



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y

CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

ARQUITECTO

TEMA

**ELABORACIÓN DE UN TUMBADO AISLANTE TÉRMICO DE YESO
REFORZADOS CON FIBRA DE COCO.**

TUTOR

MG. GENARO GAIBOR ESPÍN

AUTOR

EDISON STALIN VIDAL VELIZ

GUAYAQUIL

2024

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS		
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Elaboración de un tumbado aislante térmico de yeso reforzados con fibra de coco.		
AUTOR: Edison Stalin Vidal Veliz	TUTOR: Mg. Genaro Gaibor Espín	
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Arquitecto.	
FACULTAD: Ingeniería, Industria y Construcción	CARRERA: Arquitectura	
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2024	N. DE PÁGS: 61	
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción.		
PALABRAS CLAVE: eficiencia, reciclaje, fibra natural, innovación y ecología		
<p>RESUMEN:</p> <p>En la actualidad, la creciente preocupación por el agotamiento de recursos y la necesidad de reducir el impacto ambiental ha impulsado la búsqueda de nuevos materiales sostenibles en la construcción. Este interés surge como respuesta a las amenazas del cambio climático y a los efectos adversos asociados con el uso indiscriminado de recursos naturales en entornos urbanos y rurales. En este contexto, la iniciativa de desarrollar un tumbado elaborado con yeso y fibra de coco que busca mejorar las propiedades aislantes y sostenibles de los materiales de construcción. El objetivo principal de este proyecto es contribuir a la disminución del consumo energético en edificaciones, fomentando prácticas constructivas más amigables con el medio ambiente. Los resultados de la caracterización del material indican un desempeño positivo en ensayos mecánicos y de transmitancia térmica. Estos resultados sugieren que el material resultante no solo actúa como un aislante efectivo, sino que también exhibe buenas propiedades mecánicas. En resumen, la creación de este tumbado con yeso y fibra de coco se alinea con la necesidad actual de desarrollar soluciones constructivas más sostenibles, destacando por su capacidad aislante y sus propiedades mecánicas favorables.</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

CONTACTO CON AUTOR/ES: Edison Stalin Vidal Veliz	Teléfono: 099 963 5843	E-mail: evidalv@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Ph.D Marcial Calero Amores (Decano) Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgtr. Lisette Carolina Robalino Morales (Director de Carrera) Teléfono: xxxxxxxx Ext. xxx E-mail: lrobalinom@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Vidal-Stalin

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%	4%	2%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Fuente de Internet	2%
2	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	1%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	nep.repec.org Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad de Jaén Trabajo del estudiante	1%



Firmado electrónicamente por:
GENARO RAYMUNDO
GAIBOR ESPIN

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

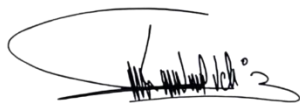
Excluir coincidencias < 1%

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado Edison Stalin Vidal Veliz, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Elaboración de un tumbado aislante térmico de yeso reforzados con fibra de coco, corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor



Firma:

Edison Stalin Vidal Veliz

C.I. 0919437665

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación ELABORACIÓN DE UN TUMBADO AISLANTE TÉRMICO DE YESO REFORZADOS CON FIBRA DE COCO, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, de la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Elaboración de un tumbado aislante térmico de yeso reforzados con fibra de coco, presentado por el estudiante EDISON STALIN VIDAL VELIZ como requisito previo, para optar al Título de ARQUITECTO encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**GENARO RAYMUNDO
GAIBOR ESPIN**

Mg. Genaro Gaibor Espín

C.C. 0910498229

AGRADECIMIENTO

A mis Queridos suegros por todo el apoyo brindado, al Mg. Genaro Gaibor mi tutor por su guía es este proceso de tesis y al arquitecto Eddie Echeverria por sus consejos durante esta etapa final.

DEDICATORIA

A Dios, mi madre que siempre me empujó con cada voz de aliento, a mi esposa que es un pilar fundamental en mi vida para seguir adelante, a mis hijos que son mi motor de lucha diaria.

RESUMEN – ABSTRACT

Palabras Claves: Efficiency, Recycling, Natural fiber, Innovation, Ecology

Currently, the growing concern for resource depletion and the need to reduce environmental impact has driven the search for new sustainable materials in construction. This interest arises in response to the threats of climate change and the adverse effects associated with the indiscriminate use of natural resources in both urban and rural environments. In this context, the initiative to develop a ceiling made of plaster and coconut fiber aims to enhance the insulating and sustainable properties of construction materials. The main goal of this project is to contribute to the reduction of energy consumption in buildings by promoting more environmentally friendly construction practices. The results of material characterization indicate positive performance in mechanical tests and thermal transmittance. These results suggest that the resulting material not only acts as an effective insulator but also exhibits good mechanical properties. In summary, the creation of this plaster and coconut fiber ceiling aligns with the current need to develop more sustainable construction solutions, standing out for its insulating capability and favorable mechanical properties.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1.1 Tema:.....	2
1.2 Planteamiento del Problema:	2
1.3 Formulación del Problema:	3
1.4 Objetivo General	3
1.5 Objetivos Específicos.....	3
1.6 Idea a Defender / Hipótesis.....	3
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad	3
CAPÍTULO II	4
2.1 Marco Teórico:	4
YESO ARTESANAL	8
YESO INDUSTRIAL	9
YESOS DE TERCERA GENERACIÓN	10
2.2 Modelos Análogos.....	14
2.3 Marco Legal:	29
CAPÍTULO III	30
MARCO METODOLÓGICO	30
3.1 Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto).....	30
3.2 Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)	30
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	30
3.4 Población y muestra	31
CAPÍTULO IV	32
PROPUESTA O INFORME	32
4.2 Proceso de elaboración del prototipo.....	33
4.3 Descripción de la elaboración de los prototipos	34
4.4 Elaboración de los prototipos	35

Prototipo 1	35
Prototipo 2	36
Prototipo 3	37
Prototipo 4	38
Prototipo 5	39
4.5 Caracterización de los prototipos	40
Ensayo a la Flexión	40
Ensayo a la Compresión	43
Transmitancia térmica.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Resumen de las características principales de los diferentes tipos de yeso</i>	10
Tabla 2. Tabla de compasión de la fibra de coco	13
Tabla 3 <i>Porcentaje del primer prototipo</i>	35
Tabla 4 <i>Porcentaje del segundo prototipo</i>	36
Tabla 5 <i>Porcentaje del tercer prototipo</i>	37
Tabla 6 <i>Porcentaje del cuarto prototipo</i>	38
Tabla 7 <i>Porcentaje del quinto prototipo</i>	39
Tabla 8 <i>pruebas de flexión</i>	42
Tabla 9 <i>Pruebas de compresión</i>	44
Tabla 10 <i>Ensayo a conductividad térmica</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Paneles de yeso ligeros</i>	15
Figura 2. <i>Ensayo de flexión de placas de yeso según la norma TIS 219-2552</i>	16
Figura 3 <i>Fotografías de paneles compuestos de MDI fabricados con fibra de coco y caña, (MDI_1 – MDI_5)</i>	17
Figura 4 <i>Selección de función de regresión para la fuerza de delimitación interna (IBS)</i>	18
Figura 5. <i>Fibras de coco, (A) fibra de coco cruda, (B) fibra de coco tratada con álcali, (C) fibra de coco explotada con vapor y (D) fibra de coco blanqueada</i>	19
Figura 6 <i>Método</i>	22
Figura 7 <i>Gráficamente abstracto</i>	24
Figura 8. <i>Detalles constructivos del detalle de anclaje de panel de paredes para interiores</i> ...	25
Figura 9 <i>Prototipos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas</i>	26
Figura 10. <i>Vista frontal del panel</i>	27

Figura 11 <i>Muestra del panel</i>	28
Figura 12 <i>Proceso de elaboración de los prototipos</i>	33
Figura 13 <i>proceso de prototipos</i>	35
Figura 14 <i>Primer prototipo</i>	36
Figura 15 <i>Segundo prototipo</i>	37
Figura 16 <i>Tercer prototipo</i>	38
Figura 17 <i>Cuarto prototipo</i>	39
Figura 18 <i>quinto prototipo</i>	40
Figura 19 <i>maquina Versa-Tester 30 M</i>	41
Figura 20 <i>formula de flexión</i>	41
Figura 21 <i>Prototipo 2 prueba de ensayo</i>	42
Figura 22 <i>maquina Versa-Tester 30 M</i>	43
Figura 23 <i>Prototipo para ensayo a la compresión</i>	44
Figura 24 <i>Equipo para hacer el ensayo de conductividad térmica</i>	45

INTRODUCCIÓN

En respuesta a la creciente preocupación por el elevado consumo de recursos y energía en entornos urbanos y rurales, así como las amenazas del cambio climático y otros impactos ambientales asociados al uso indiscriminado de recursos naturales, las prácticas ambientalmente sostenibles han emergido como un tema central en el debate contemporáneo. Este enfoque ha sido ampliamente adoptado a nivel global por el sector de la construcción (Johnston y Newton, 2004; Velázquez, 2005).

Diversos mecanismos se han implementado para mitigar el consumo de recursos naturales y fomentar la sostenibilidad en los ámbitos técnico, ambiental y socioeconómico. Entre estos se incluyen la reutilización de residuos en la fabricación de materiales de construcción y el desarrollo de edificaciones e infraestructuras sostenibles (Jones, 2003; Bianchini y Hewage, 2012; Chindaprasirt y Cao, 2015). El concepto de economía circular, también conocido como "cuna a cuna", se centra en estrategias alternativas para reducir los impactos negativos de la producción y el consumo humanos, buscando transformaciones a gran escala con consecuencias económicas y socioambientales significativas.

En este contexto, diversos sectores agroindustriales generan considerables cantidades de residuos sólidos en formas diversas, como cáscaras, semillas y fibras de coco. Estos residuos, ricos en material lignocelulósico y caracterizados por su lenta biodegradabilidad, han demostrado su utilidad en el desarrollo de productos de valor añadido. Es en este contexto que se plantea la investigación sobre un tumbado aislante térmico de yeso y fibra de coco.

La tesis está estructurada en cuatro capítulos clave. En el primero, nos sumergimos en los objetivos, la formulación del problema, la hipótesis y otros elementos esenciales. En el segundo capítulo, nos adentramos en el marco teórico, explorando el estado actual de la investigación y modelos similares. El tercer capítulo se centra en los enfoques y técnicas que emplearemos, detallando la descripción de la población y muestra que serán consideradas en la investigación. Por último, en el cuarto capítulo, analizamos las pruebas experimentales de cada prototipo junto con sus resultados, concluyendo con las observaciones finales y recomendaciones.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Elaboración de un tumbado aislante térmico de yeso reforzados con fibra de coco.

1.2 Planteamiento del Problema:

En Ecuador, como en muchas regiones de América Latina, existe una alta proporción de viviendas de bajos recursos construidas con materiales económicos, lo que incluye el uso de techos de lámina metálica sin un adecuado tumbado o aislamiento térmico. Esta práctica ha sido común durante décadas debido a limitaciones económicas y la necesidad de construir rápidamente viviendas de gran tamaño. Uno de los problemas más notorios asociados a las cubiertas metálicas en viviendas de bajos recursos es la acumulación de calor. Estas láminas metálicas absorben la radiación solar durante el día, generando un aumento significativo de la temperatura en el interior de las viviendas. Esto conduce a un ambiente incómodo y poco saludable, especialmente en zonas de clima cálido o tropical como Ecuador. Además del calor, las láminas metálicas son propensas a generar ruido excesivo durante las lluvias, tormentas, o incluso por el impacto de objetos como ramas o piedras. Esto afecta la calidad de vida de los residentes, provocando estrés, interrupción del sueño y condiciones poco adecuadas para el descanso y el bienestar. El calor extremo y el ruido constante en estas viviendas no solo afectan el confort, sino que también pueden tener consecuencias negativas para la salud de los habitantes. El estrés térmico y auditivo puede causar deshidratación, fatiga, insomnio y otros problemas de salud a largo plazo. Ecuador, al igual que otros países, enfrenta desafíos en la construcción de edificaciones que cumplen con estándares de eficiencia energética y confort acústico. La eficiencia energética y el control del ruido son aspectos fundamentales en la calidad de vida de las personas y en la sostenibilidad ambiental de las ciudades. En este contexto, se plantea la necesidad de desarrollar un sistema innovador de aislamiento térmico y acústico que sea económicamente viable y sostenible, utilizando tumbados de yeso reforzados con fibra de coco.

1.3 Formulación del Problema:

¿Con la elaboración de un tumbado aislante térmico de yeso reforzados con fibra de coco se podrá mejorar la eficiencia energética y la calidad acústica de las edificaciones?

1.4 Objetivo General

Elaborar de un tumbado aislante térmico de yeso reforzados con fibra de coco, con el propósito de mejorar las propiedades aislantes y sostenibles, contribuyendo así a la reducción del consumo energético en edificaciones y promoviendo prácticas constructivas más amigables con el medio ambiente."

1.5 Objetivos Específicos

- Investigar el estado del arte sobre materiales aislantes térmico y acústico, identificando el desarrollo de materiales sostenibles mediante el reciclaje de fibras naturales.
- Determinar la proporción de cada componente del tumbado.
- Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas a los prototipos.
- Evaluar la conductividad térmica del material propuesto.

1.6 Idea a Defender / Hipótesis

Con la elaboración de un tumbado de yeso reforzados con fibra de coco se podrá lograr un material aislante térmico y acústico para viviendas que utilicen cubiertas metálicas.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Materiales de Construcción.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

Ecuador es un país con una gran diversidad de climas debido a su ubicación geográfica. Desde zonas cálidas en la costa hasta regiones frías en la sierra, se requiere un aislamiento térmico adecuado para mantener el confort en interiores durante todo el año.

En muchas regiones con climas extremos, las casas de interés social a menudo se construyen con techos metálicos que carecen de aislamiento térmico adecuado. Esto resulta en condiciones de vida incómodas para los residentes, ya que las altas temperaturas durante el verano y las bajas temperaturas durante el invierno pueden afectar negativamente su calidad de vida. Además, el uso de techos metálicos sin aislamiento térmico adecuado conlleva un mayor consumo de energía para la calefacción y la refrigeración, lo que se traduce en costos más altos para los hogares de bajos ingresos y una mayor demanda de recursos energéticos. El problema radica en la necesidad de desarrollar una solución asequible y efectiva para mejorar el aislamiento térmico de estas viviendas de interés social, particularmente en la región [nombre de la región] donde el clima extremo es un factor importante. En este contexto, se propone la elaboración de un tumbado aislante térmico de yeso reforzado con fibra de coco como una posible solución. Este material podría ofrecer una alternativa rentable y sostenible a los techos metálicos sin aislamiento térmico.

En la mayoría de los países, los edificios representan una notable demanda de energía. La eficiencia en la carga de calefacción y refrigeración de un edificio puede mejorarse mediante la aplicación de apropiadas técnicas de aislamiento. En las construcciones contemporáneas, los techos falsos, comúnmente llamados techos secundarios que se suspenden debajo del techo principal, son componentes esenciales para realzar la estética interior. Además de su atractivo visual, los falsos techos también desempeñan un papel crucial en términos de aislamiento, insonorización e iluminación. El yeso destaca como el material más utilizado en la elaboración de falsos techos (Krishnanunni et al., 2023).

Los techos falsos desempeñan un papel crucial en la estética, el aislamiento y la ocultación en la estructura de los edificios (happhoadmin7, 2024). El yeso como un material ideal para placas de falso techo debido a sus propiedades como peso liviano, rápido fraguado, resistencia al fuego, aislamiento térmico y acústico, además de su costo más bajo en comparación con otros materiales. Una tendencia en la investigación hacia la ecoeficiencia del yeso, reemplazando parte del yeso con diversos materiales de desecho. Hay estudios que incorporan residuos de construcción, madera reciclada, virutas de madera, aserrín, residuos de policarbonato, colillas de cigarrillos, biofibras, residuos de cables plásticos, residuos de curtiduría, residuos de neumáticos, residuos de polietileno, partículas de desecho de GFRP, polvo de baldosas recicladas y espuma de poliuretano en compuestos de yeso. Además, se destaca un estudio que compara las losetas de yeso ecológico con desechos de espuma de poliuretano con losetas de yeso estándar, mostrando beneficios ambientales en términos de consumo de agua, emisiones de CO₂ y consumo de energía. La falta de investigaciones sobre el uso de compuestos agrícolas de yeso en estos últimos años se propone investigar la sustitución del yeso por residuos agrícolas (paja de trigo y cáscara de arroz) para desarrollar un producto de construcción ecológico. La importancia de los falsos techos, la producción de yeso, la necesidad de gestionar desechos agrícolas y la tendencia hacia la ecoeficiencia del yeso mediante la incorporación de diversos desechos en compuestos de yeso, con especial énfasis en la sustitución del yeso por residuos agrícolas y la posible fabricación de productos de construcción ecológicos (Ejaz et al., 2022).

Los materiales compuestos de yeso (GC) han sido ampliamente empleados en revestimientos internos, como paredes y techos, gracias a sus ventajas distintivas que incluyen costos bajos, habitabilidad y resistencia al fuego. La abundancia de recursos de yeso, como el yeso natural (NG) y los subproductos del yeso industrial, contribuye a la popularidad de los GC. Sin embargo, los GC, especialmente los derivados de subproductos industriales del yeso presentan debilidades significativas como fragilidad, propiedades mecánicas inferiores y baja resistencia al agua, lo que restringe sus aplicaciones futuras. Diversos estudios han empleado fibras para mejorar el desempeño de los GC. Los compuestos de yeso reforzados con fibras (FRGC) exhiben un rendimiento integral excepcional y poseen una mayor viabilidad como materiales de construcción, lo que beneficia la rápida utilización de los subproductos del yeso y genera numerosos beneficios económicos y medioambientales (Jia et al., 2021a).

Las actividades agrícolas, si bien son especialmente susceptibles a los impactos del cambio climático, al mismo tiempo, contribuyen aproximadamente con el 11% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de origen humano a nivel mundial. Una de las principales fuentes de estas emisiones es el análisis de los residuos orgánicos de los cultivos, los cuales, sin embargo, pueden ser aprovechados para la generación de energía eléctrica mediante diversas tecnologías. Aunque en Ecuador existen diversas experiencias de aprovechamiento de residuos, aún no se han llevado a cabo estudios de valoración económica para evaluar sus beneficios y co-beneficios. En Ecuador, la agricultura desempeña un papel significativo en la contribución al Producto Interno Bruto (PIB), representando aproximadamente el 8,5% en los últimos 11 años (El Agro, 2014). Este sector absorbe alrededor del 28% de la fuerza laboral (CIA, 2015) y contribuye con aproximadamente el 28% de las exportaciones nacionales (BCE, 2015). Sin embargo, se prevé que los cambios en los patrones de precipitación y temperatura afectarán la idoneidad agrícola de las tierras cultivables, disminuyendo su productividad (MAE, 2012). Este fenómeno no solo impactaría la economía del país, sino que también representaría una amenaza para la seguridad alimentaria, aumentando el riesgo de escasez de alimentos (IPCC, 2014b). Por otro lado, a nivel nacional, la agricultura es uno de los principales contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con una estimación de alrededor de 160 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente al año (MAE, 2014a), lo que equivale a casi el 28% de todas las emisiones de GEI en Ecuador (Loor et al., 2017). Una parte significativa de estas emisiones proviene de la quema y procesamiento de residuos agrícolas (MAE, 2011). La agricultura emerge como una de las empresas humanas más significativas, a cubrir aproximadamente el 26% del territorio ecuatoriano (P. Smith et al., 2008). Este quehacer se ve condicionado por las circunstancias climáticas específicas y los eventos climáticos a nivel mundial, los cuales impactan tanto en la productividad de los cultivos como en la idoneidad agrícola de las regiones en las que se lleva a cabo (Anwar, Li Liu, Macadam , y Kelly, 2013).

Los compuestos de fibras naturales están ganando atención significativa como alternativas a diversos materiales convencionales, como los plásticos, en aplicaciones industriales. La abundante disponibilidad de cocos, especialmente en países como India, lo convierte en una fuente sostenible de fibras naturales para la fabricación de compuestos. El material convencional por sí solo no logra satisfacer las diversas demandas de los ingenieros de diseño (Krishnanunni et al., 2023).

Los edificios representan la principal fuente de consumo de energía primaria y son responsables de la mayor parte de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI). Los edificios de alto rendimiento energético desempeñan un papel crucial en las políticas de ahorro de energía. La Directiva sobre eficiencia energética de los edificios 2002/91/CE de la Unión Europea es un componente clave de la legislación energética. La investigación a nivel mundial se centra en el potencial de ahorro de energía en edificios existentes, abordando diversas áreas como regulaciones de conservación de energía, evaluación del ciclo de vida, metodologías de evaluación comparativa del rendimiento energético de los edificios, medidas eficientes adaptadas a diferentes climas y ubicaciones, influencia de las características envolventes en los sistemas de refrigeración/calefacción, entre otros temas (Popescu et al., 2012).

El yeso natural, también conocido como sulfato de calcio, se encuentra en la naturaleza en diversas formas, principalmente como dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita (CaSO_4). Estas formas son el resultado de la evaporación parcial o total de mares y lagos interiores. Tanto el dihidrato como la anhidrita se presentan en varias variantes naturales. Se examina el origen, la génesis, las variedades y las propiedades del yeso, para luego enfocarse en el producto aglutinante más común derivado de él: el yeso de París (β -hemihidrato), conocido como 'plâtre de Paris' en Francia, "yeso calcinado" en los Estados Unidos y "Stuckgips" en Alemania. Se proporcionan detalles sobre las propiedades de la pasta de yeso, como el fraguado, la expansión y la adherencia, así como sobre el yeso endurecido, abordando aspectos como resistencia, peso aparente, expansión térmica, cambios de volumen lineales bajo fluctuaciones de humedad, absorción de humedad, pintabilidad, corrosividad, comportamiento de aislamiento térmico y acústico, y resistencia al fuego (Karni & Karni, 1995).

Las primeras instancias de aplicación de yeso en construcciones se remontan al periodo Neolítico, siendo un ejemplo destacado Çatal Huyuk en Turquía alrededor del año 6000 a.C. Un testimonio histórico temprano del uso de yeso por parte de los egipcios se evidencia en el yeso presente en las pirámides (2000 a.C. a 4000 a.C.), aunque en esa época las estructuras se construían mediante la colocación de piedra sobre piedra sin el uso de mortero. Según Torraca, en antiguos enlucidos de yeso de gran envergadura, a veces se pueden encontrar conglomerantes hidráulicos, así como conglomerantes con cierta hidraulicidad. Existe la posibilidad de que los griegos hayan sido pioneros en el uso de la cal como mortero para revestimientos, especialmente en enlucidos de yeso pintados

y revestimientos de pozos. Principalmente en Roma, el yeso alcanza una notable expresión y significado, ya que los romanos aprovecharon las propiedades del yeso, como su extrema plasticidad, rápida ejecución y costos reducidos. En este contexto, imitaron formas y colores característicos de materiales considerablemente más costosos, duros y laboriosos de manipular (De Brito & Flores-Colen, 2015).

El yeso es un mineral frecuente en las formaciones rocosas que se originan en procesos de evaporación, tanto en entornos marinos como lacustres. Se presenta como sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), siendo el mineral sulfato más predominante. La diagénesis ejerce un impacto significativo en las rocas de yeso; el yeso primario, depositado inicialmente, se convierte en anhidrita (CaSO_4) al ser enterrado (o en áreas sabkha). Los depósitos de anhidrita, al exponerse a la meteorización, se hidratan nuevamente y se transforman en rocas secundarias de yeso. En general, las formaciones rocosas de yeso están compuestas principalmente por este mineral, acompañado de lutitas (arcillas y carbonatos microcristalinos); minerales secundarios como celestita, cuarzo, anhidrita y glauberita pueden estar presentes en menor proporción. A nivel global, las rocas de yeso son ampliamente aprovechadas como minerales industriales, encontrando aplicaciones en la fabricación de adornos (yeso alabastro), paneles de yeso, yeso de París, fertilizantes, mejoradores de suelos y en la producción de cementos Portland, entre otros usos. España destaca como uno de los principales productores y exportadores de yeso a nivel europeo, con una producción anual de 13 millones de toneladas y recursos estimados en 60 millones de metros cúbicos (Regueiro y Marchán, 2004). La pureza de las rocas de yeso, medida como el porcentaje de mineral de yeso en la roca total, se considera un factor crítico para evaluar la viabilidad económica de un yacimiento. Se establece que purezas superiores al 80% son necesarias para que el yeso sea económicamente rentable en aplicaciones como revestimientos de construcción convencionales, y purezas superiores al 92% son requeridas para el revestimiento de París (Guinea et al., 2010).

YESO ARTESANAL

Tras un período inicial con materiales naturales como madera, piedra y barro, se desarrolla una etapa artesanal con la organización de oficios como cantería, carpintería y albañilería. La disponibilidad de ciertos materiales en una región influye en el desarrollo de oficios específicos. Por ejemplo, en Egipto, la abundancia de piedra impulsa la cantería, mientras que, en Mesopotamia, la escasez de piedra y la presencia de arcilla

fomentan la albañilería. El yeso se destaca como un material esencial en la construcción artesanal. Su capacidad para deshidratarse a baja temperatura lo convierte en un conglomerante útil para unir piezas y revestir paramento. Desde el Neolítico hasta las civilizaciones griega y romana, se emplea el yeso en revestimientos, construcción de tumbas, templos y decoraciones interiores. En la Edad Media, el arte musulmán en España destaca por las yeserías. Se menciona la relación del yeso con la cal, su origen geológico similar y cómo, en etapas anteriores, la distinción entre ambos materiales no era tan clara. Uso del yeso en la actualidad, aunque la construcción artesanal ha evolucionado, aún se fabrican yesos artesanos en lugares como Albarracín (Teruel, España) para usos específicos, como revocos exteriores. Tradicionalmente, se fabrican tres tipos de yesos artesanos: hidráulico o de pavimentos, blanco para enlucidos, y negro o moreno para guarnecidos y albañilería. A lo largo del tiempo, los hornos artesanos se han mejorado para facilitar operaciones como carga, cocción y molienda, y se han introducido silos de almacenamiento para homogeneizar el producto final. Aunque la construcción ha evolucionado hacia métodos más modernos, aún se emplea el yeso en diversas aplicaciones, y algunas fábricas artesanas en España siguen produciendo yesos tradicionales (Luis de Villanueva, 2004).

YESO INDUSTRIAL

En el siglo XVIII, comienza el conocimiento científico del yeso, con estudios de Lavoisier en 1768. La industrialización en esa época afecta la fabricación del yeso, introduciendo nuevos materiales como acero y cemento. Se mecanizan procesos, se tipifican productos y surgen normativas de calidad. La calcinación del yeso se diversifica, y con la industrialización, se busca obtener productos más homogéneos. La normativa de calidad del yeso se establece en diferentes países, como ASTM, DIN, BS, NF, UNI, UNE, NP, SIA, etc. Aparecen los yesos monofase y bifase, con la escayola como semihidrato beta monofase. La industrialización también afecta la producción de anhidrita para pavimentos y prefabricados de escayola. A principios del siglo XX, surge la placa de yeso laminado en Estados Unidos, tendencia que se traslada a los países mediterráneos. La industrialización impacta en la construcción con prefabricados de escayola y en la tabiquería con paneles. La tercera generación de yesos, con nuevos adhesivos y pastas, se orienta hacia aplicaciones interiores, tras el fracaso en intentos de fabricar yeso para revocos exteriores en los años setenta (Luis de Villanueva, 2004).

YESOS DE TERCERA GENERACIÓN

Después de la Segunda Guerra Mundial, se inició un estudio más científico sobre las modificaciones en las características del yeso mediante el uso de aditivos y adiciones (Arredondo, 1961). En Gran Bretaña, como parte de la reconstrucción de edificios dañados durante el conflicto, se empezaron a utilizar productos aligerados con perlita y vermiculita, normalizándose una serie de productos aligerados que complementaron la normativa existente para los yesos densos (Foster, 1964) (BS, 1973). La perlita expandida y la vermiculita exfoliada, siendo productos minerales e inertes, se destacaron por su capacidad para retener aire en su interior, mejorando así el aislamiento térmico de los revestimientos. Se observó un aumento en la adición en fábrica de retardadores de fraguado para la producción de yeso lento, especialmente valorado en la ejecución de revestimientos. Lo más significativo fue el inicio de una investigación sistemática de diversos tipos de aditivos (Luis de Villanueva, 2004).

Tabla 1

Resumen de las características principales de los diferentes tipos de yeso

ETAPA	YESO ARTESANO	YESO INDUSTRIAL	YESO DE TERCERA GENERACIÓN
MATERIA PRIMA	Selección grosera Granulometría muy gruesa	Selección cuidada Granulometría media	Selección cuidada Granulometría media o fina
TIPO DE HORNO	Artisanal sin control de temperatura	Muchos tipos de hornos industriales con temperatura controlada	Muchos tipos de hornos industriales con temperatura controlada
CUALIFICACIÓN DEL RESPONSABLE DE LA FABRICACIÓN	Maestro artesano	Ingeniero	Químico
FASES DEL PRODUCTO	Multifase	Monofase o bifase	Monofase o bifase
TIPOS DE PRODUCTOS	Yeso negro Yeso blanco Yeso hidráulico	Yeso grueso Yeso fino Escayola Adhesivos	Yeso manual de fraguado controlado Yeso de proyección Yeso aligerado Yeso de proyección aligerado Adhesivos
ADITIVOS Y ADICIONES	En obra	En fábrica	En fábrica
EMPLEO EN OBRA	Guarnecidos y enlucidos Pavimentos Estucos Mortero de albañilería Encañizados	Guarnecidos y enlucidos Pasta de albañilería Cielorrasos	Revestimientos interiores Pasta de agarre
PREFABRICADOS	Yesones Ladrillos y bloques	Placas para techos Molduras para techos Placa de yeso laminado Bloques y paneles para tabiques	
APLICADOR	Albañil Yesaire Estuquista	Albañil Yesaire Escayolista Montador	Aplicador Yesaire

Nota. Resumen de las características principales de los diferentes tipos de yeso

Fuente: De Villanueva, Luis (2004)

Las desventajas principales del yeso incluyen su fragilidad, propiedades mecánicas inferiores, baja resistencia al agua, limitadas propiedades de aislamiento térmico y acústico, así como contracción durante la exposición al fuego, restringiendo su aplicación. La tasa de utilización de subproductos del yeso sigue siendo baja, y se han propuesto estrategias como la adición de escoria, cenizas volantes y otros materiales para mejorar sus propiedades. Para superar estas limitaciones, se ha sugerido fortalecer el yeso mediante la adición de fibras, creando compuestos a base de yeso reforzados con fibras. Los FRGC, reforzados con fibras que mejoran la resistencia, tenacidad y durabilidad, han demostrado tener propiedades mecánicas, térmicas y acústicas superiores a los compuestos de yeso sin refuerzo de fibras. Para mejorar la adhesión entre las fibras y la matriz de yeso, se han realizado estudios en la modificación de las fibras a través de tratamientos físicos, químicos y biológicos. Actualmente, los FRGC desempeñan un papel crucial en el mercado de materiales de construcción, ya que permiten ampliar las aplicaciones del yeso en diversas áreas (Jia et al., 2021b).

El yeso es un material de construcción versátil utilizado en la producción de yeso de construcción, placas y bloques, destacando por su bajo consumo de energía, alto rendimiento, resistencia al fuego, y eficiente aislamiento térmico y acústico. A pesar de estas ventajas, su limitada resistencia al agua y fragilidad han restringido su uso. Para abordar la degradación del rendimiento en ambientes húmedos, se aplican aditivos como cemento, cenizas volantes, cal y escoria al polvo de yeso, mejorando así la resistencia de la matriz de yeso. Además, se incorporan soluciones como parafina, emulsiones y agentes reductores de agua para abordar defectos internos y mejorar la resistencia al agua. La adición de fibras al yeso permite lograr una combinación de matriz de fibra y yeso. Estas fibras, que pueden ser orgánicas vegetales (fibras de madera, fibras de paja, abacá, coco), orgánicas sintéticas (PE, PP, PVA) o inorgánicas (vidrio, fibras de carbono), actúan como puentes que previenen el desarrollo de grietas bajo tensiones externas, mejorando significativamente la resistencia a la flexión y tenacidad de la matriz de yeso (Li et al., 2023).

Ecuador posee los recursos necesarios para impulsar la fabricación de un absorbente industrial ecológico utilizando la fibra de coco. Sin embargo, actualmente, la cáscara de coco no se aprovecha en el país, sino que se descarta o se arroja a la basura.

Este desaprovechamiento representa una problemática ambiental y económica, ya que la gestión inadecuada de los residuos de coco contribuye a la contaminación y desaprovecha un recurso valioso que podría ser utilizado en la producción sostenible de productos industriales. La falta de una adecuada gestión de estos residuos conlleva a la pérdida de oportunidades para el desarrollo de soluciones ecológicas, afectando tanto al medio ambiente como a la posibilidad de generar empleo y fortalecer la industria local.

La fibra de coco se deriva de la cáscara exterior del coco (nombre científico: *Cocos nucifera*, familia *Arecaceae*). Existen dos tipos: la fibra marrón, extraída de cocos maduros, que es gruesa y resistente, y las fibras blancas, de cocos inmaduros, más suaves pero menos fuertes. Se encuentran en formas como cerdas, colchones y decorticadas, cada una con usos específicos. Principalmente, las fibras marrones se emplean en ingeniería. La producción anual mundial es de alrededor de 500,000 toneladas, concentrándose principalmente en India y Sri Lanka. Estos países son los principales exportadores, seguidos por Tailandia, Vietnam, Filipinas e Indonesia. Cerca de la mitad se exporta como fibra cruda, con un valor estimado de \$100 millones. Las ventajas de estas fibras incluyen resistencia a polillas, hongos y putrefacción, excelente aislamiento térmico y acústico, resistencia al fuego, impermeabilidad, durabilidad y capacidad para recuperar su forma original tras uso constante. Tienen una resistencia mecánica superior, alcanzando 21.5 MPa, y pueden soportar tensiones de 4 a 6 veces más que otras fibras naturales. Estudios como el de Abiola han evaluado propiedades mecánicas como carga-extensión, tensión-deformación y módulo de Young, mostrando que la fibra interior tiene mayor resistencia, mientras que la exterior tiene mayor capacidad de alargamiento, absorbiendo más energía de estiramiento. Investigaciones de Ramakrishna y Sundararajan analizaron la composición química y resistencia a la tracción de fibras naturales sometidas a humectación y secado alternos, y a inmersión continua. Encontraron que las fibras de coco mantenían mejor su resistencia a la tracción en diversas condiciones comparadas con otras fibras como sisal, yute e *hibiscus cannabinus* (Ali et al., 2012).

La fibra de coco presenta características únicas en términos de rigidez, diámetro, longitud variable, módulo, tenacidad, extensibilidad y trabajo específico de ruptura. Su falta de cohesión entre fibras dificulta el manejo de láminas de fibra. La fibra de coco tiene alta aspereza, rigidez a la flexión y una baja relación longitud-diámetro, lo que la hace difícil de hilar para obtener hilos más finos. La XRD (Difracción de rayos X) revela un mayor tamaño de cristalitos, presencia de materia no celulósica y baja cristalinidad.

Su menor cristalinidad facilita la absorción de humedad y el hinchamiento. La aparente naturaleza hidrofóbica puede deberse a la deposición de más lignina y ceras en comparación con la materia celulósica en la superficie. La proporción de oxígeno a carbono en la superficie de la fibra de coco es mucho menor que en la celulosa, similar a la lignina. La sección transversal circular y los microhuecos confieren una apariencia brillante y alta rigidez a la flexión. La alta extensibilidad se debe a disposiciones helicoidales de microfibrillas. FTIR y análisis térmico indican celulosa y lignina como componentes principales. TGA y NMR revelan grupos de metil-aril éter más altos en comparación con los grupos aromáticos en la lignina. Los tratamientos que eliminan materiales no celulósicos a veces aumentan la cristalinidad. El contenido de lignina de la fibra de coco es alto, alrededor del 30-45%, en comparación con otras fibras lignocelulósicas. El contenido de cenizas y grasa/cera es del 1,8% y 1,3%, respectivamente. La resistencia eléctrica y la resistencia microbiana son mucho mayores en comparación con otras fibras lignocelulósicas como el yute y el sisal (Mishra & Basu, 2020).

Las fibras derivadas de la cáscara de coco han sido ampliamente empleadas en la fabricación de paneles con propiedades aislantes térmicas y acústicas, así como en la creación de materiales textiles. Diversos estudios científicos presentes en la literatura respaldan el potencial de aplicación de la cáscara de coco en diferentes campos, abarcando desde la producción de paneles aislantes hasta la incorporación en la construcción civil y la formulación de biocompuestos (Araújo de Almeida & Colombo, 2021).

Tabla 2.

Tabla de comparación de la fibra de coco

Cáscara de Coco	Composición:	Observaciones
verde	34% celulosa, 37% lignina.	La celulosa es un polímero lineal de glucosa que proporciona resistencia mecánica, mientras que la lignina es un polímero amorfo que actúa como un aglutinante. La combinación de estos componentes puede ofrecer propiedades mecánicas notables.

Nota: Composición de la fibra de coco

Fuente: Araújo de Almeida & Colombo, (2021)

Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

La elección entre utilizar la fibra de coco reemplazando a la caña de azúcar en un tumbado con yeso es por las siguientes características características:

Fibra de Coco:

Sostenibilidad: La fibra de coco es un material natural y renovable, ya que proviene de la cáscara de coco. Si la sostenibilidad es una prioridad para ti, la fibra de coco podría ser una buena opción.

Aislamiento térmico y acústico: La fibra de coco puede tener propiedades de aislamiento térmico y acústico, lo que puede ser beneficioso en ciertas aplicaciones.

Ligereza: La fibra de coco es liviana, lo que facilita su manejo e instalación.

Caña:

Fuerza y durabilidad: La caña es conocida por su resistencia y durabilidad. Puede ser una opción sólida y resistente para tabiques.

Disponibilidad local: Dependiendo de tu ubicación, la caña podría ser un material más fácil de obtener localmente.

Peso: Aunque la caña es fuerte, también puede ser más pesada en comparación con la fibra de coco.

Sobre todo, la elección de la fibra de coco es por sostenibilidad del material.

2.2 Modelos Análogos

El artículo trata sobre la importancia de reducir el consumo de energía en edificios, especialmente en países con climas severos como Arabia Saudita, Omán, Siria y Egipto, donde una parte significativa de la energía se destina a la calefacción y refrigeración de edificios. El enfoque principal del artículo es la utilización de aislamiento térmico como una estrategia efectiva para reducir la carga de calefacción y aire acondicionado en los edificios, lo que, a su vez, conduce a una disminución en el costo anual de energía. El artículo también destaca la creciente preocupación por el uso de fibras sintéticas y su impacto ambiental debido a su naturaleza no degradable. En este contexto, se sugiere el uso de materiales naturales, como fibras de yute, plátano, coco, lana,

algodón, entre otros, como refuerzo en combinación con el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) como matriz. Estos materiales compuestos no solo actúan como aislantes térmicos en la construcción, sino que también son livianos, lo que los hace adecuados para particiones de paredes y techos falsos. Los requisitos clave para estos compuestos de fibra natural y yeso incluyen una conductividad térmica baja, baja densidad, facilidad de trabajo y buena resistencia a la flexión. En resumen, el artículo se centra en la aplicación de estos materiales compuestos como aislantes y materiales de construcción ligeros en la industria de la construcción, especialmente en climas donde la gestión eficiente de la energía en edificios es esencial (Chinta et al., 2012).

Figura 1

Paneles de yeso ligeros.



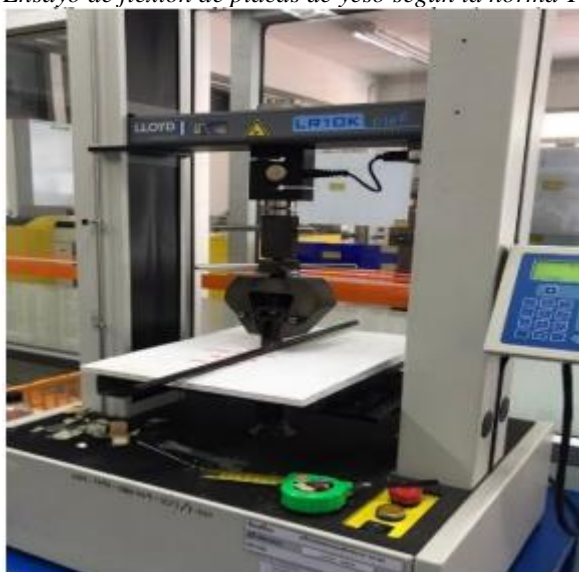
Fuente: Chinta et al (2012)

Este artículo se enfoca en el desarrollo de propiedades de tableros de yeso compuestos por fibras de coco y de jacinto de agua, utilizando principalmente residuos agrícolas y malezas. Se reemplaza el yeso en pasta (GP Tipo 1) por fibras de coco (CF) y fibras de jacinto de agua (WHF) en dosis de 0, 50, 75, 100 y 150 por masa. El estudio investiga la densidad, absorción de agua, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción y conductividad térmica de los tableros de yeso resultantes. Los resultados de las pruebas muestran que la incorporación de CF y WHF disminuye la densidad y la conductividad térmica de los tableros de yeso. Esto sugiere que los tableros de yeso que contienen estas fibras son buenos candidatos para su uso como materiales aislantes ligeros. Sin embargo,

debido a la alta porosidad de las fibras de coco y de jacinto de agua, los valores de absorción de agua son mayores que los de la mezcla de control. Además, se menciona que los tableros de yeso con CF100 y CF150 cumplen con los requisitos de resistencia a la flexión y resistencia a la tracción según la norma TIS. 219-2552. Por lo tanto, estos tableros de yeso con fibras de coco y jacinto de agua (CF100 y CF150) pueden ser utilizados como una alternativa a los tableros de yeso disponibles comercialmente debido a su baja densidad, buena resistencia a la flexión y resistencia a la tracción. , y baja conductividad térmica(Hankhuntod et al., 2022) .

Figura 2.

Ensayo de flexión de placas de yeso según la norma TIS 219-2552



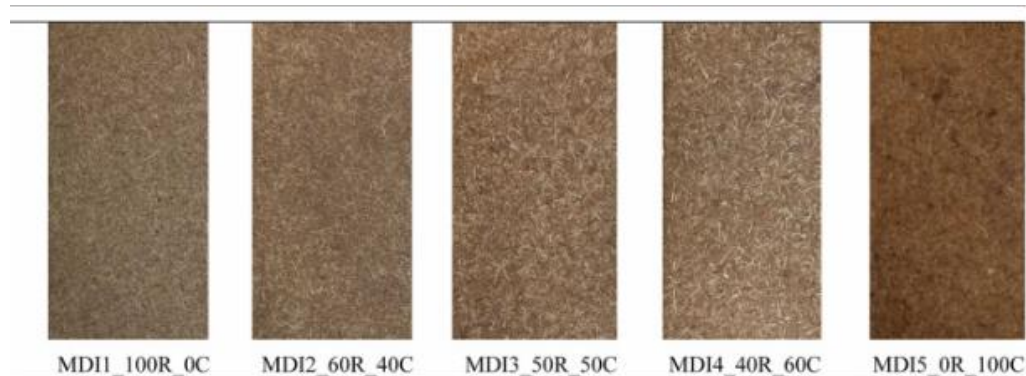
Fuente: Hankhuntod et al., (2022)

En este estudio, se exploró la posibilidad de desarrollar paneles compuestos utilizando materiales renovables como fibra de coco y partículas de paja de caña, fortalecidos con diisocianato de metileno difenilo (MDI). Se fabricaron cinco paneles con diversas proporciones de fibra de coco y paja de caña, y se evaluaron sus propiedades mecánicas, físicas y morfológicas, así como su conductividad térmica mediante varios experimentos. Los resultados mostraron que la conductividad térmica de los paneles de fibra de coco y caña es competitiva con materiales aislantes convencionales y se acerca a los valores de otros materiales aislantes. Las propiedades mecánicas, como la resistencia a la flexión y la fuerza de unión interna, aumentaron proporcionalmente con la cantidad de fibra de coco en los paneles. El estudio reveló que una mezcla de 50-50% de fibra de coco y caña alcanzó los mejores valores, con resistencia a la flexión de 6,33 MPa, módulo

de Young de 1,83 GPa y resistencia a la unión interna de 0,36 MPa. Los análisis morfológicos confirmaron una correcta mezcla y unión de los materiales en los paneles, mientras que las pruebas FTIR demostraron interacciones químicas exitosas. En general, los resultados respaldan la viabilidad de crear un material de construcción prometedor y respetuoso con el medio ambiente a partir de una mezcla optimizada de fibra de coco y paja de caña, fortalecidos con MDI. En la sección de materiales, se detallan las características de la fibra de coco y paja de caña utilizadas en el estudio, así como el adhesivo MDI empleado. Los métodos de preparación de las fibras y la fabricación de los paneles compuestos se describen en la sección de métodos. Se destacan las pruebas realizadas para evaluar propiedades mecánicas, físicas y térmicas de los paneles. Los resultados y discusiones se dividen en propiedades físicas, mecánicas y térmicas. Se analiza la densidad nominal, el contenido de humedad, la absorción de agua y el hinchamiento del espesor de los paneles. En cuanto a las propiedades mecánicas, se presentan los resultados de resistencia a la flexión y fuerza de unión interna. Además, se discuten las propiedades de aislamiento térmico de los paneles compuestos. En resumen, la mezcla de fibra de coco y paja de caña fortalecida con MDI mostró mejoras significativas en las propiedades mecánicas y de aislamiento térmico. Se destaca la importancia de futuras investigaciones para optimizar los parámetros tecnológicos y mejorar aún más las propiedades mecánicas de los paneles aislantes. Finalmente, el estudio demuestra la viabilidad de utilizar materiales renovables para desarrollar paneles compuestos respetuosos con el medio ambiente, destacando su potencial en la construcción sostenible (Mucsi et al., 2024).

Figura 3

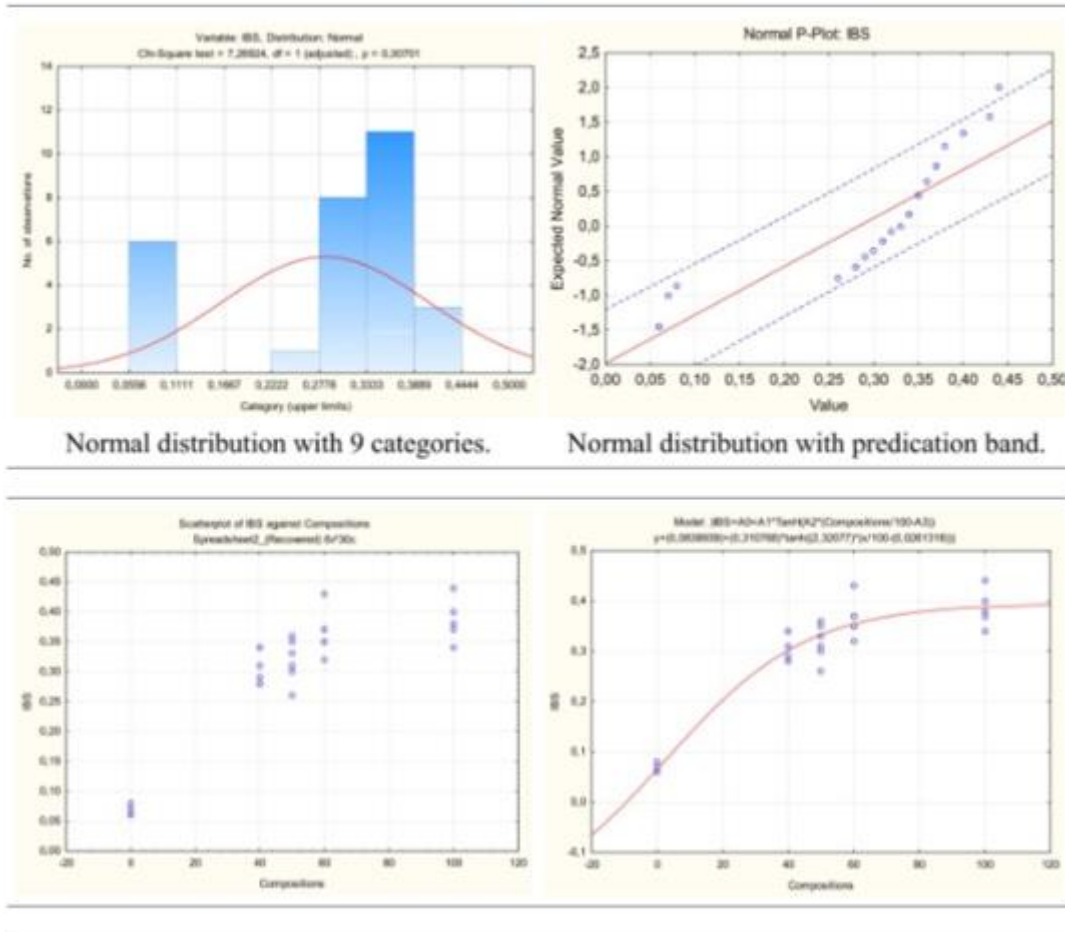
Fotografías de paneles compuestos de MDI fabricados con fibra de coco y caña, (MDI_1 – MDI_5)



Fuente: Mucsi et al., (2024)

Figura 4

Selección de función de regresión para la fuerza de delimitación interna (IBS)



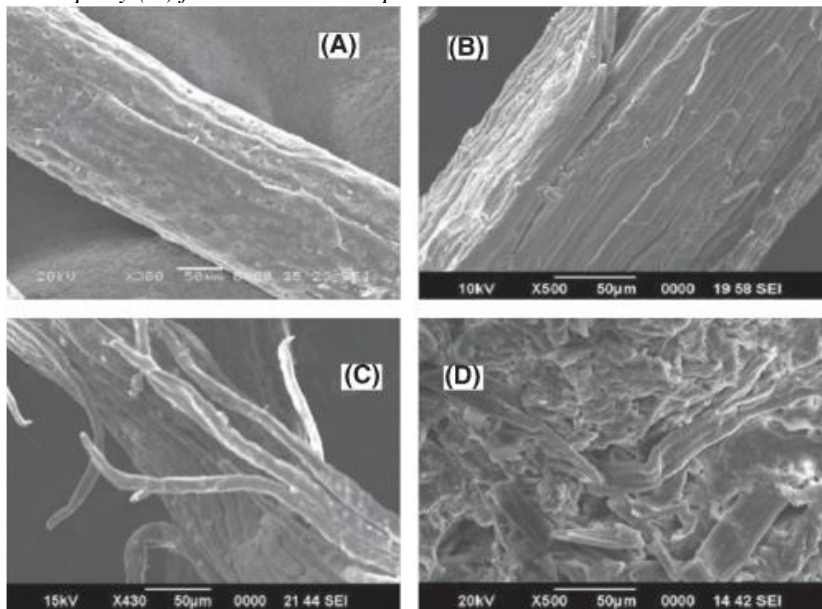
Fuente: Mucsi et al., (2024)

Este artículo científico trata sobre las propiedades acústicas de las fibras de coco. En el capítulo en cuestión, se discute la investigación relacionada con las propiedades acústicas de las fibras de coco y su potencial aplicación en la reducción de la propagación del sonido en varios campos, como la construcción y la automoción. El estudio se centra en el coeficiente de absorción acústica de las fibras de coco y cómo esta propiedad se ve afectada por factores como el espesor, la porosidad y la tortuosidad de las fibras. El resultado unánime de la investigación sugiere que las fibras de coco son candidatas prometedoras para reemplazar los materiales convencionales utilizados en la reducción de la propagación del sonido en diversas aplicaciones. Se encontró que las fibras de coco funcionan particularmente bien a bajas frecuencias, en el rango de 500-2500 Hz, con un

coeficiente de absorción que varía entre 0,75 y 0,94. Algunos materiales también mostraron resultados aceptables a frecuencias más altas, en el rango de 2500-5000 Hz. El uso de fibras de coco para finos acústicos se ha estudiado principalmente a escala de laboratorio, pero las simulaciones utilizando modelos matemáticos existentes, como el modelo de Delany-Bazley o los modelos de Miki y Allard-Champoux, han respaldado los resultados experimentales. En resumen, el artículo demuestra que las fibras de coco tienen un gran potencial para ser utilizadas en aplicaciones de reducción de sonido en diferentes campos, y se proporciona evidencia experimental y teórica que respalda esta afirmación (Hadji Babacar et al., 2022).

Figura 5.

Fibras de coco, (A) fibra de coco cruda, (B) fibra de coco tratada con álcali, (C) fibra de coco explotada con vapor y (D) fibra de coco blanqueada.



Fuente. Hadji Babacar et al., (2022)

El artículo presenta los resultados de una caracterización experimental de compuestos de madera y yeso, utilizando virutas y serrín de desechos de madera como aditivos en distintas proporciones. Se observa que el aumento de residuos de madera reduce la densidad y la dureza Shore C, afectando también la conductividad térmica. Las propiedades mecánicas de los compuestos son inferiores a las muestras de referencia, con disminuciones significativas en la resistencia a la flexión y compresión al añadir un 40% de residuos. El contexto se centra en la crisis medioambiental en la construcción y la necesidad de gestionar adecuadamente los residuos. Se destaca la legislación y los desafíos en la gestión de residuos de construcción y demolición. La investigación busca

aprovechar residuos de madera en la fabricación de compuestos de yeso para aplicaciones de construcción, considerando propiedades físicas y mecánicas. El estudio aborda la legislación limitada sobre el uso de residuos en nuevos materiales de construcción, mencionando investigaciones previas sobre reciclaje en hormigón y otros materiales. Se describe la composición de las sondas experimentales y la determinación de proporciones óptimas de mezcla de agua. Los métodos de prueba incluyen densidad, resistencia a la flexión y compresión, y dureza superficial Shore C. Los resultados muestran una reducción significativa en la densidad con el aumento de aditivos, siendo más pronunciada con virutas de madera. Se concluye que la adición de madera reciclada y fibras afecta la trabajabilidad de las muestras. El artículo destaca la importancia de encontrar proporciones y mezclas óptimas para adaptarse a diversas aplicaciones de construcción (Morales-Conde et al., 2016).

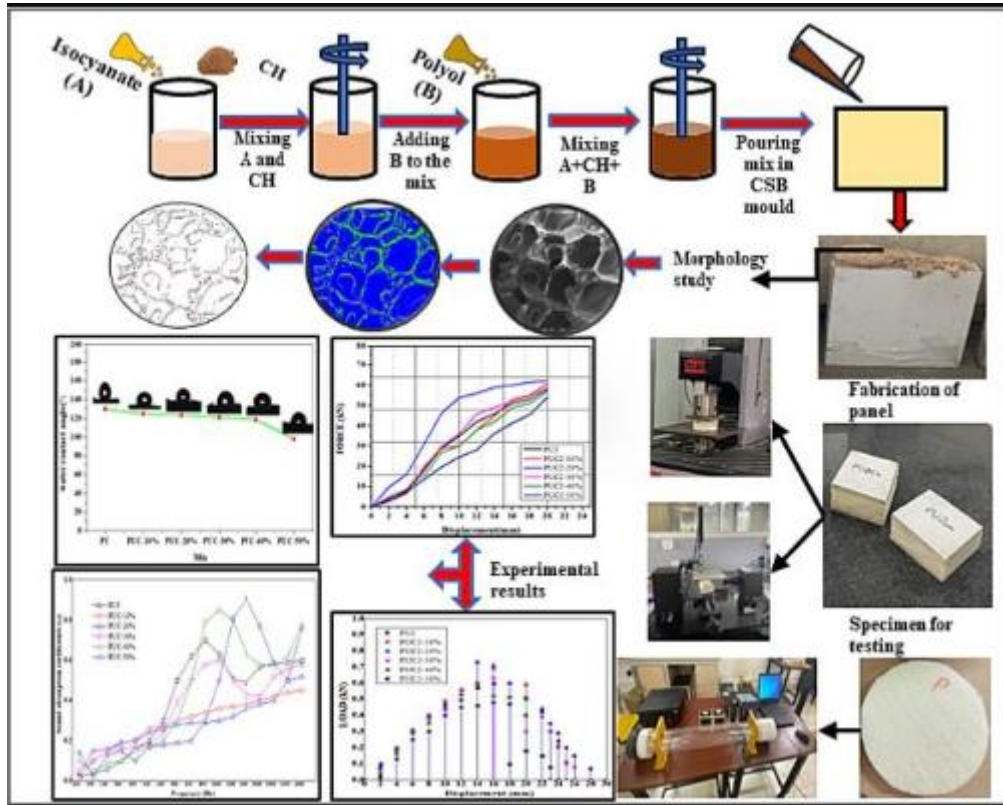
En Puerto Escondido, Oaxaca, México, con un clima cálido y semihúmedo, se busca reducir el consumo energético en viviendas. Se destaca la necesidad de materiales biodegradables, como la fibra de coco, frente a la contaminación generada por el uso de materiales inorgánicos. Se resalta la importancia creciente de fibras biodegradables, como el coco, en la construcción para mejorar propiedades mecánicas y reducir costos. Esta investigación se enfoca en la aplicación de fibra de coco como relleno aislante térmico en paneles sándwich de ferrocemento, comparándolos con materiales tradicionales en la región. Este estudio analiza el potencial de la fibra de coco como relleno aislante térmico en paneles de ferrocemento tipo sándwich, aplicados en paredes de escuelas y techos de casas en Puerto Escondido, Oaxaca, México. Se comparó la conductividad térmica de estas estructuras con otras construcciones comunes en la región, como ladrillos de arcilla roja, bloques de hormigón y paneles de ladrillos de hormigón ligero. Los resultados indican que la conductividad térmica de los paneles de ferrocemento rellenos de fibra de coco es significativamente menor ($0,221 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) que la de los materiales tradicionales utilizados en la zona. Materiales y Métodos: Se describe la composición de los paneles y el proceso de fabricación utilizado en las mediciones experimentales. Contenido de Humedad y Absorción de Agua de la Fibra de Coco. Se detallan los resultados de pérdida de humedad de la fibra de coco, crucial para su uso en paneles. Tras exposición al sol y horno, la fibra retiene un 13,6% de humedad, permitiendo su aplicación en paredes de paneles. Finalmente, el estudio se centra en medir la conductividad térmica de paneles de

ferrocemento con fibra de coco, concluyendo que son una alternativa eficiente y de menor conductividad térmica que los materiales tradicionales en la construcción de viviendas en climas cálidos (Alavez-Ramirez et al., 2012).

En respuesta a la creciente necesidad de soluciones sostenibles en construcción, este estudio se centra en la utilización de residuos de cáscara de coco (CH) y tablero de silicato de calcio (CSB) en paneles sándwich, reemplazando la espuma de poliuretano (PU) con CH en diferentes proporciones. Los paneles se evaluaron en términos de propiedades mecánicas, térmicas, durabilidad, caracterización y absorción acústica. Los resultados indican que la sustitución del 20% de PU con CH ofrece mejores propiedades de compresión y flexión, siendo considerado el porcentaje óptimo. La adición de CH en PU mejora significativamente el comportamiento acústico hasta 1600 Hz. Se analizó un modelo de regresión con datos experimentales, validándose con un umbral de precisión R^2 mayor a 0,90. En la introducción, se destaca la amplia utilización de paneles de estructura sándwich en diversas aplicaciones y sectores debido a su eficiencia estructural. Se resalta la importancia de los poliuretanos (PU) en estos paneles, aunque se mencionan preocupaciones ambientales relacionadas con su síntesis. Se subraya la creciente necesidad de materiales ecológicos y sostenibles en la construcción, con énfasis en fibras naturales y residuos agrícolas. Se describe la importancia del CSB en la protección contra incendios y la eficacia en paneles sándwich. Se menciona la relevancia de utilizar CH, un residuo de cáscara de coco, como material sostenible en construcción. Se discuten investigaciones anteriores que exploran la sustitución de PU con diferentes materiales agrícolas. En la sección de materiales, se detalla el uso de PU200 y su densidad según ASTM D-1622-63. Se discuten las reacciones de isocianato y se destaca la susceptibilidad a la catálisis. Se menciona la importancia de evaluar propiedades mecánicas como resistencia a la compresión y flexión en paneles sándwich. En la sección de fuerza compresiva, se utiliza ASTM C 365 para probar los paneles sándwich, destacando el uso de un dispositivo electromecánico y la distribución uniforme de carga. Se ilustra la relación entre el contenido porcentual de CH y las propiedades de resistencia del PU. La conclusión resalta la importancia de nuevas técnicas para reducir los impactos ambientales en construcción. Se destaca la estructura de celda cerrada en muestras de PUC y se concluye que la sustitución del 20% de PU por CH muestra una mejora en las propiedades mecánicas. El estudio enfatiza la relevancia de la sustentabilidad en la

fabricación de materiales compuestos eficaces y económicos (Sharma & Prasath Kumar, 2023).

Figura 6
Método



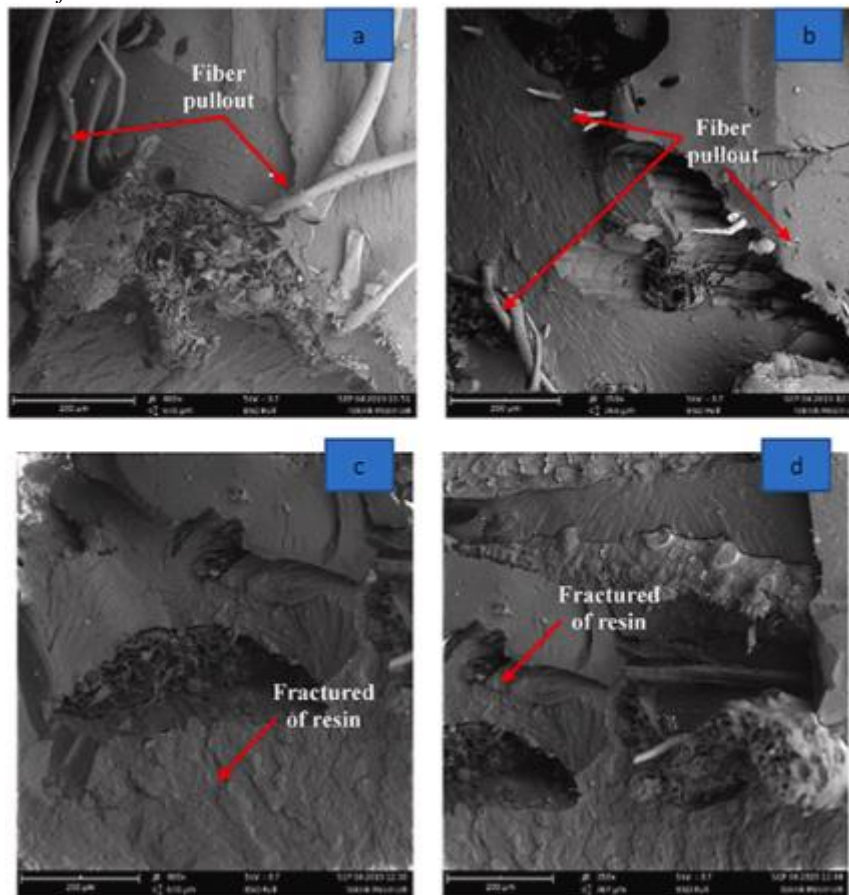
Fuente: Sharma & Prasath, Kumar (2023)

Este trabajo aborda el interés creciente en la industria de la construcción por materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Se centra específicamente en el estudio del comportamiento mecánico de materiales compuestos de yeso reforzados con tejido de yute. La investigación examina la adherencia del tejido de yute al yeso y su impacto en las propiedades de flexión, compresión y elasticidad del compuesto. Los resultados destacan que el refuerzo con tejido de yute mejora significativamente las propiedades mecánicas del composite, proporcionando estabilidad estructural después de la frágil rotura de la matriz de yeso. El estudio también contextualiza la importancia de mejorar las propiedades mecánicas del yeso, que, a pesar de ser ampliamente utilizado en construcción debido a su fácil aplicación y características sostenibles, presenta debilidades en términos de fragilidad y propiedades mecánicas deficientes, especialmente bajo tensión. En resumen, el objetivo principal del estudio es contribuir al conocimiento sobre materiales compuestos sostenibles mediante la evaluación detallada de las

propiedades mecánicas de compuestos de yeso reforzados con tejido de yute. Los resultados indican mejoras significativas en tenacidad y plasticidad a flexión y compresión en comparación con el yeso convencional o compuestos con fibras de yute (Alcaraz et al., 2019).

En este estudio, se exploró el potencial de la fibra de cáscara de maíz (CHF) como material de refuerzo en compuestos de poliéster y polvo de cáscara de coco (CSP). Se variaron las concentraciones de CSP y CHF para analizar sus efectos en las propiedades mecánicas y morfología de los compuestos. Se utilizó la técnica de prensado en caliente para fabricar los compuestos, y se evaluaron resistencias a la tracción y a la flexión, así como la morfología de fractura mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados revelaron que la resistencia a la tracción disminuyó drásticamente cuando se agregó un 5% de CSP al compuesto de poliéster. Sin embargo, la resistencia a la flexión aumentó con el incremento del contenido de fibra de cáscara de maíz (CHF). Se observó una mejora en las propiedades de resistencia a la flexión en compuestos de poliéster con un 10% de CSP en comparación con aquellos con un 5%. La morfología fracturada analizada mediante SEM mostró una unión interfacial deficiente entre CHF-CSP-poliéster, especialmente en compuestos con 5% de CSP. La introducción del artículo destaca la relevancia de buscar alternativas respetuosas con el medio ambiente y reforzadas con fibras naturales en lugar de fibras sintéticas. La fibra de cáscara de maíz se presenta como una opción potencial debido a su disponibilidad y propiedades mecánicas satisfactorias. Se menciona la adición de polvo de cáscara de coco como un relleno para mejorar las propiedades mecánicas de los compuestos poliméricos. En conclusión, el estudio demostró que la combinación de CHF y CSP puede influir significativamente en las propiedades mecánicas de los compuestos de poliéster. La resistencia a la tracción y a la flexión se vio afectada por las variaciones en las concentraciones de CSP y CHF. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para futuras aplicaciones en diversos campos, especialmente en la construcción de edificios y en interiores (Sari et al., 2021).

Figura 7
Gráficamente abstracto



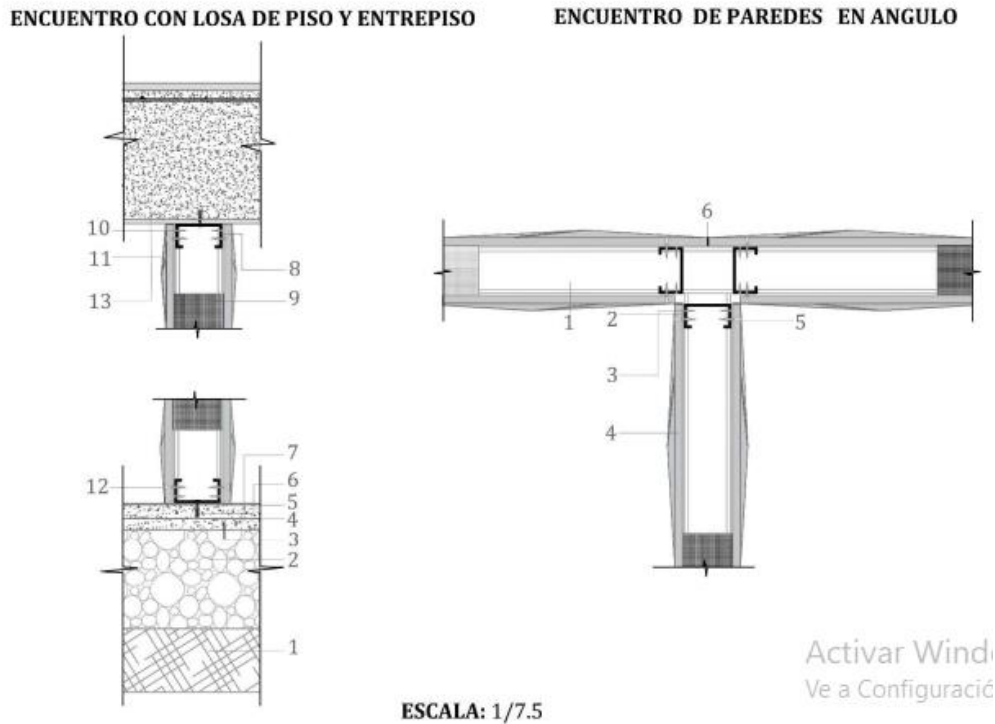
Fuente: Sari et al., (2021)

La tesis se centra en la investigación de innovaciones en materiales de construcción para su uso en acabados de paredes y techos. Específicamente, se enfoca en la caracterización de materiales como yeso y fibras naturales. El estudio consta de dos fases principales: una fase de análisis documental para comprender las propiedades y características de estos materiales, y una fase experimental que implica el diseño y desarrollo de un prototipo de panel. En la fase experimental, se creó un panel utilizando yeso y fibras naturales siguiendo métodos artesanales que se ajustan a las prácticas locales de fabricación. Este panel resultante mostró propiedades mecánicas de resistencia y capacidades de aislamiento térmico. Además, se pudo aplicar texturas y formas geométricas en estos paneles, lo que los hace adecuados para su uso en espacios internos de edificios. Los materiales utilizados, yeso y fibras naturales, pasaron pruebas de laboratorio que cumplieron con las normativas técnicas relacionadas con estos materiales. Como resultado de la investigación, se propone el modelo de panel de yeso con fibras

naturales como una alternativa sostenible desde una perspectiva de construcción, lo que implica que este tipo de panel podría ser una opción ecológica y viable para la creación de elementos innovadores en proyectos de construcción (Ordóñez Cristian & Pesantez José, 2020).

Figura 8.

Detalles constructivos del detalle de anclaje de panel de paredes para interiores

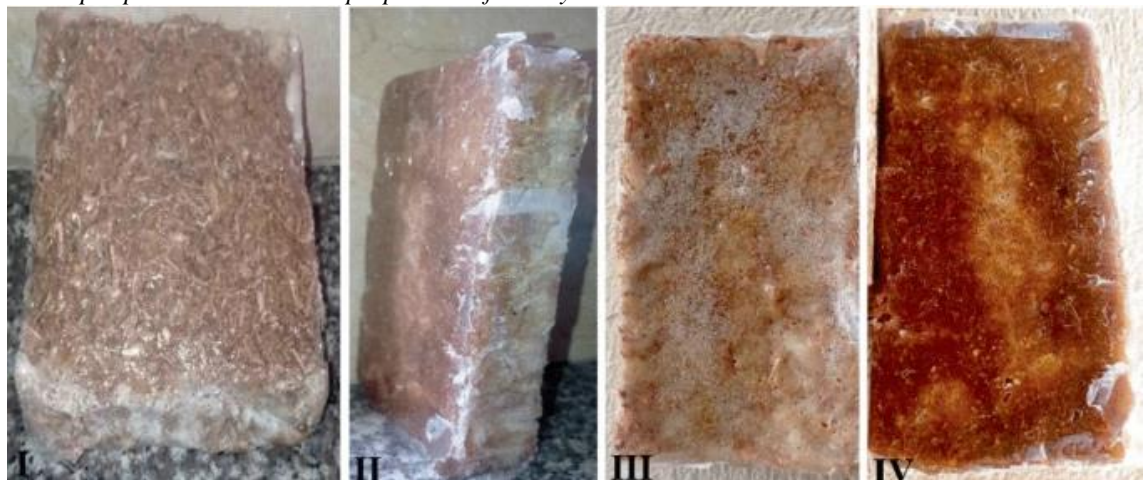


Fuente: Ordóñez, C. & Pesantez, J. (2020)

La investigación se enfoca en un proceso de economía circular que utiliza residuos agroforestales para crear un material sostenible destinado a reducir la incidencia directa de los rayos ultravioleta en edificaciones. El objetivo es fabricar una celosía mediante la combinación de fibra de coco y aserrín aglomerados con resina epoxi, logrando así un compuesto ligero, resistente y térmicamente aislante. Se realizaron cuatro prototipos con diferentes proporciones, destacando el prototipo 3 con 15% de fibra de coco, 38% de aserrín y 47% de resina, mostrando una resistencia a la flexión (MOR) de 48,33 kg/cm² y un módulo de elasticidad (MOE) de 12,54 kg/cm². El prototipo 4, con 38% de fibra de coco, 15% de aserrín y 47% de resina, alcanzó una resistencia a la compresión de 68,57 kg/cm² y una conductividad térmica de 0,083 W/mK. La investigación surge de la necesidad de reducir el consumo energético en el sector de la construcción, que representa una gran parte del consumo mundial. Se destaca la importancia de desarrollar materiales que mejoren el confort térmico de los edificios y reduzcan la huella de carbono. Se aborda

el aumento del consumo de energía para refrigeración desde 1990 y sus impactos en el clima y la salud humana. Se propone un enfoque diferente mediante el uso de aislamiento térmico en la construcción, incorporando materiales compuestos a base de residuos agroforestales. La metodología incluye la recolección de fibra de coco y aserrín, limpieza, secado, y la elaboración de prototipos mediante la combinación de estos residuos con resina epoxi. Se realizan pruebas de resistencia mecánica, compresión, absorción de humedad y transmitancia térmica. Los resultados indican que es factible fabricar un compuesto para edificaciones utilizando residuos agroforestales en una matriz polimérica, ofreciendo propiedades de aislamiento y resistencia. En conclusión, el desarrollo de materiales compuestos reforzados con fibras naturales, como la celosía propuesta, se presenta como una alternativa valiosa para reducir el uso de refuerzos sintéticos y mejorar el confort térmico de las edificaciones. Los resultados preliminares muestran buen desempeño físico y mecánico, respaldando la viabilidad de este enfoque en la construcción sostenible (Echeverría Maggi et al., 2024).

Figura 9
Prototipos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

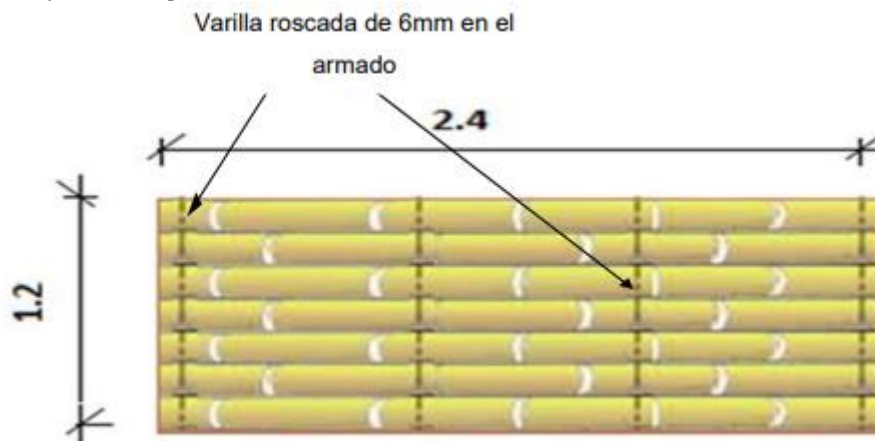


Fuente: Echeverría, Eddie et al., (2024)

Esta investigación tiene como objetivo revitalizar el uso de la caña guadua en el mercado nacional, centrándose en la fabricación de paneles de caña guadua con aislamiento termoacústico para su aplicación en cielos falsos de edificaciones específicas. Se busca garantizar la durabilidad de estos paneles al considerar factores como niveles de humedad, factores físicos y químicos, así como adaptarse a diversas regiones y ambientes dentro de una edificación. La investigación también se enfoca en la inclusión de materiales que actúan como aislantes termoacústicos para reducir el ruido de impacto

generado por el uso constante de un espacio habitable, causando molestias a los usuarios. La combinación de ciertos materiales tiene como objetivo crear un ambiente de confort en áreas específicas de una vivienda. Para facilitar la comprensión del proceso de construcción de los paneles de caña guadua, se han desarrollado gráficos en planta e isometría utilizando el programa AutoCAD. Además, se detalla el proceso de instalación del material aislante, incluyendo las herramientas necesarias para la construcción e instalación de los paneles. La tesis también incorpora un análisis de precios para la construcción de los paneles de caña guadua, así como de paneles mixtos de madera y caña, con el objetivo de evaluar la viabilidad económica del proyecto (Alex Gavin & Francisco Zaldumbide, 2018).

Figura 10.
Vista frontal del panel

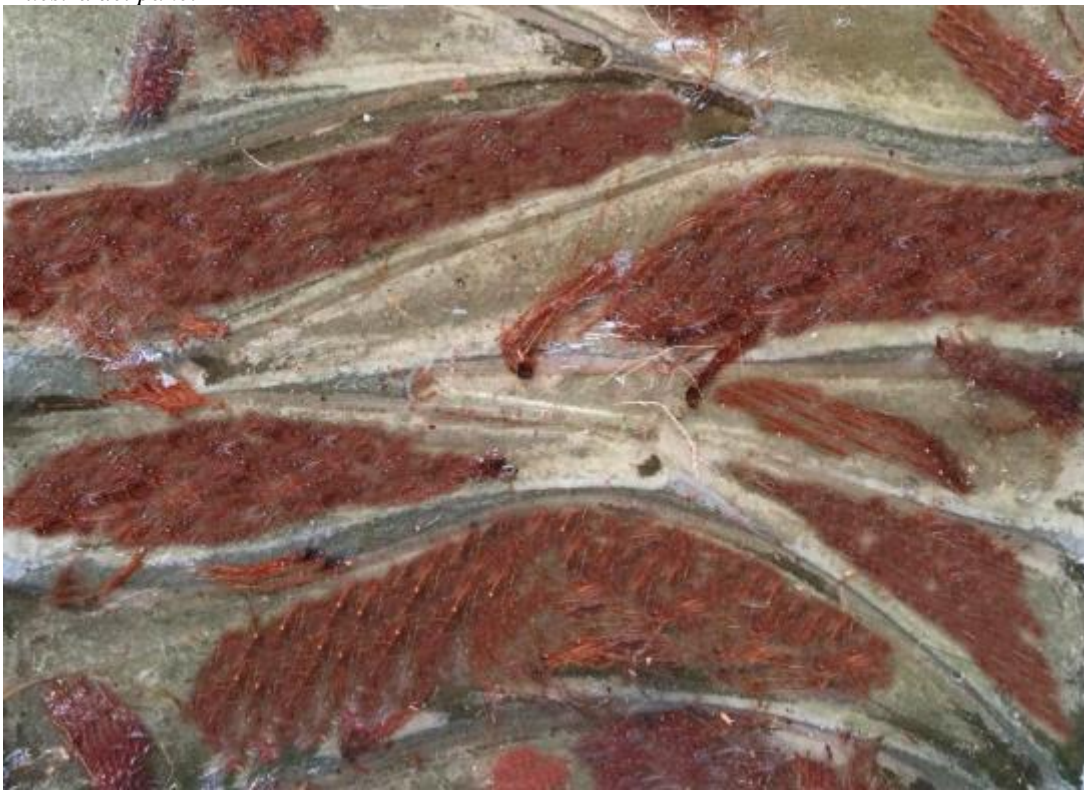


Fuente: Gavin, A. & Zaldumbide, F. (2018)

Esta investigación se centra en la elaboración de paneles de revestimiento para paredes utilizando fibra de vidrio y estopa de coco, con el objetivo de aplicarlos en viviendas de interés social en Guayaquil. La investigación buscó confirmar la viabilidad de conformar paneles con estas fibras naturales y evaluar el comportamiento de las propiedades mecánicas mediante una dosificación óptima. Los resultados indicaron que los paneles desarrollados pueden adaptarse tanto a paredes exteriores como interiores de viviendas comunes en la ciudad, utilizando una instalación similar a las planchas de yeso laminado, es decir, mediante perfiles de aluminio. Se destacó la ventaja de estos paneles al ser construidos con materiales orgánicos, de bajo costo y fácil mantenimiento, lo que contribuye a reducir los costos finales en proyectos de construcción, especialmente relevantes para el estrato económico al que se dirigen las viviendas de interés social. La

evaluación de las muestras demuestra la obtención de un modelo homogéneo, transparente, estético y resistente. Este modelo se ajusta a los estándares nacionales de revestimientos y puede adaptarse a otros contextos, considerando la utilización de materiales amigables con el entorno como parte de un enfoque de diseño sustentable. En resumen, la investigación proporciona una solución viable y económicamente accesible para mejorar la calidad de construcciones en viviendas de interés social, con la ventaja adicional de considerar criterios de sostenibilidad ambiental (Noe Ramirez et al., 2019).

Figura 11
Muestra del panel



Fuente: Ramirez,N. Falcones, Lina Agosto L. (2019)

2.3 Marco Legal:

Normas INEN:

NTE INEN 1685: Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo para productos de yeso y productos derivados de yeso, como placas de yeso laminado.

NTE INEN 1264: Esta norma se relaciona con la clasificación y requisitos de calidad de las fibras vegetales, incluyendo la fibra de coco.

estándar ISO 8302: Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo para productos aislantes térmicos en forma de placas o paneles. Para asegurarse de que el tumbado aislante cumpla con los estándares de aislamiento térmico.

Regulaciones de Construcción en Ecuador:

Las regulaciones de construcción en Ecuador se establecen en el "Reglamento a la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo" (Ley 39/2007) y sus normativas posteriores. Este reglamento establece los requisitos para la construcción de edificios y viviendas en Ecuador.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)

El enfoque de investigación adoptado es cuantitativo, caracterizado por su naturaleza secuencial y probatoria. Este método sigue una estructura rigurosa que implica la delimitación de una idea, la derivación de objetivos y preguntas de investigación, la revisión de literatura y la construcción de un marco teórico. A partir de las preguntas, se formulan hipótesis y se identifican variables, seguido por la planificación del diseño de investigación. La recolección de datos se realiza con base en mediciones numéricas, y el análisis estadístico se emplea para probar hipótesis, establecer pautas de comportamiento y validar teorías. Se utiliza la recopilación de datos cuantitativos para evaluar y respaldar afirmaciones a través de métodos estadísticos, con el objetivo de obtener conclusiones significativas (Roberto Hernández Sampieri et al., 2015). En este caso, se aplicará este enfoque para investigar la eficacia de un tumbado con yeso y fibra de coco como aislante térmico.

3.2 Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)

Se utilizará la técnica descriptiva para analizar un tumbado con yeso y fibra de coco como aislante térmico. Los estudios descriptivos buscan especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno (Roberto Hernández Sampieri et al., 2015). En este caso, se pretende describir las propiedades térmicas y estructurales del tumbado, centrándose en la combinación de yeso y fibra de coco como aislante térmico.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

En investigaciones cuantitativas, se emplean instrumentos para medir las variables relacionadas con las hipótesis o, en ausencia de estas, para evaluar las variables de interés. La medición es un proceso que vincula conceptos abstractos con indicadores empíricos. Un instrumento de medición es un recurso utilizado por el investigador para registrar información sobre las variables en cuestión. La eficacia de la medición radica en la representación precisa de las variables mediante el instrumento de recolección de datos (Roberto Hernández Sampieri et al., 2015). Utilizaré técnicas de observación y pruebas de ensayos en laboratorios.

3.4 Población y muestra

Identificar claramente la unidad de análisis en tu estudio. En este caso, la unidad de análisis podría ser cada instalación específica de un tumbado aislante hecho con yeso y fibra de coco.

- **Características de la Población:** Esto podría incluir propiedades físicas y mecánicas de los prototipos
- **Delimitación de la Población:** delimitar la población a tumbados aislantes hechos antes, con ciertas características específicas de yeso y fibra de coco, con el marco referencial
- **Muestra Representativa:** utilización de prototipos con diferentes dosificaciones.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

Para la elaboración de los prototipos, se siguieron las directrices estipuladas en la norma INEN 1684, la cual establece especificaciones y terminología relacionada con los yesos utilizados en la construcción. Esta norma, en líneas generales, ofrece definiciones precisas y claras de los términos empleados en la fabricación, aplicación y evaluación de yesos destinados a la construcción de edificaciones y otras estructuras. Se optó por esta normativa debido a su pertinencia y relevancia en el ámbito de la construcción.

En cuanto al procedimiento y los estándares establecidos, se aplicaron las disposiciones de la norma INEN para morteros, adaptándola posteriormente para la realización de pruebas mecánicas en los prototipos. Este enfoque garantiza la conformidad con las normativas pertinentes y asegura la calidad y fiabilidad de los resultados obtenidos durante el proceso de elaboración de los prototipos.

En resumen, la utilización de normativas como la INEN 1684 y la adaptación de estándares para las pruebas mecánicas, conforme a las normas INEN para mortero, constituyen prácticas fundamentales para asegurar la coherencia, precisión y calidad en la elaboración de prototipos destinados a la construcción de edificaciones y estructuras similares.

4.2 Proceso de elaboración del prototipo

Figura 12

Proceso de elaboración de los prototipos



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

4.3 Descripción de la elaboración de los prototipos

Para la creación de cada prototipo, se confeccionaron los moldes siguiendo las especificaciones de medidas de 10x10x50 cm, conforme a las normas INEN 163 sobre áridos para morteros y hormigones, adaptadas para las pruebas de ensayo relacionadas con el yeso. El proceso de elaboración de los prototipos, incluyendo el fraguado y la preparación, se llevó a cabo de acuerdo con la normativa INEN 1684 para el yeso. En cuanto a las fibras de coco, se procedió a adquirirlas de un distribuidor local, mientras que el yeso fue comprado en un establecimiento especializado en materiales de construcción. La primera etapa consistió en desfibrar los cocos para obtener la materia prima necesaria. Posteriormente, se sometió a un lavado con agua caliente con el fin de eliminar la hemicelulosa e impurezas del material, mejorando así su resistencia. Acto seguido, se procedió al secado en un horno a 100°C durante 15 minutos. Luego de este proceso, se llevó a cabo la medición del peso de cada componente, es decir, el material de cada prototipo, el yeso y la fibra, culminando así con la elaboración de cada uno de los prototipos.

Figura 13
proceso de prototipos



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

4.4 Elaboración de los prototipos

Prototipo 1

Tabla 3

Porcentaje del primer prototipo

Materiales	Peso (g)
Yeso	5700
Fibra de coco	100

Nota. Esta tabla presenta los porcentajes, expresados en peso, de los materiales utilizados en la elaboración del prototipo.

Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

En la producción del primer prototipo, se llevó a cabo un proceso meticuloso. Inicialmente, se procedió a pesar los materiales necesarios, posteriormente se preparó el yeso y se incorporó la fibra. Finalmente, se efectuó la mezcla completa de todos los materiales, que fue vertida en el molde correspondiente.

Figura 14
Primer prototipo



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Prototipo 2

Tabla 4
Porcentaje del segundo prototipo

Materiales	Peso (g)
Yeso	5024
Fibra de coco	150

Nota. Esta tabla presenta los porcentajes, expresados en peso, de los materiales utilizados en la elaboración del prototipo.

Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

En la elaboración del segundo prototipo, se llevó a cabo un proceso meticuloso. Inicialmente, se procedió a pesar los materiales necesarios, posteriormente se preparó el yeso y se incorporó la fibra, en este segundo prototipo se agregó más fibra de coco y un poco menos de yeso. Finalmente, se efectuó la mezcla completa de todos los materiales, que fue vertida en el molde correspondiente.

Figura 15
Segundo prototipo



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Prototipo 3

Tabla 5
Porcentaje del tercer prototipo

Materiales	Peso (g)
Yeso	4260
Fibra de coco	200

Nota. Esta tabla presenta los porcentajes, expresados en peso, de los materiales utilizados en la elaboración del prototipo.

Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

En la elaboración del tercer prototipo, se llevó a cabo un proceso meticuloso. Inicialmente, se procedió a pesar los materiales necesarios, posteriormente se preparó el yeso y se incorporó la fibra, en este tercer prototipo se agregó más fibra de coco y un poco menos de yeso. Finalmente, se efectuó la mezcla completa de todos los materiales, que fue vertida en el molde correspondiente.

Figura 16
Tercer prototipo



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Prototipo 4

Tabla 6
Porcentaje del cuarto prototipo

Materiales	Peso (g)
Yeso	4000
Fibra de coco	250

Nota. Esta tabla presenta los porcentajes, expresados en peso, de los materiales utilizados en la elaboración del prototipo.

Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

En la elaboración del cuarto prototipo, se llevó a cabo un proceso meticuloso. Inicialmente, se procedió a pesar los materiales necesarios, posteriormente se preparó el yeso y se incorporó la fibra, en este cuarto prototipo se agregó 250g de fibra de coco y un poco menos de yeso. Finalmente, se efectuó la mezcla completa de todos los materiales, que fue vertida en el molde correspondiente.

Figura 17
Cuarto prototipo



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Prototipo 5

Tabla 7
Porcentaje del quinto prototipo

Materiales	Peso (g)
Yeso	5000
Fibra de coco	0

Nota. Esta tabla presenta los porcentajes, expresados en peso, de los materiales utilizados en la elaboración del prototipo.

Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

El prototipo cinco se creó con el propósito de servir como testigo para las pruebas de ensayo con la de los prototipos que incorporan fibras. Este prototipo específico fue elaborado exclusivamente con yeso con el fin de proporcionar una referencia clara en las pruebas de ensayo.

Figura 18
Quinto prototipo



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

4.5 Caracterización de los prototipos

Ensayo a la Flexión

Este ensayo nos permitió evaluar el módulo de ruptura al aplicar una fuerza en el centro de la muestra hasta alcanzar su límite máximo de flexión, conforme a la normativa NTE INEN 639. La prueba se realizó a 5 milímetros x minuto

Para este ensayo se utilizó la máquina **Versa-Tester 30 M**. Una máquina hidráulica eléctrica calibrada en kilogramos fuerza, con una capacidad máxima de entrega de fuerza de 30000 (kg.F), ejerce carga en modo de compresión, flexión y proporciona mediciones de carga y deformación. En este laboratorio, la Versa-Tester fue sustituida por un nuevo equipo de prueba que permite controlar la velocidad de carga, y los resultados se expresan en unidades de Newton*Metros (Nm).

Figura 19
 Máquina Versa-Tester 30 M

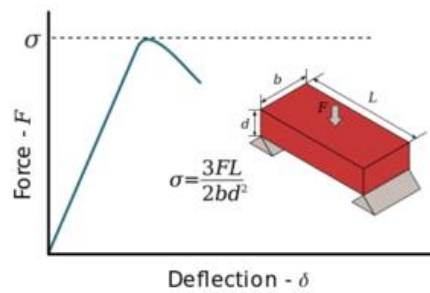


Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Figura 20 *formula de flexión*

Donde:

- MOR = Módulo de ruptura (Pa)
- Prup = Carga a la ruptura (N)
- Lflex = Portada entre apoyos (m)
- b = Base de la probeta (m)
- h = Altura de la probeta (m)



Fuente: Echeverría, Eddie (2024)

Tabla 8
pruebas de flexión

N.º prototipo	Medidas cm	Peso Kg.	Carga máxima flexión Kg.	Resistencia Flexión MOR kg/cm2
I	10x10x50	6.746	33	1.98
II	10x10x50	6.936	40	2.4
III	10x10x50	5.551	30	1.8
IV	10x10x50	5.986	35	2.1
V	10x10x50	6.841	20	1.2

Nota. Esta tabla presenta los datos que se obtuvieron de las pruebas de ensayo a la flexión.
Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Se llevaron a cabo pruebas de flexión, y los prototipos II y IV destacaron con mejores resultados en comparación con el testigo. Al comparar los resultados con el testigo, se observó que la presencia de fibra proporcionó una mayor resistencia. Además, durante la prueba, el testigo se desintegró por completo, mientras que los otros prototipos solo experimentaron flexión sin romperse, lo que evidencia la elasticidad aportada por la fibra al material

Figura 21
Prototipo 2 prueba de ensayo



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Ensayo a la Compresión

Se llevó a cabo la prueba de resistencia a la compresión con el objetivo de evaluar la capacidad de un material para soportar una carga por unidad de área, expresada en términos de esfuerzo, en este caso, en unidades de kg/cm^2 . Estas evaluaciones se realizaron conforme a las normas establecidas en INEN 3110: 2016. La prueba se realizó a 5 milímetros x minuto.

Para este ensayo se utilizó la maquina **Versa-Tester 30 M**. Una máquina hidráulica eléctrica calibrada en kilogramos fuerza, con una capacidad máxima de entrega de fuerza de 30000 (kg.F), ejerce carga en modo de compresión, flexión y proporciona mediciones de carga y deformación. En este laboratorio, la Versa-Tester fue sustituida por un nuevo equipo de prueba que permite controlar la velocidad de carga, y los resultados se expresan en unidades de Newton*Metros (Nm).

Figura 22

Maquina Versa-Tester 30 M



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Tabla 9 Pruebas de compresión

N.º prototipo	Medidas cm	Peso Kg.	Carga máxima compresión Kg.	Resistencia compresión kg/cm ²
I	10x10x10	6.746	33	3.3
II	10x10x10	6.936	40	4
III	10x10x10	5.551	30	3
IV	10x10x10	5.986	35	3,5
V	10x10x10	6.841	20	2

Nota. Esta tabla presenta los datos que se obtuvieron de las pruebas de ensayo a la compresión.

Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

En los ensayos a la compresión y los prototipos II y IV destacaron con mejores resultados en comparación con el testigo. Al comparar los resultados con el testigo, se observó que la presencia de fibra proporcionó una mayor resistencia. Además, durante la prueba, el testigo se desintegró por completo, mientras que los otros prototipos solo experimentaron compresión sin romperse, lo que evidencia la elasticidad aportada por la fibra al material.

Figura 23
Prototipo para ensayo a la compresión



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Transmitancia térmica

La evaluación de la conductividad térmica se basa en el estándar ISO 8302 y se llevó a cabo mediante el uso de un medidor de conductividad térmica de placa caliente. Los valores de conductividad térmica oscilaron entre 0,002 y 2,500 W/m-K, siendo 60 minutos el tiempo durante el cual se sometió el prototipo uno al ensayo.

Figura 24

Equipo para hacer el ensayo de conductividad térmica



Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Tabla 10

Ensayo a conductividad térmica

Nº. Prototipo	Medidas cm	Espesor cm	Peso g	Conductividad W/m-K
I	10x10	10	1428	0,120
II	10x10	10	1406	0,101
III	10x10	10	1030	0,09
IV	10x10	10	1228	0,08
V	10x10	10	1509	0,149

Nota. Esta tabla presenta los datos que se obtuvieron de las pruebas de ensayo a la conductividad térmica.

Elaborado por: Vidal, Stalin (2024)

Los resultados obtenidos de los prototipos generalmente son bajos en transmitancia térmica pero el prototipo III y IV demostraron una eficiente transmitancia térmica, incluso ligeramente inferior a la del yeso de referencia. Esto sugiere que estos prototipos son excelentes materiales aislantes térmicos, respaldando la conclusión de su eficacia en este aspecto.

CONCLUSIONES

- La investigación sobre el tumbado de yeso con fibra de coco sugiere que estos materiales presentan resultados prometedores, proporcionando una base sólida para la exploración de nuevos materiales con fibras naturales. Desde un enfoque teórico, se destaca que este material no solo exhibe elasticidad y flexibilidad, sino también una notable resistencia, lo que contribuye a mejorar las propiedades del yeso.
- Se concluye que las fibras aportan significativamente a la resistencia tanto en términos de compresión como de flexión. La baja transmitancia térmica observada sugiere que estos materiales son idóneos para su incorporación en construcciones de viviendas bioclimáticas, contribuyendo así a un mejor aislamiento térmico.
- La investigación sugiere continuar explorando y experimentando con diversas modificaciones para obtener resultados óptimos. En última instancia, se destaca que los prototipos con mayores porcentajes de fibras exhibieron un desempeño superior en las pruebas físicas y mecánicas, consolidando la relevancia de la incorporación de fibras en este tipo de compuestos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar la investigación sobre la integración de fibras en los materiales convencionales de construcción.
- Se sugiere la creación de nuevos materiales, centrándose especialmente en aprovechar la flexibilidad ofrecida por la fibra de coco.
- Además, se destaca la importancia de explorar el potencial de la fibra de coco maduro para mejorar el proceso de desfibrado.
- Se recomienda utilizar un molde desmontable en la elaboración de los prototipos de yeso, con el objetivo de evitar posibles daños durante el proceso de desmolde. Dado que el yeso es susceptible a dañarse al ser desmoldado, optar por un molde desmontable facilitará este paso sin comprometer la integridad del prototipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alavez-Ramirez, R., Chiñas-Castillo, F., Morales-Dominguez, V. J., & Ortiz-Guzman, M. (2012). Thermal conductivity of coconut fibre filled ferrocement sandwich panels. *Construction and Building Materials*, 37, 425–431. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2012.07.053>
- Alcaraz, J. S., Belda, I. M., Sanchis, E. J., & Gadea Borrell, J. M. (2019). Mechanical properties of plaster reinforced with yute fabrics. *Composites Part B: Engineering*, 178, 107390. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2019.107390>
- Alex Gavin, & Francisco Zaldumbide. (2018). *Aplicación de la caña guadua en cielos falsos con aislamiento termo acústico*. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9788/1/UDLA-EC-TTCD-2018-17.pdf>
- Ali, M., Liu, A., Sou, H., & Chouw, N. (2012). Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 30, 814–825. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2011.12.068>
- Araújo de Almeida, M., & Colombo, R. (2021). Construction of green roofs via using the substrates made from humus and green coconut fiber or sugarcane bagasse. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 22, 100477. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2021.100477>
- Chinta, S. K., Katkar, P. M., & Mirji, M. J. (2012). NATURAL FIBRES-REINFORCED IN FALSE CEILING. *International Journal of Advanced Research in IT and Engineering*. <https://garph.co.uk/IJARIE/Nov2012/5.pdf>
- De Brito, J., & Flores-Colen, I. (2015). Gypsum plasters. *Materials for Construction and Civil Engineering: Science, Processing, and Design*, 123–184. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08236-3_3/TABLES/12
- Echeverría Maggi, E., Dueñas Barberán, M., Abarca, J., & Andrade Chávez, V. (2024). *Louver of Coconut Fiber and Sawdust Bonded with Epoxy Resin*. 196–205. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52090-7_19
- Ejaz, M. F., Riaz, M. R., Azam, R., Hameed, R., Fatima, A., Deifalla, A. F., & Mohamed, A. M. (2022). Physico-Mechanical Characterization of Gypsum-Agricultural Waste Composites for Developing Eco-Friendly False Ceiling Tiles. *Sustainability 2022, Vol. 14, Page 9797*, 14(16), 9797. <https://doi.org/10.3390/SU14169797>
- Guinea, A., Playà, E., Rivero, L., Himi, M., & Bosch, R. (2010). Geoelectrical Classification of Gypsum Rocks. *Surveys in Geophysics*, 31(6), 557–580. <https://doi.org/10.1007/S10712-010-9107-X/FIGURES/15>
- Hadji Babacar, Khiari, R., & Ndiaye, D. (2022). The acoustic properties of coir coconut fiber. *Coir Fiber and Its Composites: Processing, Properties and Applications*, 359–372. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15186-6.00090-4>

- Hankhantod, P., Phoo-Ngernkham, T., & Krittacom, B. (2022). Development of sustainable gypsum board made from coconut and water hyacinth fibers. *Physics of Fluids*, 33, 45. <https://doi.org/10.1063/5.0115732>
- happhoadmin7. (2024). *¿Por qué es importante el diseño de falsos techos en una casa?* <https://happho.com/why-is-false-ceiling-design-important-in-a-house/>
- Jia, R., Wang, Q., & Feng, P. (2021a). A comprehensive overview of fibre-reinforced gypsum-based composites (FRGCs) in the construction field. *Composites Part B: Engineering*, 205, 108540. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2020.108540>
- Jia, R., Wang, Q., & Feng, P. (2021b). A comprehensive overview of fibre-reinforced gypsum-based composites (FRGCs) in the construction field. *Composites Part B: Engineering*, 205, 108540. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2020.108540>
- Karni, J., & Karni, E. (1995). Gypsum in construction: origin and properties. *Materials and Structures*, 28(2), 92–100. <https://doi.org/10.1007/BF02473176/METRICS>
- Krishnanunni, M., Kiran, M., Philipose, R., Elias Alex, A., & Rebith Nair, P. (2023). Characterisation of mechanical and thermal properties of copper slag filled composite material with and without coconut fibre. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.06.054>
- Li, Z., Wang, X., Yan, W., Ding, L., Liu, J., Wu, Z., & Huang, H. (2023). Physical and mechanical properties of gypsum-based composites reinforced with basalt, glass, and PVA fibers. *Journal of Building Engineering*, 64, 105640. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2022.105640>
- Lloor, M. C., Andrade, F., Lizarzaburu, L., & Masache, M. (2017). *Valoración económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/d80ae335-b3c9-41ae-90c6-ae426b167b67/content>
- Luis de Villanueva. (2004). *Vista de Evolución histórica de la construcción con yeso*. <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/434/507>
- Mishra, L., & Basu, G. (2020). Coconut fibre: its structure, properties and applications. *Handbook of Natural Fibres: Second Edition*, 1, 231–255. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818398-4.00010-4>
- Morales-Conde, M. J., Rodríguez-Liñán, C., & Pedreño-Rojas, M. A. (2016). Physical and mechanical properties of wood-gypsum composites from demolition material in rehabilitation works. *Construction and Building Materials*, 114, 6–14. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2016.03.137>
- Mucsi, Z. M., Hasan, K. M. F., Horváth, P. G., Bak, M., Hung Anh, L. D., Kóczán, Z., Bejő, L., & Alpár, T. (2024). Fabrication and characterization of lignocellulosic coconut and energy reed straw-reinforced methylene diphenyl diisocyanate-bonded sustainable insulation

panels. *Construction and Building Materials*, 414, 134992.
<https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2024.134992>

Noe Ramirez, Julian Falcones, & Lina Augusto. (2019). *ELABORACION DE PANELES DE REVESTIMIENTO PARA PAREDES A BASE DE FIBRA DE VIDRIO Y ESTOPA DE COCO PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*.
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3040/1/T-ULVR-2687.pdf>

Ordóñez Cristian, & Pesantez José. (2020). *Elaboración de un panel prefabricado de yeso con fibras naturales, como alternativa para acabado de la construcción de cielo raso y paredes*.

Popescu, D., Bienert, S., Schützenhofer, C., & Boazu, R. (2012). Impact of energy efficiency measures on the economic value of buildings. *Applied Energy*, 89(1), 454–463.
<https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2011.08.015>

Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, & María del Pilar Baptista. (2015). *Metodología_de_la_Investigacion_Sampieri*.

Sari, N. H., Suteja, S., Fudholi, A., Zamzuriadi, A., Sulistyowati, E. D., Pandiatmi, P., Sinarep, S., & Zainuri, A. (2021). Morphology and mechanical properties of coconut shell powder-filled untreated cornhusk fibre-unsaturated polyester composites. *Polymer*, 222, 123657.
<https://doi.org/10.1016/J.POLYMER.2021.123657>

Sharma, P., & Prasath Kumar, V. R. (2023). Fabrication of a sandwich panel by integrating coconut husk with polyurethane foam and optimization using R2. *Construction and Building Materials*, 409, 133929. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.133929>