



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador | Sede
Ambato

PUCE TEC
TECNOLOGÍA SUPERIOR EN CONSTRUCCIÓN

Tema:

**EVALUACIÓN DEL BAMBÚ EN ACABADOS, COMO REVESTIMIENTOS,
PISOS, TECHOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Tecnólogo
Superior en Construcción**

Línea de investigación:

CONSTRUCCIÓN, TECNOLOGÍAS, SEGURIDAD Y SOCIEDAD

Autor:

Edison Ernesto Barros Calapiña

Directora:

Mg. Verónica Cristina Oñate Oñate

Ambato - Ecuador

Marzo 2025

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo: **EDISON ERNESTO BARROS CALAPIÑA**, con cédula de ciudadanía **1804977807**, autor del trabajo de graduación titulado: "EVALUACIÓN DEL BAMBÚ EN ACABADOS, COMO REVESTIMIENTOS, PISOS, TECHOS EN LA CONSTRUCCIÓN", previa a la obtención del título de **TECNÓLOGO SUPERIOR EN CONSTRUCCIÓN**, en **PUCE TEC**.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE Ambato, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ambato, marzo 2025



Edison Ernesto Barros Calapiña

CC. 1804977807

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE AMBATO
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Tema:

EVALUACIÓN DEL BAMBÚ EN ACABADOS, COMO REVESTIMIENTOS, PISOS, TECHOS EN LA CONSTRUCCIÓN

Línea de investigación:

CONSTRUCCIÓN, TECNOLOGÍAS, SEGURIDAD Y SOCIEDAD

Autor:

Edison Ernesto Barros Calapiña

Verónica Cristina Oñate Oñate, Ing. Mg.

CC 1206607382

CALIFICADOR

Diego Sebastián Viera Pérez, Ing. Mg.

CALIFICADOR

Jorge Leonardo Vélez Brito, Ing. Mg.

CALIFICADOR

Daniel Marcelo Acurio Maldonado, Ing. Mg.

COORDINADOR GENERAL PUCE TEC

Diego Gonzalo Coca Chanalata, Dr.

SECRETARIO GENERAL PUCESA



f. _____



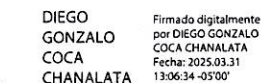
f. _____



f. _____



f. _____



f. _____

Ambato – Ecuador

Marzo 2025

DEDICATORIA

A mi Dios Todo Poderoso, por ser mi guía constante y mi fuente inagotable de fortaleza, sabiduría y amor. Gracias por iluminar mi camino y darme la paciencia y el coraje para alcanzar este logro.

A mi familia, mi pilar de apoyo incondicional. A mis padres por enseñarme los valores que me han guiado y por creer en mí en cada paso del camino. A mis hermanos, por su compañerismo y palabras de aliento cuando estaba por colapsar.

A mis hijos Danna y Said, mi mayor inspiración y motivo de esfuerzo. Gracias por ser la luz de mis días y por recordarme siempre la importancia de seguir adelante y alcanzar mis sueños. Este logro es para ustedes, con la esperanza de que siempre busquen y persigan sus propios sueños con pasión y dedicación.

Y, finalmente, a las personas que me motivaron desde el inicio hasta los últimos momentos y cuyo apoyo inquebrantable y palabras de aliento fueron esenciales para que pudiera culminar este proyecto. Su confianza en mí y su constante empuje me dieron la fuerza que necesitaba para hacer realidad este sueño.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ambato, por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios y proporcionarme las herramientas necesarias para lograr este objetivo.

Agradezco al Municipio de Ambato por permitirme realizar mis prácticas profesionales, lo cual fue esencial para mi formación y desarrollo académico.

Mi gratitud se extiende a mi directora de tesis, la ingeniera Verónica Oñate, por su invaluable guía, apoyo y paciencia a lo largo de este proceso. Su experiencia y dedicación fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo.

A mis abuelos y padres, cuyo amor incondicional, y apoyo constante me han dado la fuerza y la determinación para alcanzar mis metas. A mis hijos, quienes son mi mayor inspiración y motivación para seguir adelante cada día.

Finalmente, a mis compañeros, quienes compartieron este viaje conmigo y aportaron con su amistad y colaboración en todo momento.

RESUMEN

El objetivo general es evaluar el bambú en acabados, como revestimientos, pisos, techos en la construcción, como problema se indica que no existe una alternativa viable y ampliamente aceptada a los revestimientos convencionales que combine un desempeño similar o superior en cuanto a resistencia, durabilidad y propiedades térmicas, con un menor impacto ambiental. Este estudio resulta indispensable por varios elementos de construcción ecológica que enfrentan desafíos ambientales y económicos.

Este estudio es esencial para establecer si el bambú cumple con los requerimientos técnicos de robustez, resistencia y flexibilidad, fomentando una transición hacia técnicas de edificación más amigables con el entorno. Este estudio valora al bambú de manera relevante económica y social, dado que su promoción puede generar puestos de trabajo, estimular actividades económicas locales y reducir los costos de los materiales.

La metodología para emplear es el enfoque mixto, de tipo cualitativo y cuantitativo. Los estudios para utilizar son experimental, descriptivo y aplicado; la modalidad de investigación es de campo y bibliográfica – documental. Se concluye que la planta de bambú tiene un esfuerzo máximo que es de 1.98 MPa, con una deformación máxima de 0.03 y un % de humedad de 10.67; la cual es un elemento ecológico, respetuoso con el medio ambiente y de fácil acceso en áreas de gran crecimiento, perfecto para proyectos de construcción ecológicos.

Palabras clave: bambú, alternativa viable, revestimiento, menor impacto ambiental, usos decorativos.

ABSTRACT

The overall objective of this study is to evaluate bamboo as a material for cladding, flooring, and roofing in construction. There is a pressing need for a viable and widely accepted alternative to conventional cladding that offers comparable or superior performance in terms of strength, durability, and thermal properties while having a lower environmental impact. This research is essential for addressing various elements of green building that face both environmental and economic challenges.

The study aims to determine whether bamboo meets the technical requirements for robustness, strength, and flexibility, thereby promoting a shift towards more environmentally friendly construction techniques. Additionally, the promotion of bamboo is economically and socially significant, as it can create jobs, stimulate local economic activities, and reduce material costs.

The methodology employed will include a mixed qualitative and quantitative approach. The studies will be experimental, descriptive, and applied, with research conducted in both field and bibliographic-documentary contexts. Preliminary results indicate that bamboo has a maximum strength of 1.98 MPa, a maximum deformation of 0.03, and a moisture content of 10.67%. This makes bamboo an ecological material that is environmentally friendly and readily accessible in regions with abundant growth, making it ideal for sustainable construction projects.

Keywords: *bamboo, viable alternative, cladding, less environmental impact, decorative uses*

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA	5
1.1. Bambú.....	5
1.2. Propiedades físicas y mecánicas del bambú como material de construcción..	9
1.3. Tratamientos y técnicas de procesamiento y trabajo del bambú	12
1.4. Impacto ambiental del uso del bambú	15
CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO	16
2.1. Enfoque, tipos y modalidad de investigación.....	16
2.2. Grupo de estudio	18
2.3. El procesamiento y análisis de la información.....	19
CAPÍTULO III. PROPUESTA	29
3.1. Planteamiento del modelo de intervención	29
3.2. Presentación de resultados experimentales	32
3.3. Validación / Comprobación de hipótesis	43
3.4. Evaluación o desarrollo de los resultados prácticos generales o parciales de la propuesta	49
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54

INTRODUCCIÓN

Esta investigación permite examinar las características y el desempeño del bambú como material alternativo para acabados en la edificación, valorando su resistencia, durabilidad, elasticidad y estabilidad dimensional. Para ello, es necesario evaluar el efecto ambiental del bambú en contraste con materiales tradicionales, que pueden abarcar pruebas prácticas y simulaciones de diversos tipos de entornos, subrayando su eficacia en diferentes condiciones meteorológicas.

Como antecedentes teóricos se indica que: El bambú se distingue por su estructura fibrosa, gran resistividad y capacidad de flexibilidad, lo que lo convierte en idóneo para la edificación y usos sustentables. Principalmente, su composición consta de celulosa, hemicelulosa y lignina, elementos que proporcionan estabilidad estructural y habilidad para resistir tensiones (Llaven y Castañeda, 2023).

También el bambú posee notables características de tipo mecánico y químicos que lo establecen como un material ecológico y adaptable en la edificación. En términos mecánicos, su resistividad a la tracción se asemeja a la del acero, lo que le otorga la denominación de "acero vegetal". En términos químicos, su composición fibrosa con un elevado contenido de celulosa y lignina le proporciona resistencia y flexibilidad, fundamentales para resistir cargas estructurales (Peciña, 2023),

Se dice que la arquitectura común del bambú sobre sale sobre la aplicación en construcciones locales, propias de las circunstancias climáticas algunas. Este material se aprecia por su capacidad de sostenibilidad y adaptabilidad. Por otro lado, la modernidad lo integra en diseños creativos, destacando su resistencia y su reducido impacto en el medio ambiente. La fusión de ambos métodos posibilita el uso de las características del bambú en obras modernas, fomentando prácticas de edificación responsables (Sáenz, 2023).

Como antecedentes prácticos se indica que: Se afirma que las vivencias en acabados arquitectónicos en cuanto a la recuperación adaptable y tácticas de flexibilidad en la arquitectura del hogar. Se tratan métodos de compuestos flexibles y reutilizables para potenciar la sustentabilidad y adaptabilidad de las edificaciones en Loja, Ecuador, destacando acciones que facilitan la alteración de los espacios con el fin de extender la durabilidad de las edificaciones (Burneo, 2021).

Según los pisos de bambú han cobrado fama debido a su belleza y rigidez, equiparable a la estructura de roble o nogal. Investigaciones prácticas indican que, con tratamientos correctos de moldeado y acabado, los suelos de bambú logran soportar el deterioro cotidiano en viviendas y oficinas. La industria de la edificación ha empezado a proporcionar superficies de bambú compuesto, resaltando su capacidad frente a golpes y su sencillez en el conservación (Iñiguez, 2023).

Finalmente, se detalla que las normas para la edificación con bambú comprenden estándares internacionales, como la ISO 22157, destinadas a valorar las características técnicas y mecánicas del recurso. En Colombia, ICONTEC ha elaborado regulaciones como la NTC-5525 y la NTC-5407, en cambio, Ecuador dispone de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Perú utiliza la Norma Técnica E-100. Estas normativas se enfocan en garantizar la resistencia, la creación de uniones y la sostenibilidad en la aplicación del bambú (José, 2019).

La situación problemática del estudio se da, de una inexistencia de una alternativa viable y ampliamente aceptada a los revestimientos convencionales que combine un desempeño similar o superior en cuanto a resistencia, durabilidad y propiedades térmicas, con un menor impacto ambiental. En particular, no se ha evaluado de manera exhaustiva el potencial de los revestimientos elaborados a base de fibras de bambú como una solución sostenible y eficiente para sustituir a los acabados tradicionales (Torres et al., 2019).

A pesar de los avances en la búsqueda de materiales de construcción sostenibles, aún no se ha logrado desarrollar revestimientos a base de fibras de bambú que puedan superar las limitaciones de los enlucidos convencionales y ofrecer una

alternativa igualmente eficaz y duradera para su aplicación en la construcción (Ordóñez et al., 2020). Los revestimientos a base de fibras de bambú se presentan como una posible alternativa, considerando propiedades como resistencia, durabilidad, pero aún no se ha evaluado de manera exhaustiva su potencial para cumplir con los requisitos de la construcción (Torres et al., 2019).

El planteamiento de problema es: ¿De qué manera el empleo del bambú en terminaciones arquitectónicas afecta la estética, la eficiencia térmica y el efecto ambiental en proyectos de edificación?

Objetivo general: Evaluar el bambú en acabados, como revestimientos, pisos, techos en la construcción a través de ensayos de resistencia, comparándolas con otros materiales, con el propósito de determinar su viabilidad, ventajas y desventajas.

Objetivos específicos son:

1. Identificar las diferentes especies de bambú utilizadas en la construcción y sus características principales.
2. Analizar las propiedades de los revestimientos a base de bambú con las de los revestimientos convencionales.
3. Evaluar las propiedades físicas, mecánicas y estéticas del bambú utilizado en acabados de construcción, como revestimientos, pisos y techos, con el fin de determinar su viabilidad técnica y sostenibilidad frente a materiales convencionales.

La metodología a efectuar, se da en función de un estudio, el cual trata de una metodología experimental y cuantitativa, pues maneja variables independientes (varias formulaciones de revestimientos basados en bambú) para examinar y evaluar su impacto en variables dependientes, como la resistencia y la permeabilidad. (Cueva et al., 2023).

El método de investigación será experimental, centrado en la alteración de variables para evaluar el desempeño de los cubrimientos de bambú. Las técnicas de recolección de información incluyen pruebas específicas que valorarán las propiedades a nivel físico y mecánicas de los revestimientos. Posteriormente, se realizará un análisis de los datos mediante herramientas estadísticas descriptivas (promedio, desviación estándar) y deductivas, como el análisis de varianza y los ensayos comparativas de medias. Los descubrimientos se presentarán en cuadros y esquemas para su diagnóstico y discusión, fundamentados en los objetivos establecidos (Cueva et al., 2023).

Como justificación se tiene que: esta investigación es esencial debido a varios componentes de edificación ecológica que se enfrentan a retos ambientales y económicos. El bambú tiene un potencial significativo como alternativa frente a materiales convencionales de alta demanda e impacto ecológico, como la construcción tradicional y el hormigón. Este análisis es crucial para determinar si el bambú satisface los requisitos técnicos de rigidez, resistencia y flexibilidad, promoviendo un cambio hacia métodos de construcción más respetuosos con el medio ambiente.

El bambú es un material de rápida expansión y fácil acceso en varias zonas, y su uso como material de edificación puede sustituir materiales tradicionales de gran impacto ecológico, sin poner en riesgo la calidad o la confiabilidad de las construcciones. Este análisis aprecia al bambú de forma significativa económica y social, su fomento puede crear empleos, fomentar proyectos económicos locales y disminuir los gastos asociados a los materiales.

CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA

1.1. Bambú

El Bambú en cada una de sus formas simboliza una de las especies botánicas más extensas y significativas para el ciudadano, con múltiples usos y aplicaciones citados en diferentes culturas. Son el único grupo de gramíneas creadas para crear bosques, demostrando una notable habilidad para adaptarse a diferentes tipos de terrenos y ambientes.

Se encuentran naturalmente dispersos en una amplia región geográfica que abarca principalmente tres grandes zonas; la mayor parte el continente americano, así como el africano subsahariana y una amplia zona de Asia. Se pueden hallar fósiles de hojas y polen de Bambú en Europa, sin embargo, hoy en día ya no existe ninguna especie endémica en este continente (Aguilar, 2019).

La estructura anatómica del bambú es usada para conservar la flexibilidad, durabilidad y elasticidad (Pin et al., 2019). Por lo que según Pin et al. (2019), los elementos anatómicos del bambú son:

1. Vasos vasculares: Son aquellos que se reparten a lo largo de la superficie del tallo, facilitando un desplazamiento eficaz de agua y aporte nutricional. Estos vasos posibilitan que el bambú se desarrolle de manera veloz, absorbiendo las energías requeridas para su crecimiento, lo que lo convierte en un compuesto sumamente firme y al mismo tiempo leve.
2. Fibras: Es la parte principal que está ubicada en la parte externa del tallo, las fibras de bambú contribuyen a brindarle su asombrosa fuerza a la tracción. Estas fibras de longitud y alta densidad estructural hacen posible que el bambú aguante pesos elevados sin romperse, lo que es una de las propiedades más sobresalientes que lo convierte en idóneo para la edificación y otros usos.

3. Parénquima: Este es el segmento del bambú que funciona como almacenamiento de nutrientes. Está ubicado en medio de los haces vasculares y se distingue por poseer células que guardan agua y sustancias nutritivas. Aparte de favorecer la elasticidad del bambú, el compuesto perinquinoso contribuye a la distribución eficaz de los componentes a través de la planta, promoviendo su desarrollo y adaptación en diferentes condiciones climáticas y del entorno.

Según Cajigas et al. (2020), el bambú presenta numerosas ventajas que son:

1. El bambú es un recurso reutilizable que se desarrolla velozmente, llegando a su madurez en tan solo 3 a 5 años, en contraste con los 20 a 80 años que se caracteriza por requerir la madera convencional. También, su cultivo no necesita de grandes cargas de fertilizaciones ni insecticidas, lo que lo hace una alternativa más respetuosa con el medio ambiente.
2. Aunque el bambú es liviano, posee una gran capacidad de resistir a la tracción y a la compresión, lo que lo convierte en perfecto para construcciones que necesitan flexibilidad y potencia. Su estructura celular le otorga características parecidas a las del acero, lo que lo transforma en un material sólido y resistente.
3. El bambú presenta excelentes características de aislamiento térmico y sonoro, contribuyendo a conservar temperaturas interiores confortables y a disminuir el ruido, incrementando de esta manera la comodidad en los lugares de residencia.
4. Su desarrollo ayuda a disminuir la concentración de dióxido de carbono en el aire, dado que el bambú percibe más CO₂ que numerosos árboles. También, su acopio no conlleva la aniquilación del ecosistema, dado que es posible recolectar sin perjudicar la planta madre.

5. El bambú tiene múltiples usos, desde construcciones de edificación e inmuebles, donde se da uso a los revestimientos, pisos y decoración. Su belleza ecológica además lo hace una elección frecuente en el desarrollo tanto interior como exterior.
6. El bambú, por su rápido desarrollo y su fácil cultivo, puede resultar más asequible en comparación con los compuestos de construcción convencionales. Esto podría resultar en un economización considerable en proyectos de edificación.
7. El bambú es bastante sencillo de realizar un corte, moldear y montar, lo que simplifica su aplicación en iniciativas de edificación y diseño. También, será posible ser tratado para incrementar su capacidad de resistir el agua y los insectos.
8. El bambú posee un carácter estético singular que podría proporcionar un matiz ecológico y sofisticado a cualquier lugar, lo que lo hace muy apreciado en el diseño actual.

Según Muscio (2020), las clases de bambú son:

- Bambú Moso (*Phyllostachys edulis*): Se origina en China, donde se destaca las especies más valoradas a nivel mundial. Esta extraordinaria planta es famosa por su extraordinaria capacidad de crecimiento, que puede alcanzar más de 1 m de longitud únicamente en un día si se conservan las condiciones adecuadas. Su crecimiento gradual y potente lo convierte en una opción sustentable para múltiples usos. Este bambú, que puede llegar a tener dimensiones de alrededor de 25 m, no solo proporciona un paisaje impresionante, sino que también una madera de alta calidad, muy valorada en el ámbito de la construcción.
- Bambú Guadua (*Guadua angustifolia*): Estamos hablando de una clase nativa de Latinoamérica, particularmente frecuente en países como

Colombia y Ecuador. Se distingue por su excepcional resistencia y adaptabilidad, características que lo hacen muy valorado en el sector de la construcción. Su capacidad para soportar pesos considerables y resistir condiciones climáticas adversas lo convierte en una opción favorita para la construcción de puentes e inmuebles en áreas donde la aplicación de materiales tradicionales puede ser limitada.

- **Bambú Gigante (*Dendrocalamus giganteus*):** Es una familia colosal, procedente de zonas mediterráneas con climas subtropicales, con una comunidad compacta, procedente del sudeste asiático. Se trata de una de las múltiples descendencias de bambú más extensas a nivel global.

Es el bambú de gran tamaño, con matices de verde grisáceo, que crece en grupos con múltiples culmos que se encuentran muy próximos, y normalmente puede llegar a tener una longitud de 30 m, aunque un grupo destacado en Arunachal Pradesh, que es territorio de India, logró 42 m. En situaciones favorables, puede aumentar hasta 4 dm al día. Se siembra desde grados bajos hasta elevados, generalmente a través de ríos y en espacios verdes de la familia. Ella está ubicada en Bangladés, India y Sri Lanka, además de países del al sureste del continente asiáticos como Indonesia, Myanmar e Indonesia.

- **Bambú Negro (*Phyllostachys nigra*):** Es un cautivador abeto perenne que se distingue por sus cañas únicas que cambian de color desde un verde intenso hasta un negro brillante y resplandeciente conforme se desarrollan. Este bambú es altamente valorado tanto por profesionales del paisaje como por constructores de interiores debido a su espectacular color y estructura refinada, lo que lo convierte en una opción habitual para jardines modernos y zonas urbanas.
- **Bambú de la Suerte (*Dracaena sandariana*):** Estas especies no pertenece a la familia de los bambúes originales, pero se le conoce por su apariencia parecida y su uso en la cultura asiática. Este tipo, también conocido como

Dracaena sanderiana, se caracteriza por su tallo de estructura recta y sus hojas de un tono verde alargado, que a menudo se congregan en un estilo estilizado. Se le denomina planta decorativa, que no solo distingue la belleza del ambiente, sino que también tiene propiedades de purificación del aire. En diversas costumbres, se cree que esta planta brinda prosperidad y abundancia a quienes la tienen, convirtiéndola en un obsequio común en diversas celebraciones.

- Bambú Enano (*Pleioblastus pygmaeus*): Se trata de un arbusto de forma recta y de gran flexibilidad. Se caracteriza principalmente por la ubicación de las hojas a una esquina, agrupadas en 5 hojas, formando las figuras de palmeras, con un intenso tono verde y, principalmente, con un tallo poco flexible. Aunque tolera la sombra, además es recomendable que se halle en ambientes con luz solar, si no, los tallos tienden a extenderse, hasta donde las ramas con sus hojas se desintegran. Se puede podar entre 1 y 3 ocasiones anuales.

Es un bambú enano, perfecto para desarrollar jardines o terrenos de pasto gracias a su gran capacidad de adaptación, aunque también puede utilizarse en áreas verdes, rocallas o setos de tamaño reducido. Además, es altamente aconsejable para utilizarse en taludes, gracias a su magnífica adherencia a suelos, y en las orillas de carreteras.

1.2. Propiedades físicas y mecánicas del bambú como material de construcción

Según Varela et al. (2022), las propiedades físicas más comunes del bambú son:

1. Densidad: Es un indicador físico que ofrece datos acerca de la masa de una muestra o un organismo dividida por su volumen: es decir, la adecuación de las moléculas de un material en el espacio. Las densidades del bambú son:

Tabla 1. Densidades según el bambú

Especie	Db mínima (kg/m³)	Db, máxima (kg/m³)
Guadúa aculeata	370	920
Varias	500	900
Guadua angustifolia	620	900
Dendrocalamus asper	560	700
Bambusa heterostachya	390	580
Bambusa vulgaris	690	840
Bambusa blumeana	390	590
Chusquea culeou	550	690
Gigantochloa levis	470	800

Fuente: (Zaragoza et al., 2015)

Donde las propiedades mecánicas más comunes según Zaragoza et al. (2015), son:

1. **Humedad:** La humedad es una característica que define la cantidad de vapor de agua en un gas, que puede manifestarse en diversas magnitudes.
2. **Elasticidad:** Es una de las características más destacadas del bambú, que se basa en su fuerte relación entre capacidad de refuerzo y masa del bambú, lo que le otorga una elasticidad significativa. Esta propiedad permite que el bambú aguante cargas considerables sin experimentar deformaciones duraderas, un elemento esencial en la construcción de estructuras que requieren tanto flexibilidad como solidez.
3. **Resistencia a la tracción:** El bambú exhibe una extraordinaria resistencia a la tracción, similar a la del acero. Esta característica lo convierte en el material perfecto para la construcción de estructuras que necesitan no solo flexibilidad, sino también una resistencia considerable, garantizando así la fiabilidad y la solidez en su uso.

Mientras que Rodríguez et al. (2023), dice que las propiedades mecánicas del bambú son:

1. **Compresión:** El bambú exhibe una destacada resistencia a la compresión, lo cual lo hace un elemento muy apropiado para construcciones que requieren resistir esfuerzos verticales considerables. Esta habilidad para afrontar cargas

de compresión lo convierte en perfecto para usos en la edificación, donde es esencial asegurar la confiabilidad y la protección de los edificios.

2. Cizallamiento: La capacidad del bambú para resistir el cizallamiento es simultáneamente beneficiosa, lo que le facilita gestionar eficientemente las cargas que se encuentran alineadas a su longitud. Esta característica es vital en edificaciones que necesitan afrontar cargas laterales, como tormentas o desplazamientos sísmicos, garantizando de esta manera la solidez y la longevidad de las construcciones hechas con este elemento.
3. Durabilidad: Pese a su robustez, el bambú puede ser vulnerable a la plaga de insectos y a la degradación, lo que podría poner en riesgo su durabilidad. No obstante, el uso de tratamientos apropiados, como la aplicación con sustancias químicas específicas, puede incrementar notablemente su resistencia a estos inconvenientes, prolongando su durabilidad y convirtiéndolo en una alternativa más factible para la edificación en diferentes condiciones ecológicas.
4. Comportamiento en condiciones ambientales: El bambú reacciona positivamente ante las distintas alternativas como son la temperatura y humedad, ajustándose a las fluctuaciones del ambiente. Sin embargo, es crucial considerar que las fluctuaciones severas en estas circunstancias pueden perjudicar su independencia estructural. Así pues, es crucial tener en cuenta el contexto en el que se empleará el bambú para asegurar su máximo desempeño y extender su vida útil. Por lo que las propiedades del bambú son:

Tabla 2. Propiedades del bambú

Descripción	Mínimo	Máximo
Densidad (kg/m ³)	500	900
Resistencia a la tracción (MPa)	100	400
Resistencia a la compresión (MPa)	40	80
Módulo de elasticidad (GPa)	10	20
Dureza (N)	900	1100

Fuente: (Rodríguez et al., 2023)

1.3. Tratamientos y técnicas de procesamiento y trabajo del bambú

El tratamiento del bambú, se lo conoce también como el tratamiento de calidad; en la cual se debe eliminar los azúcares del bambú para garantizar su resistencia frente a termitas, insectos y hongos. Por lo que este método más fiable es el empleo de boratos, dándose de diversas técnicas para infiltrar boratos en los tejidos de bambú, no obstante, el método más eficaz es sumergir el bambú en la solución de borato (Cortez et al., 2019). Por lo que según Cortez et al. (2019), los tratamientos que comúnmente se da al bambú son:

1. **Secado:** Este procedimiento suprime la humedad dentro del bambú. El cual es posible que sea al aire libre, bajo sombra o en hornos específicos. El secado disminuye la posibilidad de debilitaciones, agrietamientos y evita la aparición de hongos, mejorando su firmeza para la edificación o producción de mobiliario.
2. **Impregnación química:** El bambú es inmerso en compuestos de boro, arsénico o en conservadores fabricados con cobre o sales de boro. Estas medidas preventivas resguardan frente a plagas como insectos tropicales e insectos volcánicos. El uso es capaz de realizarse a través de una constante infiltración o tensión en depósitos de agua.
3. **Inmersión en agua o ahumado:** La inmersión en agua fluvial, ya sea en ríos o lagos, facilita la eliminación de los compuestos azucarados naturales, evitando de esta manera el ataque de bichos. De manera tradicional, el ahumado en pueblos asimismo consigue este hallazgo, suministrando al bambú con componentes volátiles del humo, proporcionando así una cierta cobertura a los hongos.
4. **Tratamientos térmicos:** Se trata de someter de manera supervisada el bambú a elevadas temperaturas. Este procedimiento, denominado "termo tratamiento" equilibra las fibras internas, incrementando su tensión al fuego, y disminuye la humedad de equilibrio, impidiendo que el bambú se contraiga o se expanda.

5. Curado en barro o cal: En ciertos sitios, el bambú es sumergido en cal o barro previo de ser empleado en edificaciones. Esto ofrece una capa de resguardo ecológico que prolonga la durabilidad del compuesto, volviéndolo más eficiente a situaciones húmedas y a las condiciones climáticas adversas. Las técnicas mayormente aplicadas, para el trabajo en bambú, según Jaramillo (2018) son:

a) Curvado con vapor

Este es un procedimiento habitual de reblandecimiento de las maderas, reemplazando la subducción en agua para su curvatura, lo que provoca que el compuesto se torne flexible y pueda adoptar aspectos irregulares sin que se fracturen las fibras. El procedimiento de humedecimiento se lleva a cabo en una cámara de vapor para facilitar la penetración del vapor en las fibras. Se aconseja emplear una plantilla que es capaz de ser moldeada en un machimbre o como canal, donde la pieza de caña se inserta y adopta la forma correspondiente. Es necesario permitir que esto se seque en el molde a lo largo de varios días para que conserve su consistencia y no se tuerce.

b) Curvado con calor y arena

Este procedimiento de curvado se realiza con el objetivo de preservar la forma cilíndrica del compuesto al máximo, la arena crea un compuesto en el área interno de la caña y el calor suaviza la lignina del material, lo que le proporciona flexibilidad.

Este proceso se realiza añadiendo agua a través de un paño mojado, lo que permite que el material se hidrate, no se quemé y no se parta. Alrededor de los 200 °C, la lignina en la Guadua A.K. empieza a deteriorarse, lo que implica que es necesario exceder esta temperatura para optimizar la flexibilidad del material y crear formas curvadas con más facilidad. Este es un procedimiento muy parecido al empleado para curvar tubos de acero, cualquier área redonda que se convierte en una curva produce imperfecciones en su lado interior.

c) Curvado mediante latilla y calor

Este procedimiento es el que revela los hallazgos más críticos, es el método hallado en los puntos de vista previamente analizados. No se estima una técnica de curvado, sino una de unión, dado que se emplea para unir una caña con otra, creando una pieza curvada de material. Se denomina unión sincho o unión por articulación de tope doble.

Para llevar a cabo este procedimiento, es necesario retirar el material en las secciones a curvar del cilindro para formar una latilla en un costado. Es necesario disminuir su grosor para prevenir fisuras causadas por la fricción de las fibras. En esta latilla, se puede producir un laminado una vez curvado para obtener un poco de grosor y firmeza. Estas piezas extra son latillas que se acoplan una a otra.

d) Curvado mediante cortes

Es el procedimiento de curvatura que requiere una serie de cortes en forma de V, lo que facilita que el compuesto que se encuentra entre los cortes se comprima y la latilla sobrante produzca la curva. Este proceso sirve para llevarse a cabo en caña seca, quedando uno de los mayores beneficios de este método, en el que los cortes no poseen una medida máxima o mínima y son producidos al ojo, por decirlo de alguna manera.

Asimismo, propone que para conseguir resultados más favorables, se debe llevar hacia el procedimiento en material verde, dado que el agua presente proporciona mayor versatilidad al material. Esto se aplica frecuentemente en construcciones arquitectónicas, de modo que las curvas producidas carecen de un acabado atractivo.

e) Curvado durante el crecimiento

Esta es una de las técnicas más innovadoras que existen, resultando la primera en considerar la creación de fragmentos pre curvadas previo de la cosecha, normalizando formas, aplicaciones y proponiendo un material totalmente funcional en la producción de variados productos. Esta metodología requiere de moldes que faciliten el crecimiento de la planta al ser dirigida por él, evitando que la fibra se

comprima al momento de recolectarla.

Estos procedimientos se están implementando y se están estudiando para determinar los pasos y propiedades del material requeridos para que la estructura reaccione de forma correcta.

1.4. Impacto ambiental del uso del bambú

La utilización del bambú como material de edificación brinda numerosos beneficios para el medio ambiente. Su rápido desarrollo y gran capacidad para absorber CO₂ aportan de manera normativa a la disminución de gases de efecto invernadero. Aparte de eso, el bambú contribuye a evitar la erosión del terreno, optimiza la calidad del agua y fomenta la biodiversidad al ofrecer hábitats para diferentes especies. Su fabricación demanda menos energía en comparación con materiales convencionales como el cemento o el acero, reduciendo así la huella de carbono vinculada a la edificación. Por lo tanto, el bambú es visto como una opción ecológica y sustentable en el sector de la edificación (Gómez et al., 2020).

El bambú es visto como una alternativa ecológica por su reducido impacto en el medio ambiente en contraste con los materiales de construcción convencionales. Su acelerado desarrollo lo transforma en una fuente de energía sostenible, con el fin de que su habilidad para absorber CO₂ ayuda a combatir el cambio climático. En efecto, el cultivo del bambú no necesita el empleo intensivo de sustancias químicas ni grandes volúmenes de agua, lo que lo convierte en un cultivo aún más sustentable. Es una opción factible para las edificaciones del siglo XXI (Peciña, 2023).

CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque, tipos y modalidad de investigación

El enfoque a emplear es el tipo mixto, porque fusionan una visión cualitativa (cuanli) y cuantitativa (cuanti) en una única investigación, con la finalidad de proporcionar un análisis más detallado cuando las cuestiones de estudio son complicadas. Consiguiendo una visión más detallada y extensa de los fenómenos. Formulando el problema de manera más nítida y descubriendo la efectividad de tratarlo, tanto teóricamente como prácticamente. Generando la información más diversa a través de la variedad de observaciones.

Este método implica recolectar, examinar e incorporar tanto estudios cuantitativos como cualitativos. Por lo que se aplica cuando se necesita un mejor entendimiento del problema del estudio, y que no sería posible proporcionar cada uno de estos procedimientos de manera individual (Cueva et al., 2023).

El presente estudio analiza los tipos de investigación, como son el experimental, descriptivo y aplicado; generando conocimientos; por lo que se describen las características y propiedades del bambú; analizando además las pruebas de resistencia o durabilidad bajo ciertas condiciones de esfuerzos, los cuales indican que.

La investigación experimental se refiere a un estudio llevado a cabo con una metodología descrita, donde una serie de variables se conservan inalterables, evaluándose la otra como objeto del experimento. En los que el equipo de investigación gestiona el factor, determinando qué el elemento de la intervención se va a evaluar, junto con la manera en que la que se ejecutará, siguiendo un programa previamente establecido (Ramos, 2021).

La investigación descriptiva se trata de un análisis que es aquel en el que se recopila la información sin alterar el ambiente (es decir, no se realiza ninguna manipulación). Se ocupa de detallar las particularidades del entorno que está

analizando. Así se define la investigación, como la que facilita el registro, análisis e interpretación de la naturaleza presente y la composición o tratamiento de los fenómenos. Por lo tanto, pueden utilizarse de diversas maneras, pero las más habituales son: determinar características presentes (Guevara et al., 2020).

La investigación aplicada se ejecuta para establecer los posibles usos de los hallazgos definidos, a fin de identificar nuevos procedimientos o maneras de lograr metas concretas previamente establecidas. Así pues, esta se encarga de definir una serie de técnicas, métodos y procesos requeridos para llevar a cabo una investigación formal. En otras palabras, esta metodología de estudio es el método más efectivo para garantizar que un estudio sea consistente y exactos (Guevara et al., 2020).

Las modalidades de la Investigación a aplicarse son: La investigación de campo, que tiene como meta recolectar información de fuentes directas, mediante una observación organizada y la implementación de varios instrumentos previamente diseñados, como cuestionarios, entrevistas, análisis de casos, entre otros. Por lo que significa que cualquier aplicación en el ámbito del estudio científico o comercial, implica el tratamiento de individuos de distinta forma para toda condición, que involucra el diagnóstico, la prueba o la identificación, definida en un riesgo o susceptibilidad a la misma, o el avance (Cueva et al., 2023).

La Investigación Bibliográfica-Documental, que es un tipo de estudio que utiliza la literatura antes publicada y escrita acerca de un tema determinado. Esta capacidad permite fundamentar las variables de manera teórica y científica al consultar libros, textos y folletos en los diversos recursos bibliográficos, de modo que todos tengan un soporte para realizar un trabajo de calidad (Zorrilla, 2021). Este tipo de investigación se aplica en el estudio, al aplicarse la investigación en libros, artículos, artículos de investigación, entre otros.

2.2. Grupo de estudio

El grupo de estudio está enfocado en personas que trabajan en la construcción, donde las encuestas buscan participantes que determinen la valoración del bambú en acabados, tales como revestimientos, pisos y techos en la edificación. Aunque la muestra representa un subgrupo de la población adquirido a través de un muestreo.

En términos de población, se hace referencia a personas, instituciones, documentos, hechos, entre otros, que participan en el fenómeno que fue definido y delimitado en el análisis del problema de investigación y a los que se aplican las conclusiones extraídas, que tiene la propiedad examinada, encontrada y clasificada (Zorrilla, 2021). Los sujetos del estudio que se dan, están en la población de 30 personas, que laboran en un grupo de trabajo, perteneciente a la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano, del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad de Ambato. Por lo que la muestra a encuesta es una parte referencial de la población detallada anteriormente. Por lo que esta es:

$$n = \frac{N \times \sigma^2 \times Z^2}{(N - 1)E^2 + \sigma^2 \times Z^2}$$

Donde: Tamaño de la muestra se representa con n ; la varianza con σ , la probabilidad de éxito es $p = 0.5$, la probabilidad de fracaso es $q = 0.5$, mientras que el tamaño de la población es $N = 30$ personas, con un error admisible = $E = 9\%$ que es el 0.09, mientras que su nivel de confianza deseada es $Z = 99\%$ la cual es 2.575 según la Tabla 3.

Tabla 3: Calificación Z en base al Nivel de confianza

Nivel de confianza	Calificación Z
0.90	1.645
0.95	1.96
0.98	2.33
0.99	2.575

Fuente: (Murray & Larry, 2009)

Determinando:

$$n = \frac{30 \times 0.5^2 \times 2.575^2}{(30 - 1) \times 0.09^2 + 0.5^2 \times 2.575^2} = 26.3 \approx 27 \text{ personas}$$

La técnica de recolección de la información es la encuesta, que es utilizada, en un método de investigación y recolección de datos empleado para recopilar información de individuos sobre diferentes temas, presentada en preguntas cerradas. Como instrumento se tiene el cuestionario, el cual es un documento que consta de un grupo de preguntas que tienen que ser formuladas de manera consistente, ordenada, secuenciada y estructurada, siguiendo una planificación específica, con el objetivo de que sus resultados proporcionen toda la información requerida (Ávila et al., 2020).

2.3.El procesamiento y análisis de la información

Para este estudio, se ha implementado una encuesta realizada a las personas que laboran en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano, del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad de Ambato, obteniéndose los siguientes resultados que son:

Información general del encuestado

1. ¿Cuál es su ocupación?

Gráfico 1. Pregunta 1, relacionado con la ocupación



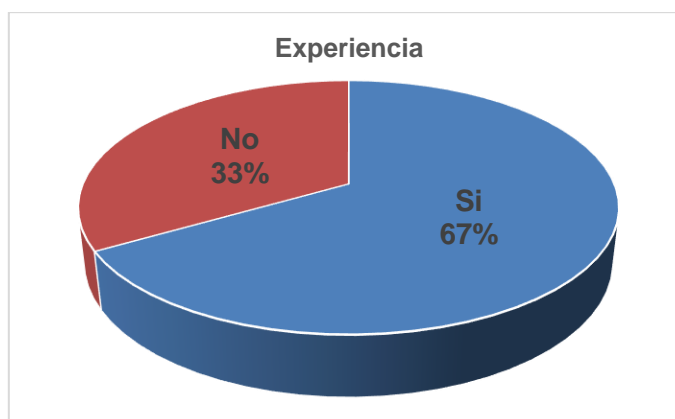
Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 48% dijeron que son ingenieros civiles, el 30% arquitectos, el 22% constructores y 0% otros. En términos generales, estos hallazgos indican que los puntos de vista recogidos representan una visión sólidamente respaldada desde los roles principales del sector, lo que refuerza la confiabilidad de las conclusiones respecto al empleo del bambú en terminados de edificaciones.

2. ¿Tiene experiencia previa en el uso de bambú en construcción?

Gráfico 2. Pregunta 2, relacionado con la experiencia



Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

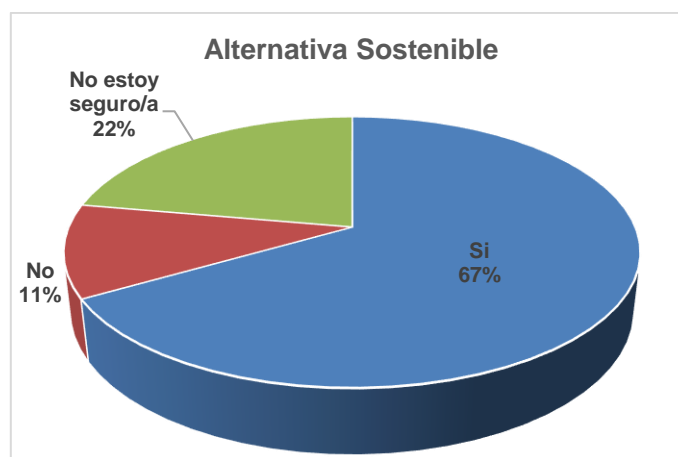
Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 67% dijeron que si tienen experiencia en el uso de bambú, en construcciones; mientras el 33% se inclinó por el no. Por lo que indican que los expertos en la industria ya están utilizando bambú en obras, lo que podría llevar a una mayor propagación de su aplicación si se divulgan las ventajas y vivencias positivas.

Opiniones sobre el Bambú en la Construcción

3. ¿Cree que el bambú es una alternativa sostenible para los acabados de construcción?

Gráfico 3. Pregunta 3, relacionado con la alternativa sostenible



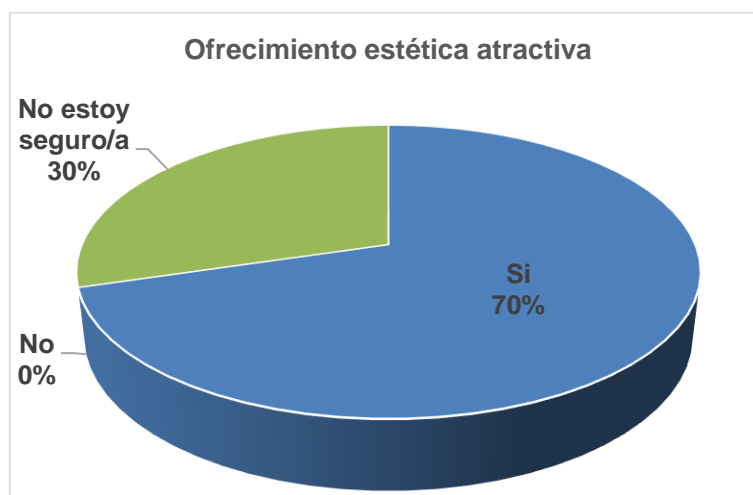
Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 67% dijeron que si creen que el bambú es una alternativa sostenible para los acabados en la construcción; mientras que el 22% dijeron que no están seguros, y el 11% se inclinaron por el no. Por lo que el bambú es una opción sustentable, es renovable, la cual posee características mecánicas que lo convierten en el perfecto para una extensa gama de usos en la edificación. Además, su aplicación contribuye a disminuir la dependencia de los materiales de edificación convencionales, que frecuentemente demandan más recursos ecológicos y energéticos.

4. ¿Considera que el bambú ofrece una estética atractiva en revestimientos, pisos o techos?

Gráfico 4. Pregunta 4, relacionado con el ofrecimiento de la estética atractiva



Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

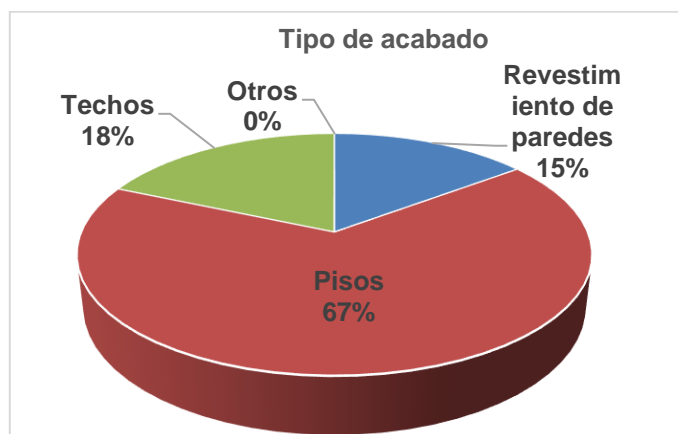
Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 70% dijeron que si consideran que el bambú ofrece una estética atractiva en revestimientos, pisos o techos; mientras que el 30% dijeron que no están seguros, y el 0% se inclinaron por el no. Este hecho subraya la capacidad del bambú para ser impulsado no solo como un recurso sustentable, sino además como una alternativa estética adecuada para proyectos de edificación.

Usos y Preferencias

5. ¿En qué tipo de acabado le parece más adecuado utilizar el bambú?

Gráfico 5. Pregunta 5, relacionado con el tipo de acabado



Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

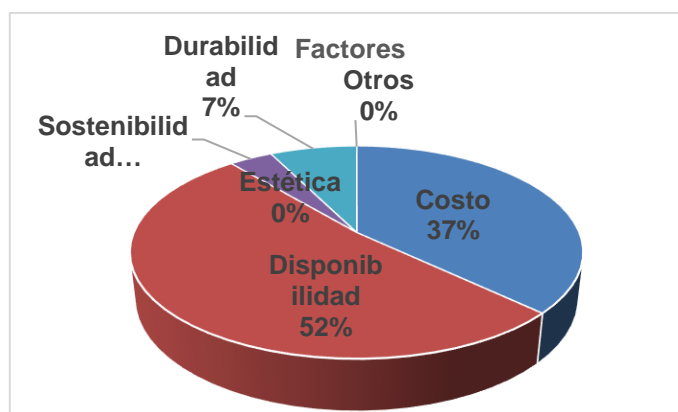
Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 67% dijeron que el tipo de acabado que les parece más adecuado utilizar el bambú lo emplean en pisos, mientras que el 18% dijeron que en techos, el 15% en revestimiento de paredes y el 0% en otros. Por lo que se lo considera principalmente una alternativa perfecta para los pisos, gracias a sus propiedades de resistencia y larga duración; evidenciando su importancia.

Factores de Decisión

6. ¿Qué factores considera más importantes al elegir bambú como material de acabado?

Gráfico 6. Pregunta 6, relacionado con los factores más importantes



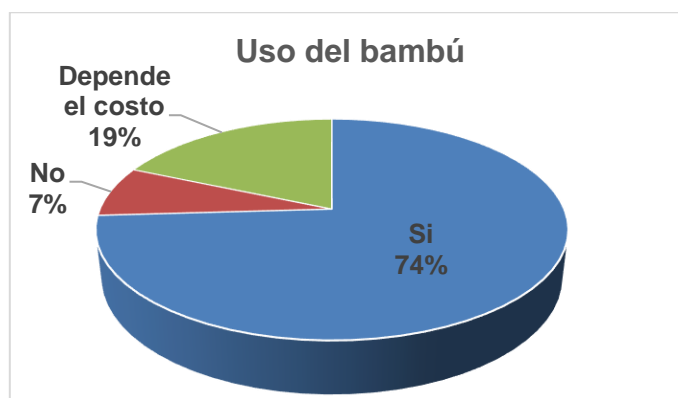
Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 52% indicaron que los factores que consideran más importantes al elegir el bambú como material de acabado, es la disponibilidad, mientras que el costo es el 37%, la durabilidad el 7%, la sostenibilidad el 4% y otros el 0%. Esto evidencia la relevancia de la disponibilidad del producto en el ámbito comercial, y cómo la elección de emplear bambú puede verse restringida debido a su accesibilidad local y su costo competitivo.

7. ¿Estaría dispuesto a usar bambú en su proyecto de construcción?

Gráfico 7. Pregunta 7, relacionado con el uso del bambú



Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

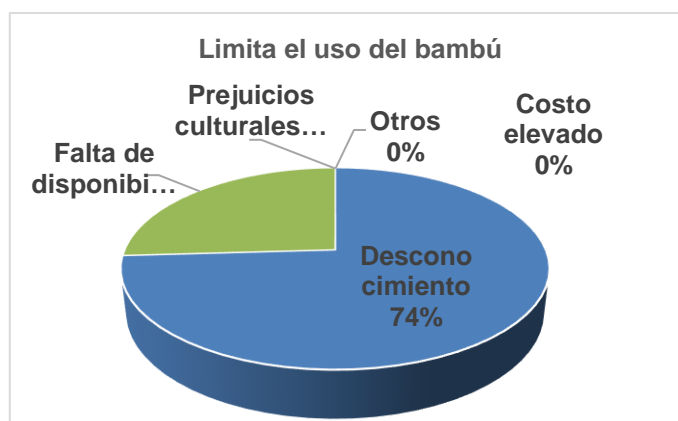
Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 74% indicaron que si estarían dispuestos a usar bambú, en sus proyectos de construcción; mientras que el 19% dijeron que depende el costo, y solo el 7% se inclinaron por el no. La actitud de los participantes en la encuesta muestra un interés frecuente por el uso de productos sostenibles y una disposición a investigar opciones innovadoras, lo cual podría verse afectado por el aumento de la conciencia sobre la sustentabilidad y la recopilación de respuestas para la construcción.

Innovación y adopción

8. ¿Qué cree que limita el uso del bambú como material de construcción en su localidad?

Gráfico 8. Pregunta 8, relacionado con los límites que se dan en el uso del bambú



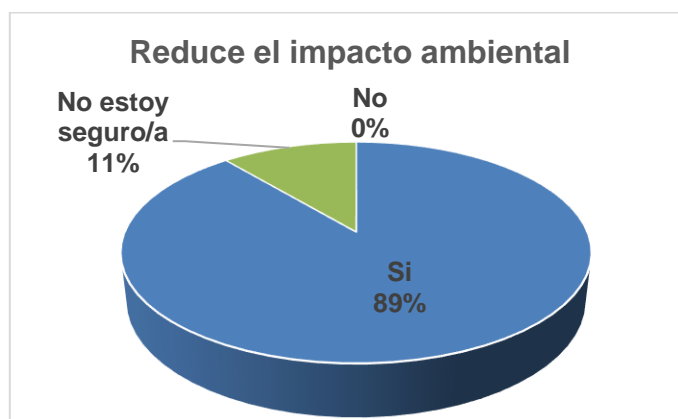
Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 74% indicaron que si creen que el desconocimiento limita el uso del bambú como material de construcción en su localidad, mientras que el 26% dijeron que la falta de disponibilidad; en tanto que el 0% dijeron las otras opciones que son el costo elevado, prejuicios culturales y otros. El desconocimiento podría cubrir diversos factores, tales como su resistencia, su sostenibilidad, su uso en la edificación o incluso la ausencia de habilidades técnicas para manipular este material.

9. ¿Cree que el uso del bambú ayuda a reducir el impacto ambiental de la construcción?

Gráfico 9. Pregunta 9, relacionado con la reducción del impacto ambiental



Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

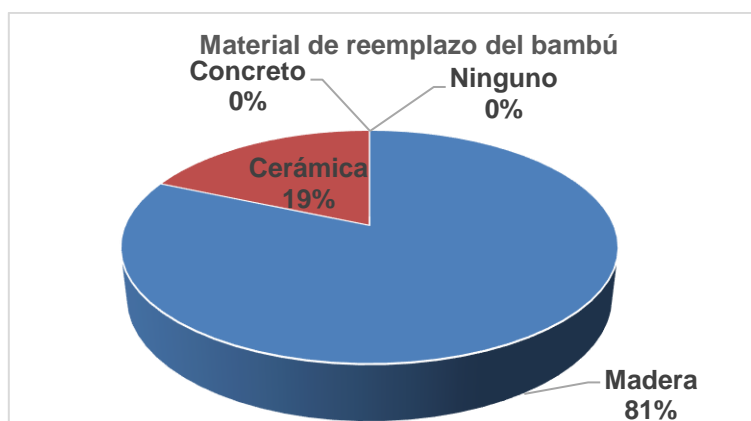
Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 89% indicaron que si creen que el uso del bambú ayuda a reducir el impacto ambiental de la construcción; en tanto que el 11% indicaron que no están seguros y el 0% se inclinaron por el no. Los hallazgos indican que hay un amplio respaldo al empleo del bambú debido a su capacidad para disminuir el efecto ambiental de la edificación. Esto podría simplificar su implementación en proyectos que persiguen reducir la huella ecológica. No obstante, sigue siendo crucial continuar informando a la comunidad acerca de las características ecológicas del bambú.

Análisis Comparativo

10. ¿Qué material reemplazaría con bambú en su proyecto de construcción?

Gráfico 10. Pregunta 10, relacionado con el material de reemplazo del bambú



Fuente: Tomado de la encuesta realizado al personal que labora en la Agencia de Orden y Control Ciudadano – Control Urbano

Análisis e interpretación de resultados

De los encuestados que son 27 determinados de la muestra que representan el 100%, el 81% indicaron que el material que reemplazaría el bambú en su proyecto de construcción, sería la madera, mientras que el 19% dijeron que la cerámica y el 0% se inclinaron por el concreto, y ninguno. Este hallazgo es entendible, dado que el bambú posee características parecidas a las de la madera, tales como su fuerza y capacidad de flexibilidad, pero con el beneficio extra de ser un elemento mucho más sustentable gracias a su rápido desarrollo y habilidad para regenerarse sin requerir plantado.

CAPÍTULO III. PROPUESTA

3.1.Planteamiento del modelo de intervención

Se debe tener presente que la industria de la construcción, es una área fundamental para incrementar la economías. En años recientes, el interés por emplear materiales sostenibles se ha incrementado debido a la conciencia ecológica. En vista que el bambú, es reconocido por sus atributos de durabilidad, resistencia y sostenibilidad, ha emergido como una opción factible en contraposición a los materiales de edificación tradicionales como el hormigón, la abeto y el acero. En este contexto, se está evaluando su aplicación en acabados, tales como protecciones, pisos y techos, particularmente en situaciones donde la sustentabilidad y la protección del medio ambiente son prioritarias.

Donde las características que tiene el bambú son:

- Ser un recurso reutilizable que se expande con rapidez, lo que lo hace una alternativa ecológica. Su habilidad para regenerarse en un corto periodo lo convierte en la opción perfecta ante la deforestación y las dificultades vinculadas al aprovechamiento de maderas tradicionales.
- Posee fortaleza, liviandad y flexibilidad, lo que le confiere características singulares para afrontar tensiones y compresión, lo que lo hace valioso en múltiples usos de edificación.
- Posee excelentes características energéticas y sonoras, lo que lo convierte en un material idóneo para la terminación de superficies, techos y paredes.

En tanto que los desafíos en la utilización del bambú en la construcción son:

- En numerosos sitios, los materiales tradicionales continúan siendo la primera alternativa para la edificación. Considerándose al bambú como un recurso exótico o menos resistente en comparación con alternativas más consolidadas, lo que podría complicar su adopción.
- A pesar de que el bambú es duradero, necesita un tratamiento apropiado para prevenir inconvenientes como la invasión de hongos, o insectos. Esto demanda tecnologías y procesos apropiados de preservación que necesitan ser evaluados y perfeccionados.
- En numerosas zonas, las regulaciones de edificación no establecen el bambú como un componente estándar. Esto podría conllevar problemas regulatorios para su puesta en marcha a gran escala.

Finalmente se detalla que las oportunidades que ofrece el bambú en la construcción son:

- El bambú emerge como una opción crucial para disminuir el impacto ecológico de la edificación. Su coste reducido en relación a los recursos naturales lo hace una alternativa interesante para proyectos que aspiran a conseguir certificaciones de sustentabilidad (como LEED).
- El empleo de bambú en revestimientos, superficies y techos ofrece un abanico de oportunidades innovadoras en términos de estética y utilidad. Su adaptabilidad facilita la creación de diseños singulares y a medida para diversos tipos de proyectos.
- En naciones donde el bambú se propaga abundantemente, su aplicación en la edificación puede impulsar la economía local, generar puestos de trabajo en la curación y tratamiento del material, y

disminuir la hegemonía que se da en los recursos foráneos.

- Es posible fusionar el bambú con otros materiales verdes, como el adobe o el hormigón reciclado, para crear soluciones de edificación aún más sustentables.

Este enfoque de intervención propone valorar el bambú como componente de terminación para la edificación. Se llevarán a cabo pruebas de humedad y compresión en muestras escogidas, siguiendo las normas a nivel internacional (ASTM e ISO). Las muestras serán sometidas a un tratamiento preliminar para reproducir las condiciones verdaderas de uso en aplicaciones de revestimientos en pisos y techos. El procedimiento de ensayos de compresión es:

- Comprobar que la muestra no presente imperfecciones ni irregularidades, y que las superficies extremas sean planas y paralelas.
- Elaborar imágenes de la muestra a examinar.
- Preparar el entorno laboral antes del ensayo, manteniendo una temperatura de 20 °C a 3 °C y una humedad relativa del 65% a 5%.
- Secar correctamente las muestras hasta que alcancen un contenido de humedad cercano al 12%.
- Determinar las medidas de la muestra, como la altura, el diámetro exterior, el diámetro interior, el diámetro del acople, la longitud del elemento y su peso.
- Iniciar la máquina UNIVERSAL CONTROLS y el ordenador personal con el programa correspondiente de ensayo.
- Ubicar la máquina de compresión a emplear (CONTROLS), verificando que la muestra esté completamente en posición vertical.
- Aplicar una ligera precarga de 1 KN de forma manual antes de ejecutar el ensayo.
- Asegurarse de que la rapidez de ensayo empleada es de 0.3 mm/min.
- Ejecutar el ensayo a compresión.
- Parar el ensayo una vez que se haya llegado a la carga máxima.

- Extraer la muestra ubicada de la máquina de compresión y guardarla, para continuar con los demás ensayos.
- Obtener la información de la máquina de compresión para su análisis futuro.
- Elaborar un reporte de lo definido en el ensayo.

Para realizar ensayos del contenido de humedad es:

De acuerdo con el método, se llevó a cabo el ensayo para determinar el contenido de humedad en sus correspondientes muestras, las cuales se elaboraron siguiendo el "Instructivo para la preparación de muestras"; se determinó el peso de cada muestra y, tras su secado en el horno. Este método posibilitará evaluar la factibilidad técnica y la eco-aplicación del bambú como opción en la edificación.

3.2. Presentación de resultados experimentales

Ensayos de compresión

a) Del primer grupo de 30 muestras se obtiene:

Probeta de bambú con 4 acoples – 4 discos de contacto; para lo cual se emplearon 30 muestras, con dimensiones promedio de H=800 mm, L=700 mm y $\varnothing=100$ mm; mediante la especificaciones del material serían: conexión con acoples pico de flauta y varilla roscada, según la Norma ASTM D143, es:

Gráfico 11. Conexiones con Acoples de Pico de Flauta y Varilla

Fuente: elaboración propia

A continuación en las tablas 4, 5, 6 y 7; se detallan las ID Muestra, la longitud de la caña, el peso de dicha caña, la temperatura a la que fue realizada el ensayo, espesor de la caña y la humedad relativa del bambú en porcentaje.

Tabla 4: Especificaciones del ensayo del Grupo 1, en función de su muestra. # 1

ID Muestra	PF-1	PF-2	PF-3	PF-4	PF-5	PF-6	PF-7	PF-8
LONGITUD CAÑA. (mm)	700	700	697	695	700	700	700	700
PESO (Kg):	7.34	5.53	5.87	5.58	5.86	9.06	6.87	4.96
TEMPERATURA DEL ENTORNO (°C):	19	19	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	10	9	9	9	11	10	10	9
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Tabla 5: Especificaciones del ensayo del Grupo 1, en función de su muestra. # 2

ID Muestra	PF-9	PF-10	PF-11	PF-12	PF-13	PF-14	PF-15	PF-16
LONGITUD CAÑA. (mm)	700	700	700	700	685	700	700	700
PESO (Kg):	7.57	5.6	6.3	5.13	6.5	6.3	7.65	6.04
TEMPERATURA DEL ENTORNO (°C):	19	19	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	12	10	8	12	10	9	13	15
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Tabla 6: Especificaciones del ensayo del Grupo 1, en función de su muestra. # 3

ID Muestra	PF-17	PF-19	PF-19	PF-20	PF-21	PF-22	PF-23	PF-24
LONGITUD CAÑA. (mm)	700	700	700	700	700	700	700	700
PESO (Kg):	7.58	6.81	7.3	6.03	6.6	5.9	5.7	6.8
TEMPERATURA DEL ENTORNO (°C):	19	19	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	11	10	10	11	11	8	10	10
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Tabla 7: Especificaciones del ensayo del Grupo 1, en función de su muestra. # 4

ID Muestra	PF-25	PF-26	PF-27	PF-28	PF-29	PF-30
LONGITUD CAÑA. (mm)	700	710	710	700	695	750
PESO (Kg):	6.0	6.2	7.4	5.9	5.9	7.3
TEMPERATURA DEL ENTORNO (°C):	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	13	10	16	12	12	11
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Mediante los ensayos de comprensión se tiene:

Tabla 8: Resultados de ensayos de comprensión del Grupo 1

ID	Carga Máx. a soportar (KN)	Desplazamiento Máx. (mm)	Esfuerzo Máx. (MPa)	Deformación Máx. (mm/mm)
PF-1	20	2.17	30.7	0.0024
PF-2	4.87	14.02	7.5	0.0176
PF-3	7.045	18.86	10.8	0.0224
PF-4	7.32	22.36	11.2	0.0278
PF-5	3.86	20.9	5.9	0.02613
PF-6	6.74	6.3	10.3	0.00772
PF-7	6.91	25.84	10.6	0.032
PF-8	6.5	34.78	10	0.04375
PF-9	6.52	15.69	10	0.01925
PF-10	7.65	18.46	11.7	0.02308
PF-11	8.6	22.36	13.2	0.02724
PF-12	3.39	18.32	5.2	0.02262
PF-13	9.99	15.14	15.3	0.01842
PF-14	2.57	20.66	3.9	0.01489
PF-15	6.44	12.24	9.9	0.01489
PF-16	8.53	15.56	13.1	0.01888
PF-17	6.93	22.69	10.6	0.02777
PF-18	3.39	22.34	5.2	0.02772
PF-19	16.46	11.84	25.2	0.0144
PF-20	6.16	19.46	9.4	0.0237
PF-21	3.85	18.1	5.9	0.02218
PF-22	6.84	18.64	10.5	0.02298
PF-23	8.33	6.12	13.3	0.00757
PF-24	6.3	13.48	9.7	0.01668
PF-25	9.01	13.42	13.8	0.01673
PF-26	6.19	15.5	9.5	0.01893

PF-27	6.16	5.9	9.4	0.00714
PF-28	6.62	31.3	10.1	0.03859
PF-29	9.55	19.5	14.6	0.02404
PF-30	9.96	21.4	15.3	0.02635
Total	222.69	523.35	341.80	0.63
Promedio	7.42	17.45	11.39	0.02
Desviación	3.47	6.96	5.34	0.01
Rango Máx.	2.57	2.17	3.90	0.00
Rango Mín.	20.00	34.78	30.70	0.04
(CV)	46.81	39.87	46.83	41.35

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Análisis e interpretación de resultados

- Diversidad en las características del bambú:

El bambú muestra una notable variabilidad en cuanto a la carga máxima que soporta y el desplazamiento máximo. Esto podría ser resultado de variaciones en la clase, el método de tratamiento o las circunstancias de las prueba.

- Fortaleza técnica:

A pesar de que el bambú presenta características variables, estas pueden ser utilizadas en diversas aplicaciones de acuerdo a sus particularidades. Por ejemplo, las muestras de alta resistencia son apropiadas para la pavimentación, mientras que las de mayor deformación pueden ser utilizadas en techos donde se necesita elasticidad.

- Durabilidad:

Con tratamientos apropiados, la diversidad en las características del bambú puede ser controlada, convirtiéndolo en una alternativa sostenible en comparación con los materiales tradicionales.

b) Del segundo grupo de 30 muestras se obtiene:

Probeta de bambú con 4 acoples – 4 discos de contacto; para lo cual se emplearon 30 muestras, con dimensiones promedio de H=800 mm, L=700 mm y Ø= 100 mm; mediante la especificaciones del material serían: conexión con

acoples boca de pez y varilla roscada, según la Norma ASTM D143, es:

Gráfico 12. Conexiones estructurales de Bambú con Acople Boca de Pez y Varilla Roscada



Fuente: elaboración propia

A continuación en las tablas 9, 10, 11 y 12; se detallan las ID Muestra, la longitud de la probeta, el peso de dicha caña, la temperatura a la que fue realizada el ensayo, espesor de la caña y la humedad relativa del bambú en porcentaje.

Tabla 9: Especificaciones del ensayo del Grupo 2, en función de su muestra. # 1

ID Muestra	BP-1	BP-2	BP-3	BP-4	BP-5	BP-6	BP-7	BP-8
LONGITUD CAÑA. (mm)	700	700	700	700	700	700	705	700
PESO (Kg):	3.41	3.58	3.68	4.31	5.41	4.3	3.58	4.11
TEMPERATURA (°C):	19	19	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	9	8	10	11	12	12	12	14
HUMEDAD RELATIVA (%)	65	65	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Tabla 10: Especificaciones del ensayo del Grupo 2, en función de su muestra. # 2

ID Muestra	BP-9	BP-10	BP-11	BP-12	BP-13	BP-14	BP-15	BP-16
LONGITUD CAÑA. (mm)	725	695	700	700	700	700	710	700
PESO (Kg):	4.41	4.15	3.41	3.29	3.08	3.62	4.22	3.33
TEMPERATURA (°C):	19	19	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	10	12	8	10	9	10	8	10
HUMEDAD RELATIVA (%)	65	65	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Tabla 11: Especificaciones del ensayo del Grupo 2, en función de su muestra. # 3

ID Muestra	BP-17	BP-18	BP-19	BP-20	BP-21	BP-22	BP-23	BP-24
LONGITUD CAÑA. (mm)	700	700	700	700	698	700	700	704
PESO (Kg):	4.51	4.07	2.91	4.19	3.49	4.61	3.79	3.74
TEMPERATURA (°C):	19	19	19	19	19	19	19	19
ESPEJOR CAÑA. (mm)	16	11	7	8	8	14	9	7
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de compresión a la fibra de bambú

Tabla 12: Especificaciones del ensayo del Grupo 2, en función de su muestra. # 4

ID Muestra	BP-25	BP-26	BP-27	BP-28	BP-29	BP-30
LONGITUD CAÑA. (mm)	693	702	705	700	705	700
PESO (Kg):	3.99	4.01	3.64	3.5	3.36	3.32
TEMPERATURA (°C):	19	19	19	19	19	19
ESPEJOR CAÑA. (mm)	11	11	7	8	8	9
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de compresión a la fibra de bambú

Mediante los ensayos de compresión se tiene:

Tabla 13: Resultados de ensayos de compresión del Grupo 2

ID	Carga Máx. a soportar (KN)	Desplazamiento Máx. (mm)	Esfuerzo Máx. (MPa)	Deformación Máx. (mm/mm)
BP-1	16.25	16.11	24.9	0.02
BP-2	16.8	14	25.7	0.018
BP-3	21.2	21.1	32.5	0.026
BP-4	13.95	18.34	21.4	0.022
BP-5	25.54	14.54	39.1	0.018
BP-6	12.87	9.84	19.7	0.012
BP-7	23.37	16.86	35.8	0.021
BP-8	18.63	16.64	28.6	0.02
BP-9	16.39	15.1	25.1	0.019
BP-10	30.73	16.5	31.8	0.021
BP-11	14.23	10.1	21.8	0.013
BP-12	11.52	16.54	17.7	0.021
BP-13	17.68	18.18	27.1	0.023
BP-14	15.38	16.04	23.6	0.02
BP-15	13.89	14.02	21.3	0.018
BP-16	15.31	16.16	23.5	0.02
BP-17	22.63	14.98	34.7	0.019
BP-18	16.19	12.04	24.8	0.015
BP-19	8.6	10.76	13.2	0.014
BP-20	7.86	9.06	12	0.011
BP-21	5.42	10	8.3	0.016
BP-22	20.53	13.06	31.5	0.016
BP-23	11.99	10.12	18.4	0.013
BP-24	9.62	13.52	14.7	0.017
BP-25	15.24	11.62	23.4	0.014
BP-26	17.68	12.22	27.1	0.016
BP-27	14.83	14.32	22.7	0.018
BP-28	5.42	5.78	8.3	0.007

BP-29	7.93	12.68	12.2	0.016
BP-30	15.17	12.96	23.2	0.016
Total	462.85	413.19	694.10	0.52
Promedio	15.43	13.77	23.14	0.02
Desviación	5.68	3.22	7.71	0.00
Rango Máx.	5.42	5.78	8.30	0.01
Rango Mín.	30.73	21.10	39.10	0.03
CV	36.84	23.40	33.34	22.46

Fuente: Tomado del ensayo de compresión a la fibra de bambú

Análisis e interpretación de resultados

El conjunto muestra un espectro extenso en todas las características estudiadas, lo que evidencia la diversidad del recurso o los escenarios de los ensayos.

c) Del tercer grupo de 30 muestras se obtiene:

Probeta de bambú con 4 acoples – 4 discos de contacto; para lo cual se emplearon 30 muestras, con dimensiones promedio de H=270 mm, L=700 mm y $\varnothing=100$ mm; mediante la especificaciones del material serían: bambú con 4 acoples de madera, roscada, según la Norma ASTM D143, es:

Gráfico 13. Conexiones estructurales de Bambú con 4 Acoples de Madera



Fuente: elaboración propia

A continuación en las tablas 14, 15, 16 y 17; se detallan las ID Muestra, la longitud de la probeta, el peso de dicha caña, la temperatura a la que fue realizada el ensayo, espesor de la caña y la humedad relativa del bambú en porcentaje.

Tabla 14: Especificaciones del ensayo del Grupo 3, en función de su muestra. # 1

ID Muestra	DC-1	DC-2	DC-3	DC-4	DC-5	DC-6	DC-7	DC-8
LONGITUD CAÑA. (mm)	700	695	700	702	700	705	704	700
PESO (Kg):	4.15	4.27	3.47	5.42	4.9	6.05	3.48	5.59
TEMPERATURA (°C):	19	19	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	12	11	12	13	14	12	8	14
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Tabla 15: Especificaciones del ensayo del Grupo 3, en función de su muestra. # 2

ID Muestra	DC-9	DC-10	DC-11	DC-12	DC-13	DC-14	DC-15	DC-16
LONGITUD CAÑA. (mm)	705	705	702	700	700	710	704	700
PESO (Kg):	5.62	5.68	4.67	3.5	6.21	5.56	3.08	2.46
TEMPERATURA (°C):	19	19	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	15	6	11	9	15	13	15	8
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Tabla 16: Especificaciones del ensayo del Grupo 3, en función de su muestra. # 3

ID Muestra	DC-17	DC-18	DC-19	DC-20	DC-21	DC-22	DC-23	DC-24
LONGITUD CAÑA. (mm)	705	702	705	705	705	700	704	705
PESO (Kg):	3.37	3.39	4.86	4.38	4.00	5.07	4.45	4.25
TEMPERATURA DEL ENTORNO (°C):	19	19	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	9	10	7	12	12	15	14	10
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Tabla 17: Especificaciones del ensayo del Grupo 3, en función de su muestra. # 4

ID Muestra	DC-25	DC-26	DC-27	DC-28	DC-29	DC-30
LONGITUD CAÑA. (mm)	700	710	700	700	700	700
PESO (Kg):	5.0	3.42	2.97	3.05	3.39	4.2
TEMPERATURA DEL ENTORNO (°C):	19	19	19	19	19	19
ESPELOR CAÑA. (mm)	15	11	8	10	10	9
HUMEDAD RELATIVA (%):	65	65	65	65	65	65

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Mediante los ensayos de comprensión se tiene:

Tabla 18: Resultados de ensayos de compresión del Grupo 3

ID	Carga Máx. a soportar (KN)	Desplazamiento Máx. (mm)	Esfuerzo Máx. (MPa)	Deformación Máx. (mm/mm)
DC-1	8.21	15.5	14.8	0.057
DC-2	13.3	13.48	24	0.052
DC-3	9.85	10.23	17.8	0.04
DC-4	9.73	8.13	17.6	0.029
DC-5	15.08	16.4	27.2	0.059
DC-6	15.31	10.32	27.6	0.037
DC-7	11.61	18.2	20.9	0.067
DC-8	19.41	16.84	35	0.06
DC-9	19.39	15.34	35	0.06
DC-10	15.54	14.37	28	0.05
DC-11	13.4	9.44	24.2	0.035
DC-12	10.34	14.95	18.7	0.056
DC-13	17.34	13.26	31.3	0.047
DC-14	12.82	13.72	23.1	0.05
DC-15	12.18	21.17	22	0.09
DC-16	10.5	10.46	18.9	0.048
DC-17	9.85	10.23	17.8	0.042
DC-18	11.58	18.2	20.9	0.077
DC-19	15.64	14.5	28.2	0.051
DC-20	12.45	21.17	22.5	0.074
DC-21	14.09	15.49	25.4	0.06
DC-22	21.24	14.34	38.3	0.055
DC-23	19.71	17.74	35.6	0.07
DC-24	13.48	12.12	24.3	0.048
DC-25	12.78	21.17	23.1	0.088
DC-26	22.09	17.33	39.9	0.065
DC-27	9.73	16.06	17.6	0.069
DC-28	10.81	14.01	19.5	0.061
DC-29	12.4	21.17	22.4	0.078
DC-30	15.12	18.93	27.3	0.075
Total	414.98	454.27	748.90	1.75
Promedio	13.83	15.14	24.96	0.06
Desviación	3.62	3.61	6.52	0.01
Rango Máx.	8.21	8.13	14.80	0.03
Rango Mín.	22.09	21.17	39.90	0.09
Coficiente de Variación (CV)	26.15	23.84	26.13	25.39

Fuente: Tomado del ensayo de compresión a la fibra de bambú

Análisis e interpretación de resultados

El material perteneciente al Grupo 3 exhibe propiedades mecánicas adecuadas, con resistividad y deformación en un rango moderado. Hay una variabilidad significativa en las habilidades únicas, lo que podría necesitar un estudio más exhaustivo de las razones (cambios en la producción, circunstancias de prueba, etc.).

Ensayos del contenido de humedad

Del contenido de ensayos

a) Del primer grupo de 30 muestras se obtiene:

De la probeta de madera de bambú, donde se detallan el peso inicial, el peso final, la masa de agua y el porcentaje del contenido de humedad, siguiendo la norma ASTM 143, y la NTE INEN 11602.

Gráfico 14. Probeta de madera de Bambú



Fuente: elaboración propia

De las cuales se obtuvieron

Tabla 19: Resultados de ensayos de Contenido de Humedad

ID	% Humedad	ID	% Humedad	ID	% Humedad
PF-1	11.42	BP-1	10.99	DC-1	10.79
PF-2	11.38	BP-2	11.71	DC-2	8.32
PF-3	11.58	BP-3	10.93	DC-3	11.21
PF-4	12.11	BP-4	11.07	DC-4	11.06
PF-5	12.50	BP-5	8.99	DC-5	10.74
PF-6	13.13	BP-6	11.55	DC-6	10.42
PF-7	11.57	BP-7	11.12	DC-7	10.88
PF-8	12.09	BP-8	10.67	DC-8	8.43
PF-9	10.95	BP-9	11.93	DC-9	4.19
PF-10	11.92	BP-10	11.46	DC-10	11.02
PF-11	12.39	BP-11	11.52	DC-11	9.50
PF-12	10.50	BP-12	12.45	DC-12	9.26
PF-13	11.31	BP-13	11.87	DC-13	11.17
PF-14	8.62	BP-14	10.05	DC-14	8.11
PF-15	9.67	BP-15	11.18	DC-15	12.02
PF-16	10.62	BP-16	11.46	DC-16	7.17
PF-17	11.94	BP-17	10.80	DC-17	10.23
PF-18	9.25	BP-18	11.90	DC-18	11.22
PF-19	10.79	BP-19	12.40	DC-19	11.46
PF-20	11.19	BP-20	7.67	DC-20	9.78
PF-21	8.79	BP-21	11.16	DC-21	11.51
PF-22	10.73	BP-22	11.73	DC-22	8.43
PF-23	10.19	BP-23	8.31	DC-23	10.75
PF-24	10.19	BP-24	7.48	DC-24	9.36
PF-25	11.63	BP-25	10.29	DC-25	12.24
PF-26	11.99	BP-26	10.74	DC-26	12.46
PF-27	11.25	BP-27	10.34	DC-27	13.54
PF-28	12.57	BP-28	10.95	DC-28	10.72
PF-29	9.57	BP-29	10.70	DC-29	10.95
PF-30	8.88	BP-30	8.32	DC-30	11.00
Total	330.72		321.74		307.94
Promedio	11.02		10.72		10.26
Desviación	1.18		1.30		1.79
Rango Máx.	8.62		7.48		4.19
Rango Mín.	13.13		12.45		13.54
Coefficiente de Variación (CV)	10.68		12.09		17.43

Fuente: Tomado del ensayo de comprensión a la fibra de bambú

Análisis e interpretación de resultados

Las muestras PF muestran una más elevada uniformidad en su nivel de humedad, lo cual podría estar vinculado con un control más efectivo del proceso. Por otro lado, las muestras DC exhiben una variabilidad superior, probablemente a causa de condiciones menos reguladas durante su preparación.

3.3. Validación / comprobación de hipótesis

De los materiales determinados como:

Tabla 20: Resultados Totales de los Ensayos de Compresión y Humedad del Bambú

ID	Carga Máx. a soportar (KN)	Desplazamiento Máx. (mm)	Esfuerzo Máx. (MPa)	Deformación Máx. (mm/mm)	% Humedad
PF	7.42	17.45	11.9	0.02	11.02
BP	15.43	13.77	23.14	0.02	10.72
DC	13.83	15.14	24.96	0.06	10.26
TOTAL	36.68	46.36	60.00	0.10	32.01
PROMEDIO	12.23	15.45	20.00	0.03	10.67
DESVIACIÓN	3.46	1.52	5.78	0.02	0.31
RANGO MÁX	7.42	13.77	11.90	0.02	10.26
RANGO MÍN	15.43	17.45	24.96	0.06	11.02
Coefficiente de Variación (CV)	28.29	9.80	28.88	57.33	2.93

Fuente: Tomado del ensayo de compresión a la fibra de bambú

Contraste de variables

Los materiales más empleados en revestimientos son:

Madera tratada como el pino o el roble, paneles de yeso, cerámica o porcelanato y PVC; en vista que son elementos de origen estético, natural, livianos. Por lo que se tiene:

Tabla 21: Materiales para revestimiento

Material	Revestimiento				
	Carga Máxima (kN)	Desplazamiento Máximo (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación Máxima (mm/mm)	% de Humedad
Madera tratada	10	2	50	0.01	6
Paneles de Yeso	2	5	1.5	0.005	0
Cerámica	50	1	250	0.0005	1
PVC	5	2	50	0.05	0
PROMEDIO	16.75	2.50	87.88	0.02	1.75
RANGO MÍN	2.00	1.00	1.50	0.001	0.00
RANGO MÁX	50.00	5.00	250.00	0.05	6.00

Fuente: elaboración propia

Análisis e interpretación de resultados:

En la tabla 21, está la media de las características físicas y de humedad, muestra las tendencias frecuentes de los materiales empleados. En esta situación, la carga máxima promedio es de 16.75 kN, donde el movimiento máximo es de 2.50 mm, mientras que el esfuerzo máximo es de 87.88 MPa, la deformación máxima es de 0.02 mm/mm y el contenido de humedad promedio es del 1.75%.

Donde la gama mínima y máxima refleja las fluctuaciones críticas entre los materiales; el cual oscila entre 2 kN (paneles de yeso) y 50 kN (cerámica), lo que muestra una considerable disparidad en la capacidad de soportar la carga entre los materiales más livianos y los más duraderos.

Mientras que referente a los pisos se tiene:

Tabla 22: Materiales para pisos

Material	Pisos				
	Carga Máxima (kN)	Desplazamiento Máximo (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación Máxima (mm/mm)	% de Humedad
Madera tratada	10	2	50	0.01	6
Cerámica	100	1	250	0.0005	1
PVC	10	2	50	0.05	0
Concreto	100	1	21	0.001	15
Laminado	10	2	20	0.001	9
PROMEDIO	46.00	1.60	78.20	0.01	6.20
RANGO MÍN	10.00	1.00	20.00	0.0005	0.00
RANGO MÁX	100.00	2.00	250.00	0.05	15.00

Fuente: elaboración propia

Análisis e interpretación de resultados:

Las características promedio indican una carga máxima de 46,00 kN, un movimiento máximo de 1,60 mm, un esfuerzo óptimo de 78,20 MPa, una deformación más larga es de 0,01 mm/mm y una humedad promedio del 6,20%. El máximo nivel de carga varía entre 10 kN (madera tratada, PVC, laminado) y 100 kN (cerámica, concreto). El movimiento máximo se encuentra entre 1 mm

(cerámica, concreto) y 2 mm (madera, PVC, laminado). La máxima carga se encuentra entre 20 MPa (laminado) y 250 MPa (cerámica), con una deformación máxima que varía entre 0,0005 mm/mm (cerámica) y 0,05 mm/mm (PVC).

En tanto que referentes a los techos, se tiene:

Tabla 23: Materiales para techos

Material	Techos				
	Carga Máxima (kN)	Desplazamiento Máximo (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación Máxima (mm/mm)	% de Humedad
Concreto	100	1	21	0.001	15
Madera	10	2	50	0.01	6
Acero (lámina)	50	1	250	0.001	1
Tejas	20	1	250	0.001	5
PVC	10	2	50	0.05	0
PROMEDIO	38.00	1.40	125.00	0.01	5.40
RANGO MÍN	10.00	1.00	25.00	0.001	0.00
RANGO MÁX	100.00	2.00	250.00	0.05	15.00

Fuente: elaboración propia

Análisis e interpretación de resultados:

El hormigón y las baldosas poseen la mayor capacidad máxima (100 kN) y se sustentan en concreto, en cambio, el PVC presenta una capacidad máxima inferior, lo que lo convierte en inapto para usos de alta resistencia. El concreto, las placas y el cemento poseen una baja deformación máxima (0,001 mm/mm), lo que los convierte en materiales más rígidos. El PVC tiene mayor flexibilidad, pero puede ser un obstáculo en usos estructurales de gran demanda. El concreto posee el contenido más alto de humedad, lo que puede impactar en las características con el paso del tiempo, en cambio, el PVC posee un contenido de humedad del 0%, lo que lo convierte en el material perfecto para situaciones de humedad crítica.

Análisis de resultados

a) En los revestimientos

Referente a los análisis de resultados, se tiene en el revestimiento, el promedio y el rango de los materiales comúnmente empleados en comparación con los dados por el bambú, son:

Tabla 24: Comparación de los materiales para revestimiento con el bambú

Material	Revestimiento				
	Carga Máxima (kN)	Desplazamiento Máximo (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación Máxima (mm/mm)	% de Humedad
PROMEDIO	16.75	2.50	87.88	0.02	1.75
RANGO MÍN	2.00	1.00	1.50	0.00	0.00
RANGO MÁX	50.00	5.00	250.00	0.05	6.00
Bambú	12.23	15.45	20.00	0.03	10.67

Fuente: elaboración propia

Análisis e interpretación de resultados:

De los materiales más comunes se tiene que la carga media, es de 16.75 kN, donde los intervalos van de 5 a 50 kN, mientras que en desplazamiento la media es de 2.50 mm, donde su rango va de 1.00 a 5.00 mm; mientras que el esfuerzo máximo MPa, se tiene un valor común de 87.88, donde sus rango están entre 1.50 y 250 MPa, así como una deformación máxima de 0.02, la cual varía de 0 a 0.03 y el porcentaje de humedad es de 1.75 mientras que el rango mínimo es de 0 % y el máximo es de 10.67 %; fijándose en que los valores del bambú, es de 12.23 kN, 15.45 mm, 20,00 MPa, 0.03 y 10.67%.

Por lo que se detalla que el bambú es un material flexible, pero restringido en resistir esfuerzo y cargas en comparación con productos como la cerámica, PVC o metal. Su alta deformación puede ser beneficioso, pero no ideal para ambientes requeridos de rigidez o deformación mínima. Su humedad es superior, y cuidadosos revestimientos de bambú deberían considerar tratamientos de reducción de humedad.

b) En los pisos

Referente a los análisis de resultados, se tiene en el pisos, el promedio y el rango de los materiales comúnmente empleados en comparación con los dados por el bambú, son:

Tabla 25: Comparación de los materiales para pisos con el bambú

Material	Pisos				
	Carga Máxima (kN)	Desplazamiento Máximo (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación Máxima (mm/mm)	% de Humedad
PROMEDIO	46.00	1.60	78.20	0.01	6.20
RANGO MÍN	10.00	1.00	20.00	0.00	0.00
RANGO MÁX	100.00	2.00	250.00	0.05	15.00
Bambú	12.23	15.45	20.00	0.03	10.67

Fuente: elaboración propia

Análisis e interpretación de resultados:

De los materiales más comunes se tiene que la carga media, es de 46 kN, donde los intervalos van de 10 a 100 kN, mientras que en desplazamiento la media es de 1.60 mm, donde su rango va de 1.00 a 2.00 mm; mientras que el esfuerzo máximo, se tiene un valor común de 78.20 MPa, donde sus rango están entre los 20 y 250 MPa, así como una deformación máxima de 0.01, la cual varía de 0 a 0.05 y el porcentaje de humedad es de 2.20 mientras que el rango mínimo es de 0% y el máximo es de 15%; fijándose en que los valores del bambú, es de 12.23 kN, 15.45 mm, 20,00 MPa, 0.03 y 10.67%.

El bambú presenta una fuerza máxima y esfuerzo menores a la media de los materiales analizados, lo que restringe su utilización en usos que demandan una elevada resistencia estructural o la capacidad de resistir cargas elevadas. Su movimiento y deformación son superiores, lo que puede ser beneficioso en usos que demandan calidad.

c) En los techos

Referente a los análisis de resultados, se tiene en el techos, el promedio y el rango de los materiales comúnmente empleados en comparación con los dados por el bambú, son:

Tabla 26: Comparación de los materiales para techos con el bambú

Material	Techos				
	Carga Máxima (kN)	Desplazamiento Máximo (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación Máxima (mm/mm)	% de Humedad
PROMEDIO	38.00	1.40	125.00	0.01	5.40
RANGO MÍN	10.00	1.00	25.00	0.001	0.00
RANGO MÁX	100.00	2.00	250.00	0.05	15.00
Bambú	12.23	15.45	20.00	0.03	10.67

Fuente: elaboración propia

Análisis e interpretación de resultados:

De los materiales más comunes se tiene que la carga media, es de 38 kN, donde los intervalos van de 10 a 100 kN, mientras que en desplazamiento la media es de 1.40 mm, donde su rango va de 1.00 a 2.00 mm; mientras que el esfuerzo máximo, es de 125.00 MPa, donde sus rango están entre los 50 y 250 MPa, así como una deformación máxima de 0.01, la cual varia de 0,001 a 0.05 y el porcentaje de humedad es de 5.40 mientras que el rango mínimo es de 0% y el máximo es de 15%; fijándose en que los valores del bambú, es de 12.23 kN, 15.45 mm, 20 MPa, 0.03 y 10.67%.

Por lo que el bambú presenta una carga y esfuerzos que están en el rango de los materiales tradicionales, considerándose adecuado para la aplicación en techos. Su movimiento y deformación incrementan las características de los elementos, y su evaporación (10.67%), caracterizándose por minimizar la probabilidad de deformaciones y avería estructural.

3.4. Evaluación o desarrollo de los resultados prácticos generales o parciales de la propuesta

Según los resultados mostrados, este se realiza considerando los diferentes materiales y el bambú, del cual se analiza su efectividad como material alternativa para la edificación en términos generales o parciales.

Elaboración de resultados generales prácticos

- El bambú se distingue por su reducido impacto ecológico en relación con materiales convencionales como el metal y el hormigón. Esto lo convierte en atractivo para proyectos orientados a la construcción sustentable.
- A pesar de que su elevada adaptabilidad es un inconveniente estructural, puede resultar beneficioso en usos donde se necesite fuerza al golpe o retención de energía.
- La aplicación de procedimientos como la adhesión con resinas o la terapia térmica puede incrementar su resistencia y disminuir su volumen de humedad, expandiendo así su espectro de usos.
- En zonas donde crece abundantemente, el bambú suele ser más económico y sencillo de conseguir, lo que podría mitigar sus restricciones constructivas en proyectos de presupuesto reducido.

Resultados parciales prácticos

a) En Techos

El bambú podría emplearse en techos decorativos o ligeros, como persianas o estructuras en entornos con menor riesgo de cargas grandes. Necesita protección contra la humedad y revestimientos protectores para extender su durabilidad.

b) En Revestimientos

El bambú ofrece un rendimiento satisfactorio en cuanto a flexibilidad y movimiento, lo que lo convierte en idóneo para usos como espacios decorativos o divisores.

c) En Pisos

El bambú no cumple con los criterios de resistencia necesarios para superficies de gran tráfico, dado que tiene una fuerza y un rendimiento óptimo de menor nivel al medio de los productos convencionales. No obstante, puede ser factible para superficies en zonas residenciales con escaso tránsito o usos estéticos.

Sugerencia de Optimizaciones

1. Procesamiento previo del bambú:

- Secado en el horno o tratamiento de calor para disminuir el nivel de humedad.
- Empleo de resinas para incrementar su resistencia y disminuir su deformación.

2. Elaboración de compuestos:

- Mejorar la resistencia estructural del bambú mediante la combinación de resinas o polímeros reciclados.

3. Aplicaciones particulares:

- Utilización en construcciones no resistentes o de impacto reducido.
- Emplear su belleza natural para ornamentos tanto interiores como exteriores.

CONCLUSIONES

- Se reconocieron varias especies de bambú empleadas en el sector de la edificación, resaltando las características singulares que tienen, tales como su resistividad mecánica, flexibilidad y habilidad para regenerarse rápidamente. Estos atributos convierten al bambú en una alternativa sustentable y adaptable, particularmente en zonas donde su producción es elevada. No obstante, se demostró que la longevidad del material se basa en gran parte en los tratamientos que recibe para evitar deterioros provocados por la humedad y los agentes biológicos.
- El estudio comparativo reveló que los cubrimientos de bambú poseen características sobresalientes en cuanto a resistencia y distorsión, a pesar de que su rendimiento es inferior en ciertas características, como el peso y el esfuerzo a nivel máximo, en comparación con compuestos como el porcelanato o el hormigón. No obstante, el bambú ha demostrado beneficios vinculados a su sustentabilidad ambiental y su belleza ecológica, lo que lo sitúa como una opción factible para proyectos en los que el diseño y el efecto ecológico sean esenciales.
- El bambú demostró un comportamiento positivo en acabados de edificación, sobresaliendo en elementos como la belleza y la facilidad de manejo. Los hallazgos indican que este material es una opción alentadora, especialmente para proyectos orientados a la arquitectura sustentable, aunque es imprescindible continuar con el desarrollo de técnicas para potenciar su rendimiento en situaciones extremas.
- La planta de bambú, tiene un esfuerzo máximo que es de 20 MPa, con una deformación máxima de 0.03 y un % de humedad de 10.67; la cual es un elemento ecológico, respetuoso con el medio ambiente y de fácil acceso en áreas de gran crecimiento, perfecto para proyectos de construcción ecológicos. Está beneficioso en usos concretos, tales como decorativos, paneles de cubrimiento o revestimiento y superficies. Su

belleza natural y adaptabilidad la encontraron como una alternativa interesante para innovadoras y ecoeficientes. Para optimizar su aplicación, se recurre a tratamientos previos, tales como secado, adhesión con resinas o mezcla con otros materiales.

RECOMENDACIONES

- Se aconseja aplicar tratamientos concretos para potenciar la longevidad del bambú, tales como el procedimientos de secado regulado, con el fin de evitar daños causados por la humedad, plagas y hongos. Esto asegurará su rendimiento a largo periodo en usos de edificación.
- Resulta imprescindible analizar en el reconocimiento y valoración de grupos de bambú existentes a nivel local, con el objetivo de elegir aquellas que muestren las mejores características técnicas y decorativas para su aplicación en la edificación. Esto puede ayudar a mejorar su rendimiento y disminuir los gastos relacionados con su traslado o compra.
- Se recomienda llevar a cabo evaluaciones prácticas en situaciones reales de uso, tales como en entornos de alta humedad o expuestos a cargas dinámicas, para establecer con mayor exactitud el rendimiento de la planta del bambú en cubriciones, pisos y techos en comparación con materiales tradicionales.
- Es esencial brindar talleres y formación a profesionales en arquitectura, ingenieros y constructores acerca de las características, usos y métodos de aplicación del bambú, con el objetivo de asegurar un manejo apropiado y potenciar su capacidad en la edificación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, P. (2019). Análisis del comportamiento estructural del bambú del tipo «Guadúa Angustifolia Kunth» como material de construcción en sustitución del hormigón armado [Carrera: Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17760>
- Ávila, H., González, M., & Licea, S. (2020). La entrevista y la encuesta. *Revista Didasc@lia: D&E*, XI(3), 62-79.
- Burneo, C. (2021). Aplicación de reutilización adaptativa y estrategias de flexibilidad en la arquitectura doméstica, a través de un caso de estudio de la ciudad de Loja [Escuela Para la Ciudad, Paisaje y Arquitectura]. UIDE.
- Cajigas, S., Santos, N., & Távara, E. (2020). Importancia del bambú como material alternativo en construcción de viviendas en el Centro Poblado Villa Vicus-Chulucanas en Piura 2020. [Escuela Profesional de Ingeniería de Civil, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70918/B_Cajigas_AS-Santos_GN-T%C3%A1vara_REDP-SD.pdf?sequence=1
- Cortez, J., Martines, E., Higuti, K., Lancarovici, A., Almeida, V., Gava, M., & Garcia, J. (2019). Tratamientos de preservación de *Bambusa vulgaris vittata* contra el ataque de *Dinoderus minutus*. *Madera y Bosques*, 25(2), 1-10. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.252550>
- Cueva, T., Jara, O., Arias, J., Flores, F., & Balmaceda, C. (2023). Métodos mixtos de investigación para principiantes (1.^a ed.). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.106>

Gómez, H., Rodríguez, S., & Ramal, R. (2020). El bambú Una solución ecológica sustentable como material de construcción. TZHOECOEN, 12(2), 253-262. <https://doi.org/10.26495/tzh.v12i2.1264>

Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). RECIMUNDO, 4(3), 163-173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)

Iñiguez, A. (2023, septiembre 11). El bambú en la vivienda latinoamericana: 10 casas que muestran el futuro del material en la arquitectura. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/1006383/el-bambu-en-la-vivienda-latinoamericana-10-casas-que-muestran-el-futuro-del-material-en-la-arquitectura>

Jaramillo, J. (2018). Técnicas y procesos para el curvado de Caña Guadua, aplicado a mobiliario y accesorios [Diseño de Objetos, Universidad Del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8236/1/13959.pdf>

José. (2019, agosto 23). Normativas para el uso del bambú. BAMBUTECTURA. <https://evidally.com/normativas-para-el-uso-del-bambu/>

Llaven, H., & Castañeda, G. (2023). Tecnología constructiva del Bambú Nativo. Otatea Fimbriata Soderstr., en el Estado de Chiapas, México. Revista Tecnología en Marcha, 36(3), 3-12. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i3.6076>

Muscio, E. (2020). Geometría, estructura y nudo en la constitución de superficies de entramados espaciales con fibras de bambú [PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.65306>

- Ordóñez, V., Mejía, T., & Bárcenas, G. (2020). Manual para la construcción sustentable con bambú (Vol. 2). Comisión Nacional Forestal. https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/manual_para_la_construccion_sustentable_con_bambu.pdf
- Peciña, D. (2023, junio 5). Día Mundial del Medio Ambiente: Bambú, el acero vegetal para las construcciones del siglo XXI. BID Mejorando vidas. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/dia-mundial-del-medio-ambiente-bambu-el-acero-vegetal-para-las-construcciones-del-siglo-xxi/>
- Pin, R., Coque, J., & Carabajo, S. (2019). Materiales nobles de la naturaleza: Caso caña guadúa del sector de Olón provincia de Santa Elena Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 11(1), 140-147. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Rodríguez, J. A., Abanto, C., Flores, M., Rodríguez, K., Castillo, D., Guerra, W., García, D., Guerra, H., & Revilla, J. (2023). Propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en Ucayali, Perú. *Ciência Florestal*, 33(1), e68029. <https://doi.org/10.5902/1980509868029>
- Sáenz, P. (2023). *Arquitectura Vernácula y Modernidad en el Uso del Bambú*. [TFG]. Universidad Politécnica de Madrid, 66.
- Torres, B., Segarra, M., & Bragança, L. (2019). El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 5, 389. <https://doi.org/10.30972/eitt.503787>

Varela, J., Baqueiro, L., Oliva, J., & Gómez, W. (2022). Propiedades mecánicas del bambú *dendrocalamus strictus* del sureste de México. *Ingeniería*, 26(2), 1-14.

Zaragoza, I., Ordóñez, V., Bárcenas, G., Borja, A., & Zamudio, F. (2015). Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(3), 505-516. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000045>

Zorrilla, A. (2021, enero 8). ¿Cómo se realiza una investigación documental o bibliográfica? *CAMPUS digital idyd*. <https://campusidyd.com/investigacion-documental-o-bibliografica/>