

La caña guadua como material versátil en la arquitectura: usos estructurales, funcionales y estéticos

Bamboo as a Versatile Material in Architecture: Structural, Functional, and Esthetic Uses

Walter David Cobeña Loor¹ (wdcobena@sangregorio.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0002-8123-8496>)

María Magdalena Toala Zambrano² (maria.toala@unesum.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0003-4822-1155>)

Jefferson Alexander Rodríguez Delgado³ (jrodriguezde@hotmail.com) (<https://orcid.org/0009-0004-9764-8643>)

Gema María Menéndez Navarro⁴ (gmmenendez@sangregorio.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0002-7131-2816>)

Luis Felipe Bacusoy Tumbaco⁵ (gmmenendez@sangregorio.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0001-6159-9115>)

Resumen

El interés hacia la caña guadua en la arquitectura sostenible se ha incrementado debido a la necesidad de materiales con menor huella ambiental, debido a sus tasas de crecimiento, eficiencia en la absorción de carbono y desarrollo técnico. El propósito del presente estudio es realizar un análisis sistemático sobre las aplicaciones estructurales, funcionales y decorativas en arquitectura con la caña guadua. Se llevó a cabo una revisión sistemática exploratoria de 19 artículos durante 2020-2025, priorizados según criterios adaptados de PRISMA, y se realizó un análisis mediante síntesis temática. Los resultados señalan que la guadua es competitiva en compresión, flexión, pandeo, ante un sistema sismorresistente, para sistemas de estructuras de madera laminada, para envoltentes, mobiliario y soluciones paramétricas. Igualmente se definen lineamientos técnicos indispensables en conservación, diseño de uniones y desempeño ambiental frente a barreras legislativas, resistencia física, comportamiento frente al fuego y percepción social. Se considera que la guadua representa una materia prima clave para la arquitectura sostenible del siglo XXI y que es necesaria la

¹ Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo, Ecuador-Portoviejo

² Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador-Portoviejo

³ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Ecuador-Portoviejo

⁴ Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo, Ecuador-Portoviejo

⁵ Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo, Ecuador-Portoviejo



consolidación de marcos regulatorios, la industrialización y la valorización cultural para que esta se traduzca en la materialidad del habitar.

Abstract

Interest in guadua bamboo in sustainable architecture has increased due to the need for materials with a lower environmental footprint, driven by its growth rates, carbon absorption efficiency, and technical development. The purpose of this study is to conduct a systematic analysis of the structural, functional, and decorative applications of guadua bamboo in architecture. An exploratory systematic review of 19 articles was conducted from 2020 to 2025, prioritized according to criteria adapted from PRISMA, and an analysis was performed using thematic synthesis. The results indicate that guadua is competitive in compression, bending, buckling, in seismic-resistant systems, in laminated timber structural systems, in cladding, in furniture, and in parametric solutions. Likewise, indispensable technical guidelines are defined for conservation, joint design, and environmental performance in the face of legislative barriers, physical resistance, fire behavior, and social perception. Guadua is considered a key raw material for 21st-century sustainable architecture, and the consolidation of regulatory frameworks, industrialization, and cultural valorization are necessary for it to be translated into the materiality of habitation.

Palabras clave: arquitectura sostenible; desempeño estructural; diseño paramétrico; guadua; materiales naturales.

Keywords: Sustainable architecture; structural performance; parametric design; guadua; natural materials.

Introducción

En la actualidad la crisis climática bajo la percepción de las propiedades de materiales circulares de bajo impacto, la caña guadua y otros bambúes se consideran materiales claves para una arquitectura ecológica, ya que cuentan con crecimiento acelerado, elevada captura de carbono y variable para ser aplicada en productos ingenierilizados de alto rendimiento (Ahmad et al., 2025; Correal, 2020). Las recientes investigaciones demuestran la viabilidad de llevar a obtener altos valores de resistencia en compresión y flexión especímenes tales como la Guadua, lo que les permite ser tomada en cuenta como respuesta factible frente a materiales convencionales en sistemas estructurales, de cubiertas y aun elementos de bahareque mejorado (Aduldejcharas, 2024; Bredenoord, 2024; Toro-Arango et al., 2023). Mientras tanto, la convergencia de tecnologías entre la digitalización, el diseño paramétrico, la fabricación de compuestos y el desarrollo de nuevos materiales está impulsando que los productos evolucionen de componentes básicos a elementos funcionales y expresiones estéticas del diseño contemporáneo (Hosseini et al., 2025; Lo et al., 2025; Segeur-Villanueva et al., 2023).

Sin embargo, el uso de la caña guadua en la arquitectura contiene varios tipos de retos técnicos, legales y de percepción y un complejo manejo de conocimientos, a pesar de este alentador panorama. Obviamente, hay retos para validar las propiedades mecánicas, modelos de diseño y detalles constructivos, así como la ausencia de códigos particulares, procedimientos de evaluación para durabilidad, comportamiento al fuego y rendimiento de conexiones, lo que limita su uso en construcciones de pequeña y mediana escala (Aniñón y Garciano, 2024; Correal, 2020; Fuqaha et al., 2025; Muhammad et al., 2024). Esto se suma a las representaciones sociales que asocian el bambú con la precariedad y la temporalidad, dificultando su legitimación como un material noble para la construcción de viviendas y para el mobiliario urbano (Bredenoord, 2024; Galmarini et al., 2022). Hoy en día, en este marco, no se tiene una sistematización que contemple las aplicaciones estructurales, funcionales y estéticas de la guadua basada en la evidencia científica, ni que clasifique parámetros de diseño y vacíos que conduzcan hacia una arquitectura sustentable y viable.

Los estudios físicos-mecánicas han desarrollado una robusta fundamentación explicativa del comportamiento estructural de diversas especies de guadua. Las caracterizaciones de compresión, tracción, corte y flexión han mostrado que biotipos como la *Guadua angustifolia* "Caña Mansa" en Ecuador o la *Guadua amplexifolia* (una especie de bambú) en Colombia alcanzan resistencias comparables a las de maderas y otros materiales estructurales, manteniendo densidades uniformes y comportamientos daeríticos de forma global, aunque son altamente modificables por variables climáticas y por la forma y configuración (Camargo Caicedo et al., 2024; Padilla et al., 2024). La realización de ensayos de pandeo para columnas de guadua permite hallar, para dichos materiales, factores de reducción y límites de esbeltez fiables y realistas, se valida métodos como Ylinen y Rankine-Gordon permitiendo diseñar elementos comprimidos con un excelente nivel de seguridad (Tri Bahtiar et al., 2020).

A la vez, se han reportado trabajos que analizaron las características del bambú como "acero vegetal" y el uso de este como reemplazo parcial del refuerzo de acero. Revisiones orientadas a la resistencia a la tracción, compresión y flexión muestran que especies como el *Dendrocalamus asper* (conocido como bambú gigante) y *Bambusa vulgaris* (conocido como bambú común) pueden utilizarse favorablemente en elementos temporales, pequeñas estructuras civiles y componentes no críticos si se controlan las irregularidades geométricas y se aplicaron tratamientos de preservación adecuados (Nor Ali et al., 2023; Toro-Arango et al., 2023). Estas contribuciones apoyan la factibilidad de la guadua para soluciones estructurales ligeras y sismo resistentes en vivienda social y en arquitectura de baja altura (Bredenoord, 2024; Yacelga Díaz & Nolivos Valiente, 2023).

Sobre conexiones y sistemas constructivos, las revisiones sirvieron para identificar una tendencia creciente en la investigación de uniones a culmo completo, siendo Moso y *Guadua angustifolia* las especies más estudiadas y con una marcada concentración de producción



científica en China (Aniñón & Garciano, 2024; Muhammad et al., 2024). Las técnicas se clasifican en sistemas tradicionales, modernos e híbridos, en los que se hacen presentes el uso de abrazaderas, conectores metálicos, rellenos compuestos e incluso soluciones impresas en 3D, pero también a hay mayor dispersión en cuanto a criterios del diseño y un entendimiento todavía incipiente de modos de falla y desempeño en el tiempo (Aduldejcharas, 2024; Correal, 2020). Paralelamente, tecnologías como el bahareque ingenieril y muros diafragma de bambú han evidenciado buen comportamiento sísmico y bajas emisiones de carbono, supeditado a un riguroso diseño de uniones, cimentaciones y protección al fuego (Bredenoord, 2024; Toro-Arango et al., 2023).

El diseño del producto y el desarrollo de productos a base de bambú ingenierizado representan una oportunidad clave para los usos funcionales y de alto valor. Recientes revisiones sistematizan tableros laminados, parallel strand bamboo, tableros de estera y de partículas, se destaca propiedades mecánicas similares o superiores a la madera, formatos estandarizados y aplicaciones que van desde acabados interiores y mobiliario hasta elementos estructurales y puentes peatonales (Hosseini et al., 2025). Los buenos resultados de estos materiales dependen críticamente del sistema adhesivo, contenido en resina, arquitectura de laminación, rugosidad superficial y tratamientos termoquímicos; los adhesivos como el MUF y más aún el PRF se caracterizan por la resistencia y estabilidad térmica, sin embargo, su base fósil y la elevada demanda energética de producen ellos confinan las posibilidades de sostenibilidad plena y de adopción amplitud (Sewar et al., 2024).

En la capa funcional y estética, la incorporación del bambú con herramientas digitales y metodologías de diseño avanzado está comenzando a alterar cómo se diseñan los elementos arquitectónicos. iBamboo es una plataforma que aúna escaneo 3D, algoritmos discretos, optimización topológica y ambientes XR gamificados para transformar irregulares en módulos de mobiliario y componentes configurables, maximizando la recuperación de material y minimizando los residuos (Lo et al., 2025). En cuanto a esto, se articulan criterios estructurales, lumínicos y simbólicos para configurar envolventes de doble curvatura accesibles y de bajo coste, y se postula que esta lógica puede ser transferida a otros escenarios (Segeur-Villanueva et al., 2023). Estas aproximaciones revelan que la guadua puede ser simultáneamente vector estructural, regulador ambiental y recurso expresivo en la arquitectura del hoy.

Desde una visión macro, análisis y revisiones de alcance muestran un aumento exponencial en la producción científica sobre construcción con bambú, establecida en clusters de desempeño estructural, sostenibilidad ambiental y desarrollo micro estructural (Fuqaha et al., 2025). Aun así, existen vacíos en cuanto a códigos de diseño particulares, el análisis de durabilidad, la inclusión de materiales inteligentes y la homogenización de productos ingenieriles, junto con la solicitud de ACV exhaustivos y esquemas de créditos de carbono



que reconozcan en mayor medida los servicios ecosistémicos de la guadua (Ahmad et al., 2025; Correal, 2020). Revisiones en América Latina en guadua abundan avances significativos si bien fragmentados, financiados en exceso por tesis de grado y vivencias locales y que si bien han promovido normas como la NEC-SE-GUADUA, flaquean en continuidad investigativa y consolidación industrial (Toro-Arango et al., 2023; Yacelga Díaz & Nolivos Valiente, 2023).

En última instancia, la caña guadua como material arquitectónico está condicionada por las dimensiones socioculturales. Estudios etnográficos dan cuenta de que, en asentamientos informales, el bambú es sinónimo de precariedad, riesgo e inseguridad, en contraste con la "vivienda en material" de mampostería u hormigón, como símbolo de éxito y estabilidad (Galmarini et al., 2022). Esta dicotomía de alto rendimiento técnico, baja valoración simbólica, se hace manifiesta, creando una fuerte demanda para desarrollar un pensamiento holístico que un componente estructural-funcional-estético (aspectos estéticos y socioculturales) en la investigación arquitectónica.

La información sistematizada evidencia el gran potencial de la guadua como material estructural, funcional y estético con baja huella de carbono, pero dicho conocimiento se encuentra aún fragmentado en estudios acerca de sus características mecánicas, desarrollo de productos, diseño digital, análisis normativos, así como investigaciones socioculturales que dilucidan barreras, entre otros, dificultando la traducción de los mismos a un conjunto coherente de criterios para el diseño arquitectónico (Aduldejcharas, 2024; Hosseini et al., 2025; Lo et al., 2025). Un análisis sistemático para sintetizar y comparar evidencia sobre aplicaciones arquitectónicas permitidas para la guadua facilitará identificar tipologías de aplicación, rangos de desempeño, requisitos de diseño, beneficios, limitaciones y tendencias emergentes y proporcionando una base conceptual-técnica para guiar decisiones de proyecto, informar cambios normativos, y fortalecer a políticas para vivienda y equipamientos sostenibles para contextos rurales y urbanos (Bredenoord, 2024; Fuqaha et al., 2025; Yacelga Díaz & Nolivos Valiente, 2023).

Este artículo se centra en la revisión de la ciencia pos la adopción de guadua en la construcción arquitectónica, evaluando tres áreas de aplicación relacionadas: aplicaciones estructurales (elementos estructurales, sistemas de arriostramiento y resguardos estructurales), aplicaciones funcionales (cerramientos, divisiones, mobiliario y componentes para el acondicionamiento medioambiental) y expresiones estéticas (disposiciones espaciales, texturas, patrones y recursos simbólicos), sin cubrir otros sectores de la cadena de valor tales como alimento, farmacéutico o energético como biomasa (Ahmad et al., 2025; Hosseini et al., 2025). La revisión incluirá trabajos experimentales, estudios de caso, proyectos de diseño digital, revisiones y análisis regulatorios publicados preferentemente en las últimas dos décadas, con énfasis en trabajos que abracen desempeño técnico, criterios de



sostenibilidad y decisiones de diseño, señalando vacíos relacionados a la durabilidad, comportamiento al fuego, percepción social y escalabilidad industrial (Correal, 2020; Fuqah et al., 2025; Galmarini et al., 2022).

El propósito de la revisión es realizar un análisis exhaustivo de la literatura actual sobre la caña guadua como materia prima multifuncional en la arquitectura para reconocer sus posibles usos en las aplicaciones estructurales, funcionales, estéticas y los criterios técnicos, ventajas, limitaciones y tendencias emergentes que influyen en su utilización en el diseño arquitectónico sostenible (Aduldejcharas, 2024; Bredenoord, 2024; Hosseini et al., 2025; Toro-Arango et al., 2023).

Metodología

Diseño del estudio:

Se efectuó una revisión sistemática de alcance (scoping review) con el propósito de describir y sintetizar el conocimiento disponible sobre la guadua como un material multifuncional en arquitectura, siguiendo las directrices metodológicas planteadas por Manchado Garabito et al. (2009), para revisiones sistemáticas exploratorias, para el campo de arquitectura e ingeniería de construcción.

Este diseño facilitó la inclusión de investigaciones con enfoques diversos (experimentales, analíticos, estudios de caso, revisiones, y propuestas de diseño) y una variedad de medidas de resultado (propiedades mecánicas, desempeño estructural, funcional y estético, criterios de diseño y de sostenibilidad), en concordancia con la finalidad de determinar aplicaciones y líneas emergentes en la arquitectura sostenible aplicada a la guadua.

Criterios de inclusión y exclusión

Se establecieron previamente los criterios de inclusión en cuanto a periodo, tipo de documento contenido y calidad metodológica, conforme al protocolo recomendado para este tipo de revisiones

Se consideraron los artículos científicos publicados entre 2020 y 2025, que hubieran sido objeto de revisión por pares y escribiesen en español, inglés o portugués, los cuales mencionaran explícitamente el uso de la caña guadua (o especies del género *Guadua* utilizada como material constructivo) en aplicaciones estructurales, funcionales o estéticas, así como aquéllos que proporcionaran parámetros técnicos de diseño, evaluación del desempeño, sostenibilidad o percepción social en contexto arquitectónico.



Fuentes de información y estrategia de búsqueda:

Se realizó la identificación de la evidencia en bases de datos de alto nivel entre 25 diciembre 2019 y el 3 de febrero 2020, atendiendo al protocolo establecido para buscar y seleccionar material (fuentes), Manchado Garabito et al. (2009).

Se accedió a Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Taylor & Francis Online, Google Scholar y, como complemento, se hicieron búsquedas específicas en repositorios de arquitectura y construcción (MDPI, Elsevier, SpringerLink) y en sitios institucionales relevantes en cuanto a normas y guías técnicas. La estrategia sugirió una combinación de descriptores controlados con términos libres en relación a "Guadua angustifolia" "guadua bamboo", "bamboo architecture", "structural bamboo", "engineered bamboo", "bamboo housing", "bamboo composites" y "parametric bamboo design", unidos a través de operadores booleanos y filtros de período (2020 – 2025), tipo de documento (artículo) y de idioma. La búsqueda se actualizó hasta el segundo semestre de 2025.

Proceso de selección y clasificación de estudios:

De acuerdo con las pautas para revisiones de abastecimiento sistemático, se realizó en dos etapas el proceso de selección: primera la revisión por título y resumen, y después la evaluación del texto completo de los documentos probablemente útiles (Manchado Garabito et al., 2009).

Dos evaluadores revisaron de forma independiente si los registros eran "relevantes" o "no-relevantes", los desacuerdos fueron resueltos por consenso. Posteriormente se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, se eliminaron los duplicados, y se priorizaron a los estudios con mayor relevancia temática y rigor metodológico. Finalmente, se incluyeron 19 artículos. La elección se informó a través de un diagrama de flujo modificado que cumple con los requisitos PRISMA para revisiones sistemáticas y meta-análisis, detallando los motivos para la exclusión en cada paso.

Definición de variables y extracción de datos:

De acuerdo con la estructura sugerida para las revisiones exploratorias, se establecieron tres grupos de variables: bibliométricas, relacionadas con la calidad metodológica y con el contenido del tema. Trabajos coincidentes destacaba como máximo al más coherente con el ámbito de aplicación resumido y, a la vez, con diversas variables bibliométricas: origen de la base de datos, año de publicación, revista, tipo de estudio, filiación institucional, país de los autores e idioma, para describir la producción científica sobre guadua en arquitectura; variables de calidad incluyen el tipo de diseño (experimental, numérico, estudio de caso, revisión, propuesta metodológica), claridad de objetivos, adecuación del método, transparencia en la presentación de datos y limitaciones declaradas, permitiendo valorar la



fortaleza de la evidencia sin excluir diversos diseños; Las variables de contenido incluyeron el rol de la guadua (elemento estructural, componente de Cerramiento, mobiliario, elemento estético), propiedades físico-mecánicas reportadas, tipo de sistemas constructivos, estrategias de diseño (incluyendo uso de herramientas digitales, diseño paramétrico o enfoques participativos), criterios de sostenibilidad (huella de carbono, desempeño energético, uso de recursos), así como ventajas, limitaciones y recomendaciones para su integración en arquitectura.

La extracción de datos fue llevada a cabo por dos revisores de manera independiente a partir de matrices estandarizadas, las incertidumbres se resolvieron mediante una relectura conjunta del texto.

Análisis y síntesis de la información:

Dadas el carácter exploratorio de revisión y la heterogeneidad de diseños y resultados, no se realizó un análisis cuantitativo, optando por una narración estructurada en categorías temáticas, al igual que recomiendan Manchado Garabito et al. (2009) para las revisiones sistemáticas exploratorias.

En primer lugar, se realizó un análisis bibliométrico descriptivo para examinar la distribución temporal, revistas, países e instituciones líderes, con el objeto de revelar tendencias en la producción científica acerca de la guadua en arquitectura. Después, se desarrolló un análisis temático en tres ejes principales: (i) aplicaciones estructurales de la guadua (elementos portantes, sistema sismorresistente, columnas, vigas, muro de bahareque mejorado y compuestos estructurales); (ii) aplicaciones funcionales (cerramientos, particiones, pavimentos, mobiliario arquitectónico y elementos de acondicionamiento ambiental); (iii) manifestaciones estéticas e innovación formal (envolventes paramétricas, pabellones experimentales, integración con herramientas digitales y narrativas culturales).

Se analizaron en cada eje parámetros técnicos de diseño (criterios), beneficios, limitaciones y tendencias, también brechas de investigación en durabilidad, comportamiento al fuego, normalización, percepción social y escalabilidad industrial. Por último, se discutieron las oportunidades que los resultados abren tanto para la práctica de la arquitectura sostenible, y para la elaboración de agendas de investigación y desarrollo normativo en torno a la caña guadua.

Resultados

Tabla 1

Características de los artículos seleccionados según año, país y base de datos (2020–2025)

N.º	Autores / Artículo	Año	País(es) de procedencia	Base de datos
1	Aduldejcharas	2024	Tailandia	Scopus / WoS
2	Ahmad et al.	2025	India – China – Internacional	Scopus / MDPI
3	Aniñon & Garciano	2024	Filipinas	Scopus / MDPI
4	Bredenoord	2024	Países Bajos	Scopus / MDPI
5	Camargo Caicedo et al.	2024	Colombia	ScienceDirect (Elsevier)
6	Consuegra et al.	2024	Filipinas	Google Scholar / Rev. indexada
7	Correal	2020	Colombia	SpringerLink / WoS
8	Fuqaha et al.	2025	Indonesia – Egipto – Internacional	Scopus
9	Galmarini et al.	2022	España – México – Brasil	MDPI
10	Hosseini et al.	2025	Irán – Rep. Checa – China	Scopus / MDPI
11	Lo et al.	2025	China – Sudáfrica – EE. UU.	Scopus / MDPI
12	Muhammad et al.	2024	Filipinas – Indonesia	Scopus / MDPI
13	Nor Ali et al.	2023	Malasia	Google Scholar / Rev. indexada
14	Padilla et al.	2024	Ecuador	ScienceDirect (Elsevier) / Scopus
15	Segeur-Villanueva et al.	2023	Colombia	Scopus / MDPI
16	Sewar et al.	2024	Malasia – Yemen – India	ScienceDirect (Elsevier)
17	Toro-Arango et al.	2023	Colombia	Google Scholar / Rev. indexada
18	Tri Bahtiar et al.	2020	Indonesia – Colombia – Polonia	ScienceDirect (Elsevier)
19	Yacelga Díaz & Nolivos Valiente	2023	Ecuador	Google Scholar / Rev. indexada

Fuente: Elaboración propia

La descripción de los 19 artículos seleccionados permite evidenciar una literatura científica incipiente y en proceso de diversificación geográfica sobre la caña guadua y el bambú, con una concentración marcada hacia el periodo de 2023 a 2025 y una incidencia destacada de países asiáticos (China, India, Filipinas, Indonesia, Irán) y latinoamericanos (Colombia, Ecuador), demostrando así su importancia tanto en contextos tradicionales como en agendas globales de sostenibilidad. Colombia se postula

como uno de los principales ejes, seguido por Filipinas y Ecuador, mientras que bases de datos de mucho impacto tales como Scopus, MDPI y ScienceDirect son las mayores plataformas de difusión, siendo estas acompañadas por repositorios regionales indexados. La existencia de investigaciones de distintas regiones, así como de repositorios consolidados corrobora la naturaleza multidisciplinar y transnacional del campo, subrayando además el interés en crecimiento en las aplicaciones estructurales, funcionales, y estéticas de la guadua en la arquitectura actual.

Tabla 2

Enfoques estructurales, funcionales y estéticos de los artículos seleccionados (2020–2025)

<i>N.º</i>	<i>Autores</i>	<i>Enfoque estructural</i>	<i>Enfoque funcional</i>	<i>Enfoque estético / formal</i>
1	Aduldejcharas (2024)	Compresión, uniones, simulación ANSYS; desempeño estructural.	Optimización del material para eficiencia constructiva.	No reportado.
2	Ahmad et al. (2025)	Potencial del bambú en aplicaciones industriales y estructurales.	Usos multipropósito (biomasa, alimentos, materiales).	No reportado.
3	Aniñon & Garciano (2024)	Revisión de uniones tradicionales, modernas e híbridas; modos de falla.	Sistemas de conexión aplicables a construcción ligera.	No reportado.
4	Bredenoord (2024)	Vivienda sismorresistente; bahareque ingenieril; muros diafragma.	Soluciones de bajo costo para vivienda social.	Envolventes vernáculos contemporáneas.
5	Camargo Caicedo et al. (2024)	Propiedades a compresión de G. amplexifolia; diseño estructural.	Aplicabilidad a elementos comprimidos y compuestos.	No reportado.
6	Consuegra et al. (2024)	Resistencia a flexión perpendicular en G. angustifolia.	Parámetros para diseño de elementos no portantes.	No reportado.
7	Correal (2020)	Estado del arte del diseño estructural: LRFD, fuego, uniones.	Directrices técnicas para construcción con bambú.	Potencial para arquitectura sostenible.
8	Fuqaha et al. (2025)	Clúster estructural: macroanálisis global del campo.	Sostenibilidad y cadenas de valor emergentes.	Tendencias en diseño y materiales híbridos.
9	Galmarini et al. (2022)	Percepción del uso del bambú en estructuras vernáculos.	Evaluación del uso en asentamientos informales.	Estéticas asociadas a pobreza o temporalidad.
10	Hosseini et al. (2025)	Propiedades estructurales de compuestos laminados.	Productos estandarizados para acabados y mobiliario.	Aplicaciones formales en tableros y superficies.

11	Lo et al. (2025)	Modelado geométrico y optimización topológica.	Flujo digital para diseño modular y mobiliario.	Envolventes y formas generadas por escaneo 3D.
12	Muhammad et al. (2024)	Análisis de culmos, rigideces, modos de falla y tipologías.	Síntesis para diseño conceptual de edificaciones.	No reportado.
13	Nor Ali et al. (2023)	Comparación estructural con barras de acero; tracción y compresión.	Sustitución parcial del acero en elementos secundarios.	No reportado.
14	Padilla et al. (2024)	Caracterización completa: compresión, tracción, corte, flexión.	Insumo para normativas y diseño local.	No reportado.
15	Segeur-Villanueva et al. (2023)	Análisis geométrico y estructural de pabellón paramétrico.	Función de iluminación, accesibilidad y confort.	Diseño estético informado por patrimonio cultural.
16	Sewar et al. (2024)	Adhesión y desempeño mecánico en compuestos de bambú.	Procesamiento, manufactura y calidad del material.	Acabados y potencial decorativo en laminados.
17	Toro-Arango et al. (2023)	Comportamiento viscoelástico y sismorresistencia.	Aplicación en diseño industrial y arquitectura ligera.	Valoración estética del “acero vegetal”.
18	Tri Bahtiar et al. (2020)	Resistencia al pandeo y ecuaciones de diseño.	Diseño de columnas y elementos comprimidos.	No reportado.
19	Yacelga Díaz & Nolivos Valiente (2023)	Estudios regionales sobre construcción con guadua.	Evaluación de usos en vivienda y equipamientos.	Tradición estética y diseño vernáculo.

Fuente: Elaboración propia

El análisis comparativo muestra que la mayor parte de investigaciones se hacen en relación al rendimiento estructural de la guadua, estudiando las propiedades mecánicas específicas, como compresión, flexión, pandeo, rigideces, evaluando las uniones, compuestos, tipologías constructivas y se realiza una consolidación de un campo muy orientado a validar la viabilidad de este como material estructural sostenible. En cuanto a funcional, se resalta que el uso de los artículos cubre vivienda social, muebles, elementos no portantes, manufactura, eficiencia constructiva y diseño digital, lo cual evidencia que comienza a diversificarse más allá del uso estructural puro. En contraste, el desarrollo estético y formal es menos común, ligado a diseño paramétrico, expresiones culturales, acabados laminados y percepciones sociales, evidenciando que las dimensiones estética y simbólica todavía diferencian emergentes dentro de la investigación arquitectónica sobre la guadua.

Discusión

Los resultados de la revisión corroboran la hipótesis fundamental del estudio: la caña guadua es un material arquitectónico adaptable, que desarrolla su potencial en tres niveles de análisis vinculados entre sí: estructural, funcional y estético-cultural. En cuanto a la estructura, hay



consenso en que varias especies de guadua y otros bambús para estructuras tienen valores de resistencia a la compresión, flexión, corte y pandeo comparables a materiales tradicionales, siempre que se tengan en cuenta parámetros geométricos, condiciones de humedad, impregnación y el diseño en las uniones (Aduldejcharas, 2024; Camargo Caicedo et al., 2024; Consuegra et al., 2024; Padilla et al., 2024; Tri Bahtiar et al., 2020). En razón de habilidades técnicas, la guadua es un material fundamental para casa de interés social, equipamientos livianos, mobiliario, sistemas de cerramiento y compuestos laminados, combinando prestaciones técnicas con estándares de sustentabilidad y economía de recursos (Bredenoord, 2024; Hosseini et al., 2025; Sewar et al., 2024; Toro-Arango et al., 2023). Finalmente, aunque escasamente desarrollada aparece la estética y simbólica relacionada con procesos paramétricos, integración del patrimonio cultural y percepciones sociales que deja al descubierto que la guadua no sólo soporta cargas sino que construye narrativas espaciales y culturales en distintos ámbitos (Galmarini et al., 2022; Lo et al. (Segeur-Villanueva et al., 2023; Yacelga Díaz & Nolivos Valiente, 2023). En general, los resultados confirman la hipótesis planteada y demuestran tanto la fuerza del ámbito como la existencia de vacíos críticos normativos en durabilidad, comportamiento al fuego y aceptación social.

La revisión confirma y actualiza el escenario planteado en informes anteriores sobre arquitectura con bambú estructural y diseño y construcción con bambú estructural que indicaban un crecimiento rápido, utilidad en captura de carbono, función en productos laminados y captura de carbono si se emplean propiedades confiables y se contemplan cálculo estructural, conservación y respuesta al fuego (Correal, 2020). Los más recientes trabajos experimentales en son la optimización de *Dendrocalamus asper* (bambú gigante) que revela elevadas fuerzas a compresión y pongo el acento en que las conexiones son críticas en el desempeño global de sistemas columna-viga (Aduldejcharas, 2024), y la caracterización de *Guadua amplexifolia* (tipo de bambú) y del biotipo ecuatoriano "Caña Mansa" que demuestra ductilidad y capacidad competitiva como se compara con otros tipos de guadua y madera para construcción (Camargo Caicedo et al., 2024; Padilla et al., 2024). Resulta congruente con los resultados sobre columnas de *Guadua angustifolia* donde se establecen ecuaciones particulares y límites de esbeltez para un diseño confiable (Tri Bahtiar et al., 2020). Los resultados también se alinean con los informados en donde se ha planteado el bambú como "alternativa verde" al acero de refuerzo: las resistencias a tensión, compresión y flexión de *D. asper* y *Bambusa vulgaris* justifican su aplicación en elementos secundarios y pequeños proyectos civiles, siempre que se consideren las irregularidades geométricas y los tratamientos de preservación (Nor Ali et al., 2023).

Respecto a sistemas constructivos y conexiones, la revisión confirma el crecimiento vertiginoso documentado en uniones tradicionales, modernas e híbridas, y en soluciones con abrazaderas, elementos compuestos o incluso tecnologías impresas en 3D (Aniñón & Garciano, 2024). Sin embargo, aún existen discrepancias en cuanto a los criterios de diseño,



modos de falla y evaluación del desempeño a largo plazo, lo cual converge con el diagnóstico de que las normativas vigentes contemplan un reducido número de especies y no toman en consideración en suficiente detalle la distribución de fibras la rigidez de las uniones ni de los parámetros de cargas específicos (Correal, 2020; Muhammad et al., 2024). En este sentido los hallazgos bibliométricos y mapeo espacial global denotan un crecimiento del 156,6 % en la investigación del bambú en construcción, agrupada en clusters de rendimiento estructural, sostenibilidad ambiental y microestructura, a la vez que revelan vacíos en códigos de diseño, estandarización de productos y evaluación de durabilidad (Fuqaha et al., 2025). Las investigaciones sobre la vivienda de bambú confirman que este sistema puede brindar un mejor desempeño sísmico y una menor huella de carbono que el bloque y concreto, siempre y cuando se respeten tratamiento, uniones, cimentaciones y protección al fuego (Bredenoord, 2024; Toro-Arango et al., 2023). Sin embargo, estudios etnográficos efectuados en asentamientos informales apuntan a que el bambú continúa vinculado a pobreza, temporalidad e inseguridad, mientras que la "casa de material" aparece como modelo de habitabilidad digna (Galmarini et al., 2022). Esta contradicción entre alta eficiencia técnica y escaso reconocimiento simbólico se relaciona con estudios regionales en donde si bien se resalta la centralidad en la guadua en normas como la NEC-SE-GUADUA también se pone en evidencia la atomización de la investigación latinoamericana y la carencia de continuidad y sistematización productiva (Toro-Arango et al., 2023; Yacelga Díaz & Nolivos Valiente, 2023).

Por último, la vertiente estética y de innovación formal se ve enriquecida con propuestas de diseño paramétrico ICH informadas por patrimonio cultural en las que la geometría de la guadua, sus propiedades mecánicas y el desempeño lumínico culminan en pabellones comunitarios de doble curvatura, con capacidad de repetirse en otros lugares (Segeur-Villanueva et al., 2023). Esta línea converge con flujos digitales como iBamboo que integran escaneo 3D, algoritmos discretos, optimización topológica y ambientes XR gamificados para convertir tallos irregulares en módulos de mobiliario aprovechando al máximo el material y ampliando las oportunidades expresivas (Lo et al., 2025). En su conjunto, los resultados de la revisión evidencian una continuidad con la literatura, pero la traslapan hacia espacios emergentes en donde la guadua es soporte estructural, recurso funcional y mediadora de valores culturales y estéticos.

A nivel teórico, los resultados sugieren replantear la comprensión de la caña guadua desde una lógica "tecno-vernacular", es decir métodos de construcción mezcla la ingeniería de materiales, la arquitectura sostenible y las ciencias sociales. La evidencia a nivel de estructura fortalece la noción de la guadua como un "acero vegetal" el cual puede ser incorporado dentro de marcos LRFD, análisis de estabilidad y diseño de uniones complejas, con la condición que se tengan en cuenta las particularidades anatómicas y de variabilidad inter e intraespecie (Aduldejcharas, 2024; Camargo Caicedo et al., 2024; Consuegra et al., 2024; Tri Bahtiar et

al., 2020). Al mismo tiempo se deben desarrollar teorías de desempeño conjugadas con estrategias de ciclo de vida, economía circular y evaluación del carbono incorporado para hacer frente a los avances en compuestos laminados, sistemas adhesivos y productos ingenierizados (Ahmad et al., 2025; Hosseini et al., 2025; Sewar et al., 2024). La combinación de herramientas paramétricas, flujos digitales y enfoques de patrimonio cultural al campo teórico hacia nociones de diseño informacional, co-diseño comunitario, estética relacional (Lo et al., 2025; Segeur-Villanueva et al., 2023).

Desde la aplicación, la revisión brinda recursos prácticos para el diseño arquitectónico y la ingeniería. En primer término, el balizamiento de propiedades físico-mecánicas y modelos de pandeo cuentan con parámetros que permiten diseñar columnas, vigas y paneles de guadua para casas y para construcciones de baja y mediana altura en base a datos representativos y ecuaciones validadas con experimentos (Camargo Caicedo et al., 2024; Padilla et al., 2024; Tri Bahtiar et al., 2020). En primer lugar, las armonizaciones en el bahareque ingenieril, muros diafragma, y sistemas de uniones, posibilitan la optimización de detalles constructivos, el desempeño sismorresistente, y la minimización de riesgos de fallas localizadas en nodos y conexiones, lo cual es un tema fundamental para la confiabilidad y aceptabilidad de la guadua en normatividad estructural (Aniñón & Garciano, 2024; Bredenoord, 2024; Muhammad et al., 2024). En tercer lugar, los avances en laminados y compuestos permiten la exploración de soluciones industrializables para acabados, mobiliario y componentes modulares que pueden ser estandarizados y prefabricados, aunque aún limitados por la dependencia de adhesivos fósiles y altos niveles de energías (Hosseini et al., 2025; Sewar et al., 2024).

Igualmente, los hallazgos sobre percepción social y representaciones de la vivienda en bambú señalan que las estrategias de ejecución no pueden quedarse en los argumentos técnicos, sino deben incluir también procesos de diseño participativo, comunicación y revalorización cultural, particularmente en contextos de informalidad urbana y vivienda social (Galmarini et al., 2022; Yacelga Díaz & Nolivos Valiente, 2023). La combinación de políticas públicas, subsidios, formación comunitaria y cadenas de suministro justas, indicada como requisito para llevar a escala experiencias exitosas de vivienda en bambú, representa una ineludible agenda práctica para gobiernos locales, organismos multilaterales y universidades (Bredenoord, 2024; Fuqaha et al. 2025; Toro-Arango et al., 2023).

Entre las fortalezas más importantes de esta revisión se destaca el enfoque global adoptado y no queda circunscrito únicamente al análisis tradicional estructural, en lugar de ello integra aplicaciones estructurales, funcionales y estéticas con parámetros sostenibles, de innovación digital y social. Esta visión supera fragmentaciones y permite ofrecer un mapa unificado del estado del arte de la arquitectura a partir de la guadua en el periodo de tiempo 2020-2025. Así mismo el estudio se sustenta por un protocolo de revisión sistemática y exploratoria, con criterios de inclusión y exclusión, buscada en varias bases de datos de alto impacto y análisis



temático de 19 artículos abarcando diversas escalas y contextos geográficos (Correal, 2020; Fuqaha et al., 2025; Yacelga Díaz & Nolivos Valiente, 2023).

No obstante, también es preciso mencionar limitaciones que condicionan la interpretación y la generalización de los resultados. En primer lugar, aunque el número de estudios incluidos es suficiente para identificar tendencias, sigue siendo moderado y fuertemente sesgado hacia la investigación experimental en las propiedades mecánicas y los análisis estructurales, lo cual disminuye relativa importancia a los estudios sobre estética, percepción, diseño urbano y políticas públicas (Camargo Caicedo et al., 2024; Consuegra et al., 2024; Padilla et al., 2024). En segundo lugar, la diversidad de metodologías, escalas de análisis y especies de bambú estudiadas representa una barrera para llevar a cabo metaanálisis cuantitativos homogéneos, orientando la síntesis a sistemas narrativos (Aniñón & Garciano, 2024; Muhammad et al., 2024; Sewar et al., 2024). En tercer lugar, la búsqueda se limitó a artículos científicos revisados por pares en tres idiomas, lo que pudo haber excluido literatura gris, experiencias comunitarias y estudios locales que tengan relevancia para la práctica arquitectónica, especialmente en contextos del sur global (Galmarini et al., 2022; Yacelga Díaz & Nolivos Valiente, 2023). Por último, la revisión se concentró en el periodo 2020-2025, por lo que algunos estudios fundamentales anteriores solo se mencionaron contextualmente y no se incluyeron en el cuerpo principal del texto.

Basándose en las lagunas identificadas se trazan varias líneas prioritarias para futuras investigaciones. En términos de la estructura, deben desarrollarse modelos experimentales y numéricos que consideren conjuntamente propiedades mecánicas, efectos de durabilidad, comportamiento al fuego y rendimiento bajo cargas cíclicas, que permitan generar datos para normas de diseño que se adapten regionalmente (Aduldejcharas, 2024; Correal, 2020; Tri Bahtiar et al., 2020). También son necesarios estudios específicos sobre uniones, rigideces y modos de falla en sistemas de tallo completo y compuestos híbridos, considerando el efecto de la distribución de fibras, detalles de conexión y de las imperfecciones geométricas, tópicos reconocidos como críticos, pero aun insuficientemente modelados por la literatura existente (Aniñón & Garciano, 2024; Muhammad et al., 2024; Nor Ali et al., 2023).

En los materiales ingenierizados, investigaciones futuras deberían abarcar adhesivos de origen biológico, procesos de fabricación con emisiones más bajas y rutas de reciclaje o reutilización para materiales de guadua, integrando la innovación tecnológica con los principios de la economía circular y minimizando la dependencia de insumos fósiles (Ahmad et al., 2025; Hosseini et al., 2025; Sewar et al., 2024). De igual manera, se requieren estudios de ciclo de vida como el análisis comparativo entre sistemas de guadua, madera, acero y concreto, que permita una mejor cuantificación de los beneficios climáticos y ambientales en diferentes lugares geográficos (Bredenoord, 2024; Fuqaha et al., 2025; Toro-Arango et al., 2023). En términos funcionales y estéticos, hay posibilidades para explorar en el desarrollo

de tipologías arquitectónicas que usen guadua en envolventes paramétricas, mobiliario urbano, infraestructuras ligeras y espacios públicos, aprovechando las potencialidades de flujos digitales como iBamboo y metodologías de diseño fundamentadas en patrimonio cultural (Lo et al., 2025; Segeur-Villanueva et al., 2023). Estos enfoques podrían articularse con líneas de investigación en percepción social, apropiación simbólica y procesos de co-diseño con comunidades, en particular en contextos de vivienda social y asentamientos informales, donde aún perduran estigmas asociados al bambú como "material pobre" (Galmarini et al., 2022; Yacelga Díaz & Nolivos Valiente, 2023). Por último, se aconseja explorar modelos de gobernanza, marcos regulatorios y políticas de apoyo para facilitar el desarrollo de cadenas de valor verdes para la guadua, vinculado a producción local, formación técnica y la innovación arquitectónica en agendas de infraestructura baja en carbono y resiliente (Ahmad et al., 2025; Bredenoord, 2024; Fuqaha et al., 2025).

Conclusiones

El análisis de los 19 artículos evidencia que, con esta revisión sistemática, se puede afirmar que la guadua es un material arquitectónico con buenas propiedades técnicas y con múltiples posibilidades de aplicación. A nivel estructural, se demuestra competitividad en compresión, flexión y pandeo, con un creciente nivel de sofisticación en las uniones, sistemas sismorresistentes y productos ingenierados. Productivamente, la guadua se aplica en la construcción de vivienda popular, mobiliario, equipamientos livianos, cerramientos, y productos laminados que complementan eficiencia constructiva, bajo peso y mitigación de la huella de carbono. En el plano de diseño, se trabaja en experiencias, integración de patrimonio cultural y nuevas expresiones formales, pero todavía con menor calado que los estudios puramente mecánicos. Transversalmente, los documentos señalan claros beneficios, reciclabilidad, rendimiento estructural, potencial para industrialización— junto con limitaciones críticas en normativas, durabilidad, comportamiento al fuego, empleo de adhesivos fósiles y percepciones sociales que vinculan a la guadua con la precariedad. Con respecto al propósito de investigar de manera sistemática la evidencia científica que respalda el empleo de la caña guadua como un material flexible que puede emplearse en diferentes elementos de la arquitectura, los resultados pueden responder: (i) en su uso estructural, son columnas, vigas, sistemas de bahareque ingenieril, muros diafragma, paneles compuestos y productos laminados, apoyados en caracterizaciones físico-mecánicas robustas y en modelos de diseño específicos; (ii) en sus usos funcionales se concretan en soluciones de vivienda social, cerramientos, mobiliario, componentes de acondicionamiento ambiental y elementos modulares, respaldados en criterios de eficiencia constructiva, ligereza y sostenibilidad; y (iii) en sus manifestaciones se expresan en envolventes paramétricas, pabellones experimentales y proyectos informados por patrimonio cultural, aún con menor sistematicidad. La revisión también destaca criterios técnicos —control de humedad, preservación, diseño de uniones, límites de esbeltez, desempeño de adhesivos, evaluación

sísmica y ambiental— al tiempo que define ventajas (baja huella de carbono, renovabilidad, potencial de industrialización) y barreras (brechas normativas, durabilidad, fuego, percepción social) que condicionan su generalización para su uso en la arquitectura sostenible. En conclusión, la caña guadua se presenta como un material estratégico para la arquitectura del siglo XXI: con la capacidad de articular alto desempeño estructural, multifuncionalidad y potencial expresivo con agendas de descarbonización, economía circular y revaloración cultural. No obstante, para que se genere una verdadera incorporación de la caña al diseño arquitectónico sostenible es preciso superar la lógica del “material alternativo” y comenzar a construir un sistema coherente de conocimiento, normativa, industria y cultura que visibilice a la guadua no como un material de sustitución, sino como un material de referencia. La investigación que aquí se presenta ofrece una fundamentación ordenada para ese tránsito, pero la responsabilidad para hacer de esta promesa una transformación edificada descansa también ahora en la reunión entre academia, profesión, comunidades y tomadores de decisión.

Referencias

- Aduldejcharas, R. (2024). Bamboo (*Dendrocalamus asper*) as an eco-friendly sustainable material: Optimising mechanical properties and enhancing load-bearing capacity for environmental architectural design. *Nakhara: Journal of Environmental Design and Planning*, 23(2), Article 414. <https://doi.org/10.54028/NJ202423414>
- Ahmad, Z., Kumari, R., Mir, B., Saeed, T., Firdaus, F., Vijayakanth, V., Keerthana, K., Ramakrishnan, M., & Wei, Q. (2025). Bamboo for the future: From traditional use to Industry 5.0 applications. *Plants*, 14(19), 3019. <https://doi.org/10.3390/plants14193019>
- Aniñón, M. J. C., & Garciano, L. E. O. (2024). Advances in connection techniques for raw bamboo structures—A review. *Buildings*, 14(4), 1126. <https://doi.org/10.3390/buildings14041126>
- Bredenoord, J. (2024). Bamboo as a sustainable building material for innovative, low-cost housing construction. *Sustainability*, 16(6), 2347. <https://doi.org/10.3390/su16062347>
- Camargo Caicedo, Y., Montoya Arango, J. A., & Acosta Acosta, R. (2024). Study on compressive strength of bamboo (*Guadua amplexifolia* J. Presl) in San Jorge River basin, Colombia. *Results in Engineering*, 24, 102926. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102926>
- Consuegra, E. G. R., Aquino, L. L. C., Casiano, R. J. S., Estores, G. B., & Cacanando, C. J. D. (2024). Regression analysis of bending perpendicular property of *Guadua Angustifolia* (Iron Bamboo). *Journal of Civil and Construction Engineering Research*, 1(1), 28–36. <https://doi.org/10.64820/AEPJCCER.11.28.36.122024>
- Correal, F. F. (2020). Bamboo design and construction. En *Nonconventional and vernacular construction materials* (pp. 522–559). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102704-2.00019-6>

- Fuqaha, S., Zaki, A., & Nugroho, G. (2025). Bamboo in construction: Mapping global trends, strategic clusters, and future research pathways. *Research on Engineering Structures & Materials*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.17515/resm2025-825ma0418rs>
- Galmarini, B., Costa, P., & Chiesi, L. (2022). Natural building materials and social representations in informal settlements: How perceptions of bamboo interfere with sustainable, affordable, and quality housing. *Sustainability*, 14(19), 12252. <https://doi.org/10.3390/su141912252>
- Hosseini, M., Gaff, M., Wei, Y., & Tu, C. (2025). Engineered bamboo building materials: Types, production, and applications. *Forests*, 16(4), 662. <https://doi.org/10.3390/f16040662>
- Lo, T., Sun, K., Chen, Y., Bruyns, G., & Elkin, D. (2025). iBamboo: Proposing a new digital workflow to enhance the design possibilities of irregular bamboo materials—From scanning to discrete to topological. *Electronics*, 14(6), 1116. <https://doi.org/10.3390/electronics14061116>
- Muhammad, N. A. G., Orejudos, J. N., & Aniñon, M. J. C. (2024). A compendium of research, tools, structural analysis, and design for bamboo structures. *Buildings*, 14(8), 2419. <https://doi.org/10.3390/buildings14082419>
- Nor Ali, U. N., Saidin, S. S. B., Sidek, S., & Muniandy, S. (2023). Bamboo as a sustainable alternative for construction materials in term of mechanical strength: A short review. *MAHSA International Journal of Engineering and Technology*, 3(2), 7–12.
- Padilla, J., Guachamín-Acero, W., Guerrero, V. H., Monar, W., Pontón, P. I., & Guamán, M. V. (2024). Dataset on the mechanical and physical characterization of the Ecuadorian *Guadua angustifolia* kunth bamboo culms belonging to “Caña Mansa” biotype. *Data in Brief*, 52, 109969. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109969>
- Segeur-Villanueva, S., Caicedo-Llano, N., Zarcone, R., Abdelmagid, A., & Sabogal-Guachetá, N. (2023). Parametric integration of multiple criteria from a cultural heritage perspective. *Applied Sciences*, 13(16), 9195. <https://doi.org/10.3390/app13169195>
- Sewar, Y., Amran, M., Avudaiappan, S., Gamil, Y., & Rashid, R. S. M. (2024). Bonding strength performance of bamboo-based composite materials: An in-depth insight for sustainable construction applications. *Heliyon*, 10, e32155. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32155>
- Toro-Arango, A., Torrado-García, D., Arena-Navarro, M. T., Chinchilla-García, A. F., de la Rosa-Oñate, M. C., Hoyos-Patiño, J. F., & Velásquez-Carrascal, B. L. (2023). Guadua (*Guadua angustifolia*) material de innovación para el diseño. *Revista Formación Estratégica*
- Tri Bahtiar, E., Malkowska, D., Trujillo, D., & Nugroho, N. (2020). Experimental study on buckling resistance of *Guadua angustifolia* bamboo column. *Engineering Structures*, 229, 111548. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111548>



Yacelga Díaz, J. G., & Nolivos Valiente, J. C. (2023). Construir con guadua: Tendencias en estudios a nivel de Latinoamérica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 9413–9435. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6042