extremadura, 2018 [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10662/7204>. [Accedido: 30 abr 2024]
- [19] NTI Audio, “Sound Insulation”, 2021 [En línea]. Disponible en: <https://www.nti-audio.com/Portals/0/data/en/NTI-Audio-AppNote-Sound-Insulation-Measurement-with-XL2.pdf>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [20] PYT Audio, “Trampa de graves: absorción acústica, estudio y construcción”, 2019 [En línea]. Disponible en: [https://www.pytaudio.com/es/trampa-de-graves/#:~:text=Las%20frecuencias%20bajas%20\(o%20graves,de%202000%20a%2020000%20Hz](https://www.pytaudio.com/es/trampa-de-graves/#:~:text=Las%20frecuencias%20bajas%20(o%20graves,de%202000%20a%2020000%20Hz). [Accedido: 19 abr 2024]
- [21] Kima Chemical Co., “Top 5 Ingredients in Wall Putty Formula”, 2024 [En línea]. Disponible en: <https://www.kimachemical.com/news/top-5-ingredients-in-wall-putty-formula>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [22] Kima Chemical Co., “What are the ingredients for making wall putty?”, 2023 [En línea]. Disponible en: <https://www.kimachemical.com/news/what-are-the-ingredients-for-making-wall-putty>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [23] Allied Minerals, “Dolomite Powder for Wall Putty”, 2024 [En línea]. Disponible en: <https://alliedtalco.com/dolomite-powder-for-wall-putty.php>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [24] Active Minerals, “Properties and Applications of Attapulgit”, 2024 [En línea]. Disponible en: <https://activeminerals.com/blog/attapulgit-guide/#:~:text=Structure%3A%20At%20the%20microscopic%20level,flatter%20and%20flakier%20in%20structur>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [25] Hydro Environment, “¿Qué es la perlita?”, 2024 [En línea]. Disponible en: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=369. [Accedido: 14 mar 2024]
- [26] N. Tarannum, K. Pooja, y R. Khan, "Preparation and applications of hydrophobic multicomponent based redispersible polymer powder: A review", *Construction and Building Materials*, vol. 247, p. 118579., 2020 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118579>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [27] M. Soto, “Cascajilla de arroz en bloques de concreto vibrado tipo (BII) para mejorar sus características acústicas y mecánicas”, Universidad César Vallejo, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54949>. [Accedido: 14 mar 2024]

- [28] O. Delgado, y V. Giancarlo, “Eficacia de aislantes acústicos para la reducción del ruido en habitaciones de zonas residenciales”, Universidad César Vallejo, 2020 [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/93382>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [29] A. Quintero et al., “Aprovechamiento de la fibra de coco y cajas de huevo como aislantes acústicos residenciales”, *Revista de Iniciación Científica*, vol. 8, no. 1, pp. 71-77, 2022 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v8.1.3514>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [30] Residuos Profesional, “Investigadores mexicanos desarrollan un aislamiento térmico y acústico a partir de neumáticos fuera de uso.”, 2014 [En línea]. Disponible en: <https://www.residuosprofesional.com/investigadores-mexicanos-desarrollan-un-aislamiento-termico-y-acustico-partir-de-neumaticos-fuera-de-uso>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [31] The Conversation, “Vaqueros reciclados para el aislamiento acústico y térmico de edificios”, 2021 [En línea]. Disponible en: <https://theconversation.com/vaqueros-reciclados-para-el-aislamiento-acustico-y-termico-de-edificios-171772>. [Accedido: 14 mar 2024]
- [32] Cristalizando, “Lana de vidrio: el mejor aislante acústico”, 2023 [En línea]. Disponible en: <https://www.cristalizando.com.ar/la-lana-de-vidrio-es-aislante-acustico/#:~:text=La%20lana%20de%20vidrio%20es%20un%20excelente%20aislante%20ac%C3%BAstico%20que.un%20ambiente%20tranquilo%20y%20silencioso>. [Accedido: 14 mar 2024]