



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú  
Guadua y Shihuahuaco Lima 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Quispe Palacios, Christian Jesus (orcid.org/0000-0002-8198-9863)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (orcid.org/0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ  
2023

## DEDICATORIA

*“Dedicado a las personas que me apoyaron siempre desde el principio incluyendo a mis padres y los que influyeron en mi dedicándome tiempo y sus consejos para mi crecimiento”*

## AGRADECIMIENTO

*“Agradezco a todos los que confiaron en mí, a los que me acompañaron en esta etapa tan memorable, en los buenos y malos momentos, a los que les puedo decir amigos y hermanos, porque sin ellos no hubiera llegado hasta aquí”*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	34
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	34
3.2. Variables y Operacionalización .....	34
3.3. Población, muestra, muestreo unidad de análisis .....	38
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.5. Procedimientos .....	39
3.6. Método de análisis de datos.....	46
3.7. Aspectos éticos .....	46
IV. RESULTADOS.....	47
V. DISCUSIÓN .....	66
VI. CONCLUSIONES .....	70
VII. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°01</b> <i>Esfuerzos admisibles para maderas latifoliadas</i> .....	26
<b>Tabla N°02</b> <i>Medidas de muestras de Shihuahuaco para ensayo de Flexión Estática</i> .....	43
<b>Tabla N°03</b> <i>Medidas de muestras de Bambú Guadua para ensayo de Flexión Estática</i> .....	44
<b>Tabla N°04</b> <i>Tabla Ensayo de contenido de humedad para Shihuahuaco</i> .....	48
<b>Tabla N°05</b> <i>Tabla Ensayo de contenido de humedad para Bambú Guadua</i> .....	49
<b>Tabla N°06</b> <i>Tabla Ensayo de densidad básica para Shihuahuaco</i> .....	51
<b>Tabla N°07</b> <i>Tabla Ensayo de densidad básica para Bambú Guadua</i> .....	52
<b>Tabla N°08</b> <i>Tabla Ensayo de flexión estática para Shihuahuaco</i> .....	55
<b>Tabla N°09</b> <i>Tabla Ensayo de flexión estática para Bambú Guadua</i> .....	57
<b>Tabla N°10</b> <i>Matriz de operacionalización</i> .....	86
<b>Tabla N°11</b> <i>Matriz de consistencia</i> .....	87

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<b>Figura N°01:</b> <i>Probabilidad de ocurrencia según el espacio</i> .....	2
<b>Figura N°02:</b> <i>Bosque de Bambú Guadua Angustifolia</i> .....	3
<b>Figura N°03:</b> <i>Árbol de Shihuahuaco</i> .....	4
<b>Figura N°04:</b> <i>Medición de peso de muestras de Shihuahuaco para CH</i> .....	39
<b>Figura N°05:</b> <i>Colocación de muestras de Shihuahuaco en el horno de secado para CH</i> ...	40
<b>Figura N°06:</b> <i>Toma de medidas de muestras de Shihuahuaco para DB</i> .....	41
<b>Figura N°07:</b> <i>Medición de peso de muestras de bambú Guadua para DB</i> .....	41
<b>Figura N°08:</b> <i>Toma de medidas de muestras de bambú Guadua para DB</i> .....	42
<b>Figura N°09:</b> <i>Ensayo de flexión estática para madera Shihuahuaco</i> .....	44
<b>Figura N°10:</b> <i>Dimensiones de la caña de bambú para la preparación de muestras</i> .....	45
<b>Figura N°11:</b> <i>Ensayo de flexión estática para bambú Guadua</i> .....	46
<b>Figura N°12:</b> <i>Comparación de valores de elasticidad para Shihuahuaco</i> .....	59
<b>Figura N°13:</b> <i>Comparación de valores de elasticidad para Bambú Guadua</i> .....	60
<b>Figura N°14:</b> <i>Comparación de valores de compresión para Shihuahuaco</i> .....	61
<b>Figura N°15:</b> <i>Comparación de valores de compresión para Bambú Guadua</i> .....	62
<b>Figura N°16:</b> <i>Comparación de valores de tracción para el Shihuahuaco</i> .....	63
<b>Figura N°17:</b> <i>Comparación de valores de tracción para el Bambú Guadua</i> .....	64
<b>Figura N°18:</b> <i>Comparación de valores de MOR para el Bambú Guadua</i> .....	66
<b>Figura N°19:</b> <i>Comparación de valores de MOR para el Shihuahuaco</i> .....	67

## RESUMEN

En esta investigación se realizó una comparación de la resistencia a la flexión entre vigas de bambú Guadua y madera de Shihuahuaco. El objetivo fue evaluar y comparar las propiedades mecánicas de ambos materiales en términos de su capacidad para resistir cargas aplicadas en dirección perpendicular a su grano. Se utilizaron muestras de vigas de bambú Guadua y madera de Shihuahuaco, las cuales fueron sometidas a ensayos de flexión para determinar su resistencia máxima y su capacidad de deformación antes de la falla. Se siguieron los protocolos establecidos en las normas técnicas correspondientes. Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas en la resistencia a la flexión entre el bambú Guadua y la madera de Shihuahuaco. Se observó que el Shihuahuaco presentó una resistencia considerablemente alta, lo que sugiere su idoneidad como material estructural en aplicaciones de carga en flexión. Por otro lado, el bambú guadua también mostró una resistencia satisfactoria, aunque en menor medida en comparación con el Shihuahuaco. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la selección y diseño de materiales en proyectos de construcción y estructuras que requieren resistencia a la flexión.

**Palabras clave:** Comparación, resistencia a la flexión, vigas, bambú Guadua, madera, Shihuahuaco, propiedades mecánicas, carga, deformación, falla, protocolos, normas técnicas, estructural, construcción, diseño, materiales, proyectos, sostenible.

## ABSTRACT

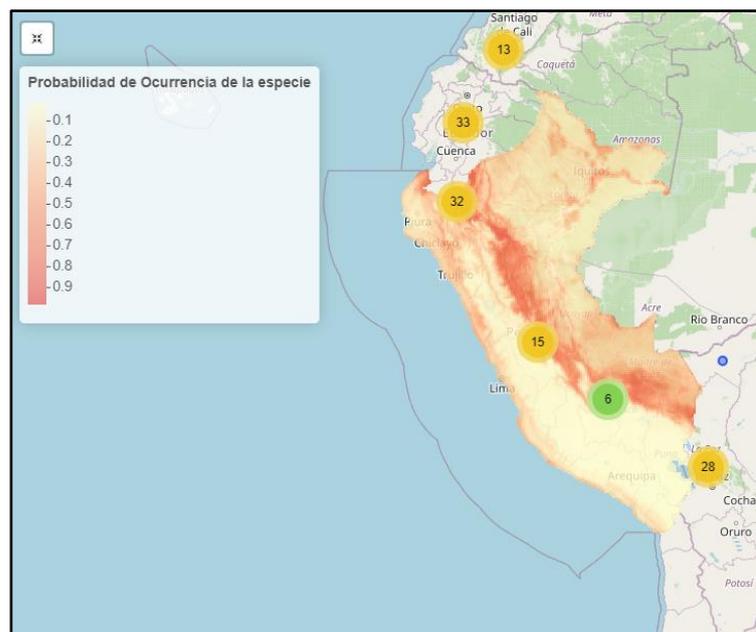
In this research, a comparison of flexural strength between Guadua bamboo beams and Shihuahuaco wood was conducted. The objective was to evaluate and compare the mechanical properties of both materials in terms of their ability to withstand loads applied perpendicular to their grain. Samples of Guadua bamboo beams and Shihuahuaco wood were used, which were subjected to bending tests to determine their maximum strength and deformation capacity prior to failure. The established protocols in the corresponding technical standards were followed. The obtained results revealed significant differences in flexural strength between Guadua bamboo and Shihuahuaco wood. It was observed that Shihuahuaco exhibited considerably high strength, suggesting its suitability as a structural material in bending load applications. On the other hand, Guadua bamboo also showed satisfactory strength, although to a lesser extent compared to Shihuahuaco. These findings provide valuable information for material selection and design in construction projects and structures that require flexural strength.

**Keywords:** Comparison, flexural strength, beams, Guadua bamboo, wood, Shihuahuaco, mechanical properties, load, deformation, failure, protocols, technical standards, structural, construction, design, materials, projects, sustainable.

## I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la construcción, la continua búsqueda de alternativas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente se ha vuelto una prioridad estos últimos años. La necesidad de mitigar el impacto ambiental de las edificaciones ha impulsado la exploración de materiales alternativos que sean más sostenibles en su producción y uso. Para explicar a qué se hace referencia **Bello y Villacreses(2021)** explican que en la actualidad, la construcción sostenible se ha convertido en una prioridad para los ingenieros civiles, quienes se preocupan por reducir al máximo el impacto ambiental de las edificaciones. Es por eso que se busca emplear sistemas constructivos que sean simples pero a la vez arraigados en la tradición, utilizando materiales de construcción que se obtengan localmente y que sean completamente sostenibles. El enfoque en buscar sistemas constructivos sencillos y tradicionales, así como el uso de materiales obtenidos localmente y totalmente sostenibles, muestra un compromiso con la utilización responsable de los recursos disponibles en la zona. Esto no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino también a la promoción de la economía local y el desarrollo sostenible de las comunidades. En este contexto, la comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco emerge como un tema de investigación relevante. La realidad problemática actual radica en la limitada disponibilidad de materiales sostenibles en la construcción, lo que plantea la necesidad de explorar opciones que puedan ofrecer un menor impacto ambiental sin comprometer la resistencia y la durabilidad de las estructuras. Si bien la madera ha sido ampliamente utilizada en la construcción, su variabilidad y dependencia de los recursos naturales plantean desafíos en términos de sostenibilidad a largo plazo. En este sentido, el bambú Guadua y la madera Shihuahuaco se presentan como materiales prometedores que podrían ofrecer una alternativa sostenible en la construcción. El bambú Guadua, caracterizado por su rápido crecimiento y propiedades mecánicas excepcionales, ha despertado un gran interés en la comunidad de la construcción como un material estructural viable, así resaltan **Torres, Segarra y Bragança (2019)**, Exhibe un rápido crecimiento y reproducción sin necesidad de replantar después de la aplicación adecuada, lo que representa beneficios productivos, económicos y ambientales. Se le usa para alimentos, construcción, artesanía, papel, panel, cartón, laminado, piso, techo, textil, carbón, etc. Tiene una gran participación en América Latina: 20 géneros y 429 especies de bambúes leñosos se encuentran distribuidos desde México hasta Argentina. Dentro del género Guadua en América, la Guadua (Guadua

angustifolia Kunth), originaria de Colombia, Ecuador y Perú, es conocida por sus excelentes propiedades físicas y mecánicas, creciendo a razón de 10 cm por día y alcanzando una altura promedio de 30 m y diámetro 25 cm. La capacidad de crecimiento rápido y reproducción sin necesidad de replantación adecuada es una cualidad destacada del bambú, lo cual tiene beneficios significativos en términos de productividad y sostenibilidad. Además, la amplia gama de usos del bambú refuerza su valor como recurso versátil y renovable. También se pone de relieve la importante presencia del bambú en América Latina, con una amplia variedad de géneros y especies distribuidas a lo largo del continente. En particular, la mención de la Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), originaria de Colombia, Ecuador y Perú, destaca sus propiedades físicas y mecánicas sobresalientes, así como su notable capacidad de crecimiento rápido. En la siguiente imagen se señala la distribución de la especie *Guadua Angustifolia* en el territorio peruano elaborada por el ministerio del ambiente y otras entidades. Dándonos a entender que si bien en la costa las probabilidades no son altas, tampoco son nulas, están en un rango medio para encontrar la especie en cuestión en el área de Lima.



**Figura N°01:** Probabilidad de ocurrencia según el espacio

Se puede ver que en la costa la probabilidad de encontrar esta gramínea se encuentra con un puntaje de 0.1 a 0.6; cabe destacar que en el norte se encuentran puntajes por encima de los 0.6, más específicamente en la zona de Tumbes. Esto en parte se debe a que el bambú es una planta que se ha adaptado bastante bien a los climas tropicales los cuales

cuentan con temperaturas altas y altos niveles de humedad, por sus características adquiridas como resistencia a plagas, condiciones ambientales extremas y enfermedades.



**Figura N°02:** *Bosque de Bambú Guadua Angustifolia*

Por otro lado, la madera Shihuahuaco, comúnmente encontrada en la zona amazónica de sudamérica, en países como Ecuador, Brasil, Colombia y Perú, conocida por ser uno de los árboles con mayor altitud y duradero de la selva tropical. Tiene características como su resistencia mecánica, belleza estética, estabilidad dimensional y durabilidad, que lo hacen valioso para diversos fines, más afín al campo del que se trata la investigación, se ha utilizado ampliamente en proyectos de ingeniería y construcción. Así mismo resalta **Huiza (2020)**, el Shihuahuaco es un tipo de madera de alta densidad, caracterizada por tener una reducida capacidad de contracción lineal y una estabilidad en sus propiedades de contracción volumétrica. En términos de resistencia mecánica, se clasifica dentro de la categoría de alto rendimiento. Al ser clasificada como una madera de alto rendimiento en términos de resistencia mecánica, el Shihuahuaco demuestra su capacidad para soportar cargas y tensiones significativas. Esto lo convierte en un material altamente confiable y adecuado para diversas aplicaciones en ingeniería y construcción, donde la resistencia y la durabilidad son aspectos cruciales. Además de su resistencia, la durabilidad de la madera Shihuahuaco tiene otros aspectos destacados. Gracias a su densidad y a la presencia de compuestos naturales que la protegen contra la acción de hongos, insectos y otros agentes de deterioro, esta madera es altamente resistente a la pudrición y al ataque biológico. Esta propiedad garantiza una vida útil prolongada de las estructuras construidas con este material, reduciendo así los costos de mantenimiento y reemplazo a largo plazo. Este es un material amenazado por lo cual ya se llevan a cabo medidas para su

sostenibilidad las cuales implican el manejo forestal responsable, la protección de hábitats y biodiversidad, la repartición de certificaciones forestales y los beneficios para las comunidades locales que los producen.



**Figura N°03:** *Árbol de Shihuahuaco*

Sin embargo, a pesar de las cualidades destacadas de estos materiales, existe una falta de estudios sistemáticos que comparen la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco. Esta brecha de conocimiento impide una toma de decisiones fundamentada y dificulta su implementación en proyectos de construcción. Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación es analizar y comparar la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco. Siendo sus objetivos específicos los siguientes: Determinar la resistencia a la flexión de vigas de bambú con un ensayo normalizado, determinar la resistencia a la flexión de vigas de Madera con un ensayo normalizado y determinar la comparación de las propiedades físicas de vigas de bambú y madera. A través de ensayos normalizados, se busca determinar las propiedades mecánicas de estos materiales y evaluar su idoneidad para su uso en estructuras sostenibles. El estudio proporcionará información relevante y basada en evidencia que contribuirá a la selección informada de materiales en el campo de la construcción sostenible. Adicionalmente se cuenta con la hipótesis de la investigación la cual es de los ensayos normalizados se determinó la resistencia a la flexión de vigas de madera y bambú optando por el que obtenga mayor capacidad de carga. En resumen, esta investigación aborda la realidad problemática de la limitada disponibilidad de materiales sostenibles en la construcción, y se enfoca en la comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco. Los resultados obtenidos brindarán información valiosa para los profesionales del sector y promoverán el uso de materiales más sostenibles en la construcción de estructuras duraderas y resistentes.

## II. MARCO TEÓRICO

El marco teórico de la presente investigación se basa en una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el tema de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco, así como en conceptos clave relacionados con la construcción sostenible y los materiales estructurales. Esta sección proporciona el contexto teórico necesario para comprender la importancia y relevancia de la comparación entre estos dos materiales en el ámbito de la construcción. Comenzando por esta última, la construcción sostenible es un enfoque holístico que busca minimizar el impacto ambiental de las edificaciones a lo largo de su ciclo de vida. Esto implica la elección de materiales respetuosos con el medio ambiente, la optimización del uso de recursos, la reducción de residuos y la creación de entornos saludables y eficientes energéticamente. En este contexto, la selección de materiales sostenibles es fundamental para lograr edificaciones más responsables desde el punto de vista ambiental, por lo cual el estudio de **Mendoza y Vanga (2020)** tiene como **objetivo** realizar una investigación que consiste en identificar el nivel de conocimiento que poseen los expertos técnicos de Portoviejo en relación al desarrollo sostenible aplicado a la construcción, así como su aplicación en su labor profesional. Se empleó un enfoque **metodológico** experimental y se llevó a cabo una encuesta utilizando un muestreo estratificado. El diseño de la encuesta se orientó a recopilar información acerca del conocimiento y la aplicación práctica de los principios de desarrollo sostenible en la industria de la construcción en Portoviejo. Se seleccionó una muestra representativa de expertos técnicos del ámbito de la construcción para su participación en la encuesta. Los **resultados** obtenidos revelaron una diferencia significativa entre el conocimiento teórico sobre el desarrollo sostenible y su aplicación práctica en la industria de la construcción en Portoviejo. Se identificaron varios factores que limitan la implementación efectiva de prácticas sostenibles, como los costos de los materiales, la falta de conocimiento técnico sobre el uso de elementos sostenibles y la necesidad de una mayor colaboración entre el gobierno, las empresas, la academia y la sociedad para fomentar la conciencia sobre la construcción sostenible. Se **concluye** que existe una brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica de los principios de desarrollo sostenible en la industria de la construcción en Portoviejo. Es necesario abordar los desafíos identificados, como los costos y la falta de conocimiento técnico, a través de una mayor colaboración y conciencia entre los diferentes actores involucrados. En su búsqueda por encontrar nuevos procesos para la elaboración de materiales sostenibles **Laguna y Martínez (2022)**, El **objetivo** de este texto es destacar la

importancia de enfocarse en el desarrollo sustentable en la proyección de edificios debido al grave daño provocado al medio ambiente por los recursos actuales empleados en la construcción, que son contaminantes y limitados. Se busca la implementación de nuevos procesos de obtención y fabricación de materiales en arquitectura para solucionar problemas de estructura, aislamiento, función y apariencia. La **metodología** utilizada en esta investigación fue la recolección sistemática de información. El **resultado** de esta investigación es resaltar la necesidad de buscar nuevos procesos de fabricación de materiales para mejorar la sostenibilidad en la construcción, promoviendo la innovación tecnológica en este campo. En **conclusión**, es fundamental desarrollar nuevos procesos de fabricación de materiales en arquitectura que sean sustentables y contribuyan a solucionar los problemas ambientales causados por los recursos actuales utilizados en la construcción. Esto permitirá avanzar hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente en el sector de la construcción.. De igual manera **Flores (2021)**, El **objetivo** de este artículo es promover la importancia de la construcción sostenible, inclusiva y eficiente en beneficio de la sociedad, como respuesta a los desafíos planteados por el cambio climático. Se busca proporcionar una visión general del estado actual y los avances logrados en términos de construcción sostenible en América Latina, al tiempo que se resaltan diferentes formas de contribuir a la sostenibilidad desde el campo de la arquitectura. Esto puede incluir criterios de diseño específicos o investigaciones que aporten conocimientos al tema. La **metodología** utilizada en esta investigación fue la recolección sistemática de información. El **resultado** de este artículo es destacar los avances y el estado actual de la construcción sostenible en Latinoamérica, así como resaltar la importancia de implementar prácticas y criterios que promuevan la sostenibilidad en la arquitectura. También se busca concienciar sobre la necesidad de una construcción más eficiente y digna que contribuya a mitigar los efectos del cambio climático. En **conclusión**, se resalta la importancia de la construcción sostenible en Latinoamérica y se insta a la sociedad y profesionales del sector a adoptar prácticas y criterios que fomenten la sostenibilidad en la arquitectura. Se destaca que una construcción sostenible y eficiente es fundamental para enfrentar los desafíos del cambio climático y asegurar un futuro más sostenible para las generaciones futuras. Para hablar de los materiales en la construcción sostenible **Hernandez, Jimenez y Sánchez(2021)**, El **objetivo** de este estudio fue encontrar opciones de materiales alternativos que puedan sustituir el uso de materiales convencionales en la construcción, con el objetivo de reducir los impactos ambientales asociados a las obras de construcción. Se empleó una metodología de búsqueda de

información en documentos electrónicos, principalmente en bases de datos académicas como la Universidad Nacional. El enfoque **metodológico** se basó en una investigación cualitativa, utilizando la teoría y la revisión bibliográfica como marco de referencia. Se buscó identificar materiales alternativos como adobe, madera, cáñamo, paja, bambú y ecoladrillos elaborados a partir de residuos domésticos, que pudieran reemplazar a los materiales convencionales utilizados en la construcción. Los **resultados** de esta indagación bibliográfica demostraron que los materiales alternativos son capaces de proporcionar el mismo soporte estructural que los materiales convencionales en las obras de construcción. Además, se destacó el valor agregado que estos materiales alternativos brindan al sector de la construcción al reducir las huellas ecológicas y mejorar el equilibrio ambiental. Esto se logra al disminuir los costos ambientales asociados con la extracción de recursos y al minimizar otros impactos ambientales negativos. En **conclusión**, este estudio subraya la necesidad de replantear los materiales utilizados en el sector de la construcción y de aplicar métodos de extracción y producción más sostenibles. Los materiales alternativos identificados ofrecen una alternativa viable y más respetuosa con el medio ambiente, contribuyendo a la reducción de los impactos ambientales asociados a la construcción y mejorando la sostenibilidad en el sector. Sin embargo es en los sectores mas vulnerables de la población es donde la construcción sostenible podría comenzar con más fuerza como indican **Moreira, Loor y Toala (2019)**, El **objetivo** de esta investigación consistió en examinar la posibilidad de emplear algunos materiales ecológicos en la construcción de viviendas de interés social, con el propósito de mejorar el entorno urbano y reducir el impacto medioambiental. La **metodología** utilizada se basó en la revisión exhaustiva de artículos publicados entre 2000 y 2019 en español, que trataban sobre construcciones sostenibles, materiales ecológicos en la construcción, hábitat urbano y viviendas de interés social. Se aplicaron criterios de selección para elegir los artículos más relevantes y se excluyeron aquellos que no cumplían con los requisitos establecidos. Los **resultados** obtenidos indican que es factible construir viviendas de interés social de manera sostenible utilizando materiales ecológicos y adoptando un enfoque de arquitectura bioclimática. Además, se llega a la conclusión de que esto puede resultar en un ahorro económico en el consumo de energía eléctrica y agua, a la vez que se minimiza el impacto ambiental. En **conclusión**, este estudio demuestra que es viable y beneficioso utilizar materiales ecológicos en la construcción de viviendas de interés social para mejorar el entorno urbano y reducir el impacto ambiental. Además, se destaca la importancia del diseño bioclimático como una estrategia eficaz para reducir los costos asociados al consumo de

energía eléctrica y agua.. De esta manera de construcción también ha llamado la atención de las empresas y se ha estudiado su comportamiento con respecto a la economía. Así destaca en su investigación **Briñez y Penagos (2021)**, El **objetivo** de este estudio fue examinar la sostenibilidad como una estrategia que resulte competitiva en las empresas del sector de la construcción enfocada en el departamento de Antioquia, Colombia. Se utilizó una **metodología** descriptiva con un enfoque cuantitativo y exploratorio. Se elaboró un cuestionario de 51 ítems validado por expertos, y se calculó el coeficiente de confiabilidad Alfa de Cronbach. Se seleccionaron 15 empresas mediante un muestreo intencional, y se evaluaron las estrategias y el cumplimiento de los estándares de sostenibilidad en sus proyectos y áreas correspondientes. Los **resultados** revelaron que las empresas del sector de la construcción en Antioquia muestran una inclinación favorable hacia la implementación de la sostenibilidad en sus proyectos y áreas, abordando las tres dimensiones de la sostenibilidad. Sin embargo, se observó una limitación en la utilización de la sostenibilidad como una ventaja competitiva, posiblemente debido a consideraciones de costos o diferenciación. En **conclusión**, las empresas del sector de la construcción en Antioquia muestran avances en la implementación de prácticas sostenibles en sus proyectos, pero aún existen desafíos para aprovechar plenamente la sostenibilidad como estrategia competitiva. Se sugiere que las empresas exploren opciones para superar las barreras de costos y diferenciación, y aprovechen al máximo los beneficios de la sostenibilidad en términos de desempeño financiero y satisfacción de las expectativas sociales y ambientales. La construcción sostenible también aplicada a la economía es atendida por **Hossain et al.(2020)**, El **objetivo** de este texto es identificar las implicaciones, consideraciones, contribuciones y desafíos de la economía circular (CE) en la industria de la construcción mediante el análisis sistemático de la literatura reciente. Se busca promover la transición exitosa hacia la construcción sostenible mediante la adopción de la CE en la industria de la construcción. La **metodología** utilizada en este estudio es una revisión sistemática de la literatura, donde se analizan los documentos científicos relevantes sobre la temática de la economía circular en la construcción. Como **resultado**, se encontró que aún falta realizar estudios de implementación de la economía circular en edificios específicos con evaluación a gran escala, y que aún no se ha desarrollado un marco integral y metodología para la integración de la economía circular en la industria de la construcción. Se resaltan numerosos desafíos en áreas como el diseño, la selección de materiales, la cadena de suministro, el modelo de negocio, la incertidumbre y el riesgo, la colaboración entre acciones, el conocimiento y la

comprensión, las políticas relevantes, la integración del metabolismo urbano y la metodología para la evaluación de la economía circular. En **conclusión**, se propone un marco integrado prospectivo para la adopción y evaluación de la economía circular, que aborda las cuestiones críticas identificadas y proporciona una dirección para futuras investigaciones. Se espera que este estudio contribuya al desarrollo de la investigación sobre la economía circular y a la implementación efectiva de este enfoque en la industria de la construcción para promover la construcción sostenible. Finalmente se requiere de una comparación para determinar cómo cambia la construcción sostenible un proyecto, de esa manera **Rincón y Medina (2020)** El **objetivo** de este documento es contrastar la construcción convencional con la construcción sostenible en tres áreas: consumo energético a lo largo del ciclo de vida, impactos ambientales durante el proceso de construcción y costos de construcción. La **metodología** empleada consiste en determinar la energía incorporada y la energía operativa durante un periodo de 50 años para ambos enfoques constructivos. Asimismo, se identifican y evalúan los impactos ambientales asociados al proceso de construcción, enfocándose en las emisiones de dióxido de carbono por kilogramo de materiales tales como acero, cemento y lámina de yeso (Superboard). Además, se lleva a cabo una comparación de los costos de construcción teniendo en cuenta el consumo de materiales necesario para cada una de las opciones, considerando diversos aspectos constructivos. Como **resultado**, se obtiene una comparación entre la construcción convencional y la construcción sostenible en términos de consumo energético, impactos ambientales y costos de construcción. Estos resultados permiten evaluar y entender las diferencias entre ambos enfoques de construcción. En **conclusión**, este estudio proporciona información relevante sobre los aspectos energéticos, ambientales y económicos de la construcción convencional y sostenible. Estos hallazgos pueden ayudar a tomar decisiones informadas en la industria de la construcción, considerando los beneficios y desafíos de cada tipo de construcción. Para llevar a cabo lo expuesto sobre la construcción sostenible se ha elegido dos materiales, uno de ellos siendo el bambú guadua, también conocido como "guadua angustifolia", es una especie de bambú que se encuentra presente en el territorio peruano. En Perú, el bambú guadua ha sido ampliamente utilizado en diversos ámbitos, tanto en la construcción como en la artesanía y la producción de muebles. Por eso **Goh et al (2019)**, investigaron sobre las principales aplicaciones que tiene el bambú en la industria de la construcción, **el objetivo** de este artículo es proporcionar información sobre las principales aplicaciones del bambú en la industria de la construcción moderna. Busca explorar el potencial del bambú como material estructural

sostenible y discutir aspectos importantes como el crecimiento, la anatomía y las propiedades del bambú, así como los métodos de preservación, como **metodología** utiliza un enfoque de revisión bibliográfica para recopilar información relevante sobre las aplicaciones del bambú en la industria de la construcción. Se basa en estudios previos, artículos de investigación e informes de la industria para recopilar y presentar una visión general completa del tema. En sus **resultados** destaca que el bambú se considera un recurso renovable con propiedades mecánicas destacables. Posee una resistencia a la tracción mayor que muchas aleaciones de acero y una resistencia a la compresión mayor que el concreto normal, lo que lo convierte en un material prometedor para aplicaciones estructurales. Se analizaron diversas aplicaciones del bambú en la construcción, como vigas, columnas, pisos e incluso estructuras completas. También brinda información sobre los patrones de crecimiento, la estructura anatómica y las propiedades inherentes del bambú, así como los diferentes métodos de tratamiento utilizados para preservar su durabilidad. El artículo **concluye** que el bambú tiene un gran potencial como material sostenible y versátil en la industria de la construcción. Su excepcional relación resistencia-peso, su naturaleza renovable y su rápido crecimiento lo convierten en una alternativa atractiva a los materiales de construcción tradicionales. Para el tratamiento del bambú, **Setiawati y Mappaturi (2020)**, analizaron dos métodos para el tratamiento del bambú. El **objetivo** de este artículo es comparar dos métodos diferentes de tratamiento de bambú y determinar cuál es mejor y más fácil de usar por la comunidad local. Se busca identificar formas más efectivas, económicas y rápidas de tratar el bambú, centrándose en el procedimiento del tratamiento. Se utiliza para la **metodología** un método de análisis de contenido para lograr los objetivos de investigación sobre el bambú como material de construcción sostenible. Se analizan variables relacionadas con la efectividad, el costo y la duración de los tratamientos, así como el nivel de dificultad de implementación. Se comparan dos métodos: el tratamiento natural y el tratamiento químico. Se recopilan datos a través de la revisión de la literatura y se evalúan para obtener conclusiones. Los **resultados** muestran que el tratamiento natural para el bambú es mejor y más adecuado para ser practicado por las comunidades locales. Aunque el procedimiento es más complicado en comparación con el tratamiento químico, puede ser realizado fácilmente por las personas locales que tienen un mayor conocimiento sobre cómo trabajar con el bambú. El tiempo requerido para este proceso natural es similar al del tratamiento químico, pero el costo es más económico. Los resultados resaltan la importancia de utilizar el tratamiento natural de bambú en la industria de la construcción en Indonesia. El artículo **concluye** que el tratamiento natural de bambú es

preferible para la comunidad local en términos de practicidad, costo y conocimiento local. Aunque el tratamiento químico puede ser más rápido y menos complicado, el enfoque natural es más amigable con el medio ambiente y puede ser realizado por las personas locales de manera efectiva. Se destaca la importancia de promover y fomentar el uso del tratamiento natural de bambú en la industria de la construcción en Indonesia, con el fin de aprovechar los beneficios económicos y sostenibles que ofrece. Sin embargo también se le podría dejar a la intemperie como sostuvo **Molina (2020)**, en su investigación se planteó el **objetivo general** de evaluar el impacto del proceso de intemperismo en las propiedades físicas y mecánicas del bambú *Guadua angustifolia* Kunth. El propósito de este estudio era establecer bases sólidas para investigaciones posteriores relacionadas con el diseño de estructuras y la vida útil del bambú en el campo de la construcción. Como **metodología** para llevar a cabo el estudio, se recolectaron muestras de bambú de la plantación de La Florida, ubicada en Cajamarca. Estas muestras fueron sometidas a condiciones de intemperismo durante un período de seis meses en tres ángulos de exposición distintos: 0, 45 y 90 grados. Las pruebas de intemperismo se realizaron en La Molina, provincia de Lima, en Perú. Durante el proceso, se evaluaron las propiedades físicas de las muestras, incluyendo el contenido de humedad y la densidad. Además, se realizaron pruebas para medir los cambios de color en el bambú como resultado de la exposición al intemperismo. Al finalizar el periodo de exposición, se compararon las propiedades mecánicas de las muestras, específicamente la resistencia a la compresión paralela, la flexión estática y la tensión, antes y después de la exposición al intemperismo. Los **resultados** obtenidos revelaron que el proceso de intemperismo tuvo un efecto significativo en las propiedades físicas y mecánicas del bambú. Se observó un aumento en el contenido de humedad en todas las muestras expuestas al intemperismo, mientras que la densidad disminuyó. Asimismo, se pudo notar un cambio notable en el color del bambú expuesto directamente al sol. En términos de las propiedades mecánicas, se encontró una disminución significativa en la resistencia a la compresión paralela y la flexión estática después del periodo de exposición. En **conclusión**, este estudio manifiesta que el proceso de intemperismo tiene un impacto negativo en las propiedades físicas y mecánicas del bambú *Guadua angustifolia* Kunth. Por lo tanto, es fundamental considerar estos efectos al diseñar estructuras y evaluar la durabilidad del bambú en la industria de la construcción. Además, recomienda el uso de tratamientos protectores para mejorar la resistencia y prolongar la vida útil del bambú en condiciones de intemperismo. Para lograr la construcción sostenible **Nombela(2021)**, el **objetivo** general de este proyecto es explorar las propiedades

del bambú, su proceso de crecimiento, cosecha y curado, así como su utilización en la construcción. Se analizarán 15 edificios que utilizan el bambú como elemento estructural, considerando el clima, dimensiones y materiales utilizados. Además, se estudiarán en detalle dos proyectos, centrándose en su construcción, conexiones y relación con la sostenibilidad. La **metodología** empleada consiste en el análisis de información sobre el bambú, incluyendo sus propiedades físicas y mecánicas, su ciclo de crecimiento y los métodos adecuados de cosecha y curado. Se realizará un estudio de casos de 15 edificios donde se utiliza el bambú como material de construcción, examinando aspectos como el diseño, la técnica constructiva y los resultados obtenidos. También se realizará un análisis detallado de dos proyectos destacados, prestando especial atención a su construcción, conexiones y enfoque sostenible. Como **resultado**, se encontró que el bambú es un material con propiedades mecánicas similares al acero, siempre y cuando se utilice correctamente. Su rápido crecimiento y abundancia lo convierten en una opción atractiva para la construcción sostenible, especialmente en regiones cálidas y húmedas. Se identificarán diversos proyectos donde se ha utilizado el bambú de diferentes formas, demostrando su viabilidad y versatilidad en la arquitectura. Se buscará establecer los métodos más adecuados para aprovechar al máximo las cualidades del bambú en la construcción sostenible. En **conclusión**, este trabajo tiene como objetivo principal promover una arquitectura sostenible a través del uso del bambú. Se busca comprender las características del bambú y su aplicación en la construcción, cuestionando los métodos actuales y buscando la mejor manera de utilizar este material en futuros proyectos arquitectónicos. Para su comportamiento en estructuras se cuenta con la investigación de **Gonçalves , Carbonari y Proni (2019)**, El **objetivo** de este trabajo fue desarrollar un método para la construcción de cerchas más eficientes estructuralmente utilizando bambú y evaluar su viabilidad práctica en coberturas de edificios. La **metodología** utilizada en el estudio consistió en la construcción de cerchas de bambú reforzadas, para lo cual se realizaron 6 cerchas de bambú de la especie *Dendrocalamus giganteus* reforzadas con groute y abrazaderas metálicas. Las cerchas se sometieron a cargas concentradas hasta la falla, registrando datos de desplazamientos y cargas últimas. Se analizó el comportamiento de cada cercha bajo carga. Los **resultados** demostraron que los refuerzos, junto con el uso de barras roscadas en las uniones, aumentan significativamente la resistencia mecánica de la estructura. Los valores obtenidos de las cargas y desplazamientos en los ensayos permitieron concluir que las cerchas de bambú pueden utilizarse de manera segura en coberturas de edificios, cumpliendo con los criterios de Estado Límite de Servicio (E.L.S.) y Estado Límite

Último (E.L.U.). En **conclusión**, el objetivo de este trabajo fue establecer un método para construir cerchas más eficientes utilizando bambú y demostrar su viabilidad en la práctica. Los resultados indicaron que las cerchas reforzadas cumplen con los requisitos de resistencia necesarios para su uso en la construcción de coberturas de edificios. Esto resalta el bambú como una alternativa sostenible y resistente en el campo de la construcción civil. Además explican **Rossetto , Frizón y Ostapiv (2022)**, el **objetivo** de este trabajo fue analizar la viabilidad técnica del bambú en la construcción de una estufa para el cultivo protegido. La **metodología** se analizó en base al comportamiento aerodinámico y estructural del bambú para determinar los márgenes de seguridad en la construcción de la estufa. Se realizaron estudios y pruebas para evaluar la capacidad del bambú como material de construcción en términos de resistencia y estabilidad. Los **resultados** obtenidos indicaron que el bambú presenta características favorables para ser utilizado en la construcción de estufas para el cultivo protegido. Se determinó que el bambú es un material plausible en términos de seguridad estructural y aerodinámica para este tipo de estructuras. En base al análisis realizado, se **concluye** que el bambú es un material viable y técnicamente adecuado para la construcción de estufas en el cultivo protegido. Su uso puede ofrecer ventajas en términos de sostenibilidad, ya que es un material renovable que absorbe dióxido de carbono y puede ser fácilmente reintegrado en la naturaleza al final de su ciclo de vida. Comprobando su eficiencia frente a desastres naturales en la zona continental **Oliveira, Gaffuri y Moura (2021)**, El **objetivo** de esta investigación es proponer posibles soluciones arquitectónicas de refugios temporales para refugiados y personas sin hogar en Brasil. Se busca utilizar materiales renovables y estrategias de modularidad para estimular la discusión y generar nuevas ideas sobre viviendas de emergencia con bajo impacto ambiental y rápida ejecución. La **metodología** utilizada en esta investigación es de carácter exploratorio y propositivo. Se realizaron análisis de la situación actual de refugiados y desplazados en Brasil, así como estudios de casos de refugios temporales existentes en otros lugares del mundo. Se propusieron soluciones arquitectónicas que incluyen el uso de materiales renovables y estrategias de modularidad para crear refugios temporales eficientes y sostenibles. Como **resultado** de la investigación, se presentaron posibles soluciones arquitectónicas de abrigos temporales para refugiados y personas sin hogar. Estas soluciones se basan en el uso de materiales renovables y en la estrategia de modularidad, lo que permite una rápida ejecución y un bajo impacto ambiental. Estas propuestas buscan mejorar las condiciones de vida de los refugiados y proporcionarles un sentido de pertenencia y dignidad individual. La

investigación **concluye** que la arquitectura juega un papel fundamental en la provisión de viviendas adecuadas para refugiados y personas sin hogar. La utilización de materiales renovables y estrategias de modularidad puede contribuir a la creación de refugios temporales eficientes y sostenibles. Estas soluciones no solo brindan un techo sobre sus cabezas, sino que también promueven el sentido de pertenencia y mejoran la calidad de vida de las personas en situaciones de vulnerabilidad. Es necesario seguir fomentando la discusión y generando nuevas ideas en este campo para abordar de manera efectiva el problema de la falta de vivienda y la integración de los refugiados en Brasil. A su vez **Méndez et al (2022)**, el **objetivo** de este trabajo es analizar el comportamiento estructural de un puente peatonal de bambú *Guadua angustifolia* Kunth en Colombia, utilizando software de elementos finitos y cumpliendo con las regulaciones nacionales NSR-10. Se busca proporcionar una descripción precisa del comportamiento de la estructura, incluyendo la transferencia de carga, propiedades mecánicas de los materiales y detalles de las conexiones. La **metodología** utilizada consiste en implementar un modelo de la estructura utilizando software comercial de elementos finitos. Se realiza una descripción exhaustiva de la transferencia de carga en la estructura y se analizan las propiedades mecánicas de los materiales utilizados. También se revisan las conexiones entre los elementos y se analiza el proceso de inmunización de la *Guadua angustifolia* Kunth. Se identifican oportunidades de mejora en los códigos de construcción utilizados y se plantean posibles áreas de investigación futura. Como **resultado**, se obtiene un análisis detallado del comportamiento estructural de un puente peatonal de bambú *Guadua angustifolia* Kunth. Se proporciona una descripción precisa de la transferencia de carga, propiedades mecánicas de los materiales y detalles de las conexiones. Se identifican oportunidades de mejora en los códigos de construcción y se plantean posibles áreas de investigación futura. El trabajo **concluye** que el bambú *Guadua angustifolia* Kunth tiene un comportamiento estructural favorable y puede ser utilizado de manera segura y eficiente en la construcción de puentes peatonales. El uso de software de elementos finitos permite realizar un análisis detallado y preciso de su comportamiento. Se identifican oportunidades de mejora en los códigos de construcción existentes para aprovechar al máximo el potencial del bambú en la industria de la construcción. Se destaca la importancia de continuar investigando y promoviendo el uso sostenible de materiales como el bambú para impulsar la construcción sostenible y respetuosa con el medio ambiente. En la línea de propiedades estructurales **Corrêa, Andrade y Gumieri (2020)**, el **objetivo** de este trabajo es comprender los aspectos más importantes relacionados con la aplicación del bambú como

material estructural en la construcción civil, demostrando su potencial y viabilidad como material natural y ecológico. La **metodología** utilizada consistió en realizar un estudio bibliográfico sobre el tema. Se exploraron las principales propiedades físicas y mecánicas del bambú, así como su contexto actual en la construcción civil. Como **resultado**, se obtuvo una recopilación de información sobre las propiedades físicas y mecánicas del bambú, así como su aplicación en la construcción civil. Se destacó el potencial y la viabilidad del bambú como material estructural natural y ecológico. El trabajo **concluye** que el bambú es una excelente alternativa para aplicaciones estructurales en la construcción civil. Aunque Brasil cuenta con una de las mayores reservas de bambú en el mundo, su uso y comprensión en términos de producción y tratamiento en construcciones aún no está muy difundido. Sin embargo, se destaca que el bambú presenta propiedades compatibles y prometedoras para diversas aplicaciones en la construcción civil. Es necesario seguir investigando y promoviendo su uso como material sostenible en la industria de la construcción. También **Rusch et al (2020)**, El **objetivo** de este estudio fue compilar los datos disponibles sobre las propiedades tanto físicas como mecánicas de cañas adultas de diferentes especies de bambú, con el fin de realizar una comparación y obtener información para su uso adecuado en diferentes aplicaciones. La **metodología** utilizada consistió en llevar a cabo una revisión de literatura para recopilar los datos disponibles sobre las propiedades físicas y mecánicas de las cañas adultas de diversas especies de bambú. Se tuvieron en cuenta las variaciones de estas propiedades entre especies y dentro de una misma especie, considerando factores como las condiciones de crecimiento y la edad de los individuos. También se consideraron las diferencias en las propiedades según la parte de la caña analizada. Como **resultado**, se junto información sobre las propiedades físicas y mecánicas de las cañas adultas de diferentes especies de bambú. Se observó que estas propiedades varían entre especies y dentro de una misma especie, dependiendo de factores como las condiciones de crecimiento y la edad. Además, se destacó que las propiedades pueden diferir según la parte de la caña que se analice. A partir de la revisión de literatura, se puede **concluir** que las propiedades físicas y mecánicas del bambú varían entre especies y dentro de una misma especie. Para estas variaciones se debe tener en cuenta como seleccionar y utilizar el bambú para diferentes aplicaciones. Es importante considerar las características específicas de cada especie y de cada parte de la caña para garantizar un uso adecuado y eficiente del bambú en diferentes contextos. De igual manera **Damasceno , Maia y Bezerra (2021)**, El **objetivo** de este estudio es examinar las propiedades mecánicas del bambú de la especie *Bambusa Vulgaris* cultivado

en Redenção, Ceará, Brasil, y demostrar su viabilidad como un material alternativo en la gran industria de la construcción. La **metodología** empleada consistió en llevar a cabo pruebas de resistencia a la compresión y al cizallamiento paralelo a las fibras del bambú *Bambusa Vulgaris*, obtenido de tres secciones diferentes del tallo maduro cultivado en Redenção, Ceará, Brasil. Se realizaron comparaciones entre los valores de resistencia a la compresión y al cizallamiento en distintas posiciones del tallo (base, sección intermedia y parte superior), considerando la presencia o ausencia de nudos. Los **resultados** obtenidos del estudio se compararon con los valores de resistencia a la compresión y al cizallamiento del concreto convencional. Además se reveló que el bambú *Bambusa Vulgaris* cultivado en Redenção, Ceará, Brasil, posee un gran potencial como material alternativo en la construcción civil. Se obtuvieron valores promedio de resistencia a la compresión de 37,3 MPa y resistencia al cizallamiento de 3,9 MPa. Estos valores son comparables a los del concreto convencional, que tiene una resistencia a la compresión de 32,0 MPa y una resistencia al cizallamiento de 7,0 MPa. Además, se observó que la presencia de nudos en el bambú afecta significativamente su resistencia mecánica. Las **conclusiones** del estudio indican que el bambú *Bambusa Vulgaris* cultivado en Redenção, Ceará, Brasil, presenta un gran potencial como material alternativo en la construcción civil debido a sus propiedades mecánicas comparables a las del concreto convencional. Se destaca la importancia de conocer y caracterizar esta especie de bambú para promover su aplicación y fomentar el desarrollo económico local. Asimismo, se concluye que la presencia de nudos en el bambú tiene un impacto significativo en su resistencia mecánica, lo cual debe ser considerado en el diseño y construcción de estructuras que utilicen este material. Las propiedades del bambú siempre han sido un tema de investigación pues también se tienen los estudios de **Muhammad et al (2022)**, el **objetivo** de este artículo fue revisar las propiedades mecánicas y el uso del bambú en la construcción, destacando su potencial como alternativa sostenible a los materiales de construcción convencionales. La **metodología** utilizada consistió en realizar una revisión bibliográfica de estudios previos sobre las propiedades mecánicas del bambú y su aplicación en la construcción. Se recopilaron datos sobre la resistencia a la tracción, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión de diferentes especies de bambú. También se revisaron las diversas formas de utilización del bambú en la construcción, como elementos estructurales, materiales compuestos y refuerzo en hormigón. Los **resultados** mostraron que el bambú posee propiedades mecánicas favorables para su uso en la construcción. La resistencia a la tracción de diferentes especies de bambú varía en el rango

de 70-210 MPa, la resistencia a la compresión en el rango de 20-65 MPa, el módulo de elasticidad en el rango de 2500-17500 MPa y el módulo de ruptura en el rango de 50-200 MPa. El bambú puede ser utilizado de diversas formas en la construcción, ya sea en su forma natural o ingenierizada, como elementos estructurales, materiales compuestos o refuerzo en hormigón. Se **concluye** que el bambú es una alternativa sostenible y prometedora para la construcción. Sus propiedades mecánicas, combinadas con su disponibilidad y renovabilidad, lo convierten en una opción atractiva en comparación con los materiales de construcción convencionales. El bambú puede ser utilizado en diversas aplicaciones, como estructuras laminadas, elementos estructurales directos, refuerzo en hormigón y materiales compuestos. Sin embargo, se destaca la necesidad de desarrollar procedimientos de prueba estandarizados y especificaciones estructurales que utilicen los hallazgos de investigaciones existentes y futuras. Esto permitirá una amplia adopción del bambú en la industria de la construcción y contribuirá a la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental en el sector. También fueron analizadas las propiedades por **Handana et al (2020)**, el **objetivo** de este estudio fue determinar las propiedades mecánicas, específicamente la resistencia a la compresión y a la tracción, de diferentes especies de bambú que crecen en la región de Sumatera Utara, Indonesia. Los resultados obtenidos se utilizarán como datos preliminares para futuros estudios sobre la utilización del bambú como material de construcción en la región. Como **metodología** se llevaron a cabo pruebas de compresión y tracción basadas en la norma ISO 22157 en secciones de nudos y entrenudos de muestras de bambú. Se realizaron pruebas tanto en especímenes de nudo como de entrenudo para determinar la resistencia a la compresión, mientras que para la resistencia a la tracción se compararon las muestras de entrenudo y nudo. Los **resultados** obtenidos mostraron que en las pruebas de compresión no hubo diferencias significativas en la resistencia a la compresión entre las muestras de nudo e internodo. Sin embargo, en las pruebas de tracción, la resistencia a la tracción del internodo fue significativamente mayor que la del nudo. Se **concluye** que las propiedades mecánicas del bambú en la región de Sumatera Utara muestran que el entrenudo tiene una mayor resistencia a la tracción en comparación con el nudo. Estos hallazgos preliminares son importantes para futuros estudios que busquen aprovechar el bambú como material de construcción en la región. Además, se destaca la necesidad de promover el conocimiento sobre las propiedades del bambú local para fomentar su uso en la construcción y aprovechar su potencial como alternativa sostenible a los materiales convencionales. Por otro lado como segundo material elegido tenemos a la madera Shihuahuaco, también conocida como

Cumarú, es una especie de madera tropical que se destaca por su resistencia, durabilidad y belleza estética. Es ampliamente utilizada en proyectos de ingeniería y construcción debido a sus propiedades mecánicas excepcionales. La madera Shihuahuaco es valorada por su alta resistencia a la flexión, compresión y desgaste, lo que la hace adecuada para aplicaciones estructurales en ambientes exigentes. Se hace una breve introducción a la historia del uso de la madera por parte de **Pacini (2018)**, su **objetivo** es mostrar la historia y evolución de la construcción en madera, así como extraer enseñanzas aplicables a la construcción moderna en madera. También se busca destacar la durabilidad de las estructuras de madera correctamente diseñadas y desmitificar la percepción popular de que son menos duraderas que las construcciones en otros materiales. Como **metodología** se utilizan ejemplos ilustrativos para demostrar la durabilidad de las estructuras de madera y resalta la importancia del mantenimiento adecuado para preservar edificaciones antiguas. Además, se presenta información seleccionada para comprender la evolución de las estructuras de madera y contribuir a un mayor conocimiento sobre su funcionamiento. En los **resultados** se muestran ejemplos de estructuras de madera que han demostrado ser duraderas y resistentes a lo largo del tiempo. Contrario a la percepción popular, se destaca que una estructura de madera correctamente diseñada puede ser igual o más duradera que una construcción en otros materiales como metal, piedra, cerámica o hormigón. Se concluye que las estructuras de madera pueden ser duraderas y resistentes si se diseñan y mantienen adecuadamente. Se destaca la importancia del mantenimiento para preservar las edificaciones antiguas, independientemente del material de construcción utilizado. Además, se resalta la relevancia de comprender la evolución de las estructuras de madera para impulsar la innovación en la construcción moderna. El conocimiento de la historia y evolución de las estructuras en madera contribuye a comprender su funcionamiento y promueve la capacidad de generar innovaciones en este campo. Para conocer sobre su resistencia a la flexión **Quispe (2020)**, en su tesis tuvo como el **objetivo** principal de este estudio realizar una comparación de las resistencias a la flexión en vigas de dos tipos de madera comercializadas en el distrito de Irazola, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali. La resistencia a la flexión es una propiedad mecánica fundamental para evaluar la capacidad de una viga para soportar cargas y prevenir deformaciones excesivas. El objetivo era determinar qué tipo de madera era más adecuada para su utilización en construcción en esta región, así como identificar las ventajas y desventajas características de cada tipo de madera en términos de resistencia a la flexión y elasticidad. Los resultados obtenidos tendrían utilidad para profesionales involucrados en el

diseño y construcción de estructuras de madera en esta área de Perú. La **metodología** empleada en la investigación consistió en seleccionar muestras de madera shihuahuaco y quinilla, llevar a cabo ensayos experimentales para medir su resistencia a la flexión, realizar un análisis estadístico de los resultados y comparar ambas maderas. Los **resultados** obtenidos revelaron que la resistencia a la flexión en vigas de la madera shihuahuaco era estadísticamente similar a la de la quinilla. No obstante, se observó que la quinilla se destacaba significativamente por su mayor elasticidad, lo que la recomendaba para su uso en vigas como material de construcción en el distrito de Irazola, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali. Por otro lado, se encontró que el shihuahuaco era significativamente más adecuado para su utilización en columnas. En **conclusión**, se puede afirmar que ambas maderas son adecuadas para la construcción, pero cada una tiene ventajas específicas dependiendo del tipo de estructura que se desee construir. La quinilla es recomendable para vigas debido a su mayor elasticidad, mientras que el shihuahuaco es más adecuado para columnas. Siguiendo en la línea de los ensayos, el estudio realizado por **Cajahuamán (2018)**, tuvo como **objetivo** analizar las propiedades mecánicas de la madera seca de las especies Shihuahuaco y Huayruro en comparación con los valores establecidos en la norma E.010, que se basa en estudios con madera verde. El propósito principal fue determinar los esfuerzos admisibles a compresión axial y flexión estática, así como el módulo de elasticidad de la madera seca, y comparar estos valores con los indicados para madera húmeda en la norma. Además, se evaluó la viabilidad de utilizar madera seca en el diseño de vigas, considerando la reducción de costos de materiales. La **metodología** del estudio incluyó ensayos de compresión axial y flexión estática en probetas de madera seca de las especies Shihuahuaco y Huayruro, siguiendo los procedimientos establecidos en las normas técnicas peruanas. Se obtuvieron muestras de diferentes proveedores en Lima, se realizaron las pruebas correspondientes y se ajustaron los resultados a un contenido de humedad estándar del 12%. Los **resultados** obtenidos revelaron que los valores de esfuerzos admisibles a compresión axial y flexión estática, así como el módulo de elasticidad, para la madera seca de las especies Shihuahuaco y Huayruro, superaron los indicados en la norma para madera en condiciones húmedas. Estos hallazgos destacan la mayor resistencia de la madera seca en comparación con la madera verde. Además, se evidenció que el diseño de vigas utilizando madera seca requiere menos material, lo cual implica un menor costo en términos de materiales. En **conclusión**, estos resultados sugieren que la norma E.010, basada en estudios con madera verde, subestima la resistencia de la madera seca. Por lo tanto, se recomienda

considerar los valores de resistencia de la madera seca en el diseño estructural y construcción con madera, lo cual puede tener un impacto positivo en la eficiencia y el costo de los proyectos de construcción. En este informe, se presentarán y analizarán en detalle los resultados obtenidos, resaltando las implicaciones prácticas y las recomendaciones derivadas de esta investigación. Continuando los análisis de la madera para encontrar sus ventajas en la construcción **Perez (2022)**, tuvo como **objetivo** principal de su estudio examinar y comparar el módulo de elasticidad y la densidad básica de la madera *Dipteryx ferrea* (Shihuahuaco) utilizando dos métodos de evaluación en una plantación de 23 años en Pucallpa - Ucayali. La **metodología** empleada fue cuantitativa y se basó en un diseño experimental de nivel explicativo. Se evaluaron un total de 288 probetas de madera con dimensiones de 41 cm x 2.5 cm x 2.5 cm. Se determinó el módulo de elasticidad (MOE) mediante un enfoque no destructivo y uno destructivo. Además, se llevó a cabo una prueba de evaluación de la densidad básica utilizando métodos directos e indirectos. Los **resultados** revelaron que la media del módulo de elasticidad obtenido mediante el método no destructivo fue de 99,975.88 Kgf/cm<sup>2</sup>, mientras que mediante el método destructivo fue de 117,410.94 Kgf/cm<sup>2</sup>. En cuanto a la densidad básica, la media obtenida mediante el método indirecto fue de 1.09 g/cm<sup>3</sup>, mientras que mediante el método directo o gravimétrico fue de 0.69 g/cm<sup>3</sup>. En **conclusión** el estudio encontró que el módulo de elasticidad determinado mediante el método destructivo fue mayor que el obtenido mediante el método no destructivo. Además, se observó que la densidad básica medida mediante el método indirecto fue mayor que la obtenida mediante el método directo. Se establecieron ecuaciones de ajuste para relacionar los resultados obtenidos mediante ambos métodos de evaluación. El Shihuahuaco, también conocido como Cumarú ha demostrado que sus propiedades mecánicas están en un alto rango de rendimiento por eso pertenece al grupo A de la norma E.010, así para ratificar esto, realizan una investigación **Duarte, Lahr y Curvelo (2020)** El **objetivo** de este estudio fue caracterizar la especie tropical de madera Cumarú (*Dipteryx odorata*) para obtener más información sobre su composición química, propiedades de resistencia y rigidez. En la **metodología**, para obtener las propiedades físico-mecánicas, se utilizaron los ensayos descritos en el Anexo B de la Norma ABNT NBR 7190/1997 como método de caracterización. Se utilizó el método Klason modificado según la norma TAPPI T-222 om-02 para identificar los componentes químicos, y la porosidad se evaluó mediante la intrusión de mercurio. Se descubrió como **resultados** que la madera de Cumarú es densa, con una densidad de 1,09 g/cm<sup>3</sup>. Además, demostró una resistencia fuerte con un valor de  $f_c0$  de 93

MPa. También se observó una alta concentración de lignina A, también conocida como lignina insoluble A, que alcanzó el 37,11%. En **conclusión**, la caracterización de la madera de Cumaru fue exitosa, y los resultados muestran que este tipo de madera presenta una alta densidad, baja porosidad y alta resistencia mecánica. Estos hallazgos son cruciales para su comercialización adecuada y presentan oportunidades para su aplicación en diversos campos. Por lo que para tomar otro enfoque, se sostiene que aun la edad de las plantaciones no influye en su calidad así demuestra **Cordova (2018)**, el **objetivo** de su estudio fue determinar cómo la edad de los árboles afecta la calidad de las plantaciones de shihuahuaco (*Dipteryx odorata Aublet willd*) en Ucayali. La **metodología** consistió en evaluar plantaciones de shihuahuaco de tres edades distintas (6, 7 y 8 años) ubicadas en el Distrito de Campo Verde, Provincia de Coronel Portillo y Departamento de Ucayali. Se utilizó un formulario estandarizado para medir diferentes variables, como la altura, el diámetro, la forma del fuste, la calidad del follaje y la presencia de plagas y enfermedades. Los **resultados** revelaron que la edad de los árboles tiene un impacto significativo en la calidad de las plantaciones. Los árboles más jóvenes (6 años) presentaron menor altura y diámetro en comparación con los árboles más viejos (8 años), pero mostraron una mejor forma del fuste y una mayor calidad del follaje. Asimismo, se observó que las plagas y enfermedades afectan negativamente la calidad de las plantaciones. En **conclusión**, se recomienda llevar a cabo un monitoreo regular de las plantaciones para detectar plagas y enfermedades de manera temprana. También se sugiere realizar podas periódicas para mejorar la forma del fuste y mantener una buena calidad del follaje. Por último, se concluye que es importante considerar la edad de los árboles al planificar una plantación exitosa de shihuahuaco en Ucayali. Sin embargo existe diferente calidad de esta madera como se puede inferir de lo que expresa **Barrueta(2017)**, llevó a cabo una investigación cuyo **objetivo** principal fue determinar la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de la madera tornillo que se comercializa en Huánuco, Perú. El propósito era evaluar las propiedades de la madera y su comportamiento estructural en vigas sujetas a esfuerzos de flexión. En la **metodología** del estudio, se realizaron ensayos mecánicos de flexión en 30 vigas a escala de dimensiones 50x50x950 mm, utilizando madera tornillo comercializada en Huánuco. Se registró la carga máxima soportada por cada muestra hasta su fallo. Además, se diseñaron dispositivos de ensayo personalizados y se midió la humedad de la madera vendida en el mercado. Los **resultados** obtenidos se compararon con la clasificación de la madera tornillo según la NORMA E.010 MADERA del Reglamento Nacional de Edificaciones, así como los valores nominales de la categoría C a la que

pertenece esta madera. Los resultados revelaron que la resistencia admisible a la flexión fue de 14.98 MPa, el módulo de elasticidad mínimo fue de 6,910.61 MPa y el módulo de elasticidad promedio fue de 10,404.01 MPa. En **conclusión**, al comparar estos resultados con la clasificación establecida en la norma, se concluyó que la madera tornillo comercializada en Huánuco se encuentra dentro de los rangos correspondientes a la categoría B en lugar de la categoría C como se esperaba inicialmente. Esto implica que la madera tornillo puede ser considerada para su uso en vigas, viguetas y otros elementos estructurales que trabajen a flexión con seguridad. Los hallazgos de este estudio respaldan el uso de la madera tornillo comercializada en Huánuco, lo que permite a los diseñadores y profesionales considerar esta especie de madera como una alternativa segura para elementos estructurales. Estos resultados demuestran que la madera tornillo posee propiedades estructurales adecuadas y puede ser utilizada como material de construcción en lugar de opciones convencionales como el hormigón, el ladrillo o el acero. Es fundamental difundir esta información para promover el uso sostenible y responsable de los recursos forestales en el país. Es de importancia también el rendimiento del fuste del árbol de shihuahuaco para esta investigación así como expone **Panduro (2021)**, el **objetivo general** de la investigación fue determinar el rendimiento volumétrico de la especie *Dipteryx micrantha* (Shihuahuaco) en el proceso de aserrío, considerando su tipología, dimensiones y metodología, en la empresa Consorcio Forestal Loreto SAC. Para la **metodología** se procesaron un total de 459 trozas de Shihuahuaco, con un volumen total de 1,721.23 m<sup>3</sup>. Se analizaron diferentes categorías y dimensiones de la madera aserrada, así como la calidad y el destino de los productos resultantes. Se realizaron mediciones y cálculos de rendimiento volumétrico, coeficiente de forma y ahusamiento. Los **resultados** indican que el rendimiento total obtenido fue del 58.08%, mientras que los subproductos alcanzaron el 41.92%. La madera larga comercial representó el 36.76%, mientras que la madera larga angosta fue solo el 0.96%. La madera corta fue el 14.57% y la listonería el 5.79%. La primera calidad de la madera larga comercial fue el 56.85% del total, seguida por la segunda calidad con el 19.84% y la tercera calidad con el 12.70%. La madera destinada al mercado nacional fue solo el 10.61%. Además, se proporcionaron datos específicos sobre el número de piezas y volúmenes en diferentes dimensiones y longitudes. En **conclusión**, según los resultados obtenidos, el rendimiento volumétrico del Shihuahuaco en el proceso de aserrío fue del 58.08%. Se observó una mayor proporción de madera larga comercial de alta calidad. También se identificaron diferentes dimensiones y longitudes de la madera aserrada, con el largo 10 y el largo 11 siendo los más comunes en las piezas de 1

pulgada y 2 pulgadas de espesor, respectivamente. El coeficiente de forma de la especie Shihuahuaco fue de 0.88% y el ahusamiento varió entre 0.7 cm/m y 13.1 cm/m, dependiendo de la longitud del fuste. Estos hallazgos son relevantes para la industria forestal y pueden contribuir al mejor aprovechamiento y manejo de la especie en el proceso de aserrío. Es importante saber el rendimiento de la madera bruta para la industria de la construcción así como su versatilidad, en este caso con una viga reutilizada así explica **Guerra y Lozano(2019)**, llevaron a cabo un estudio con el **objetivo** de analizar el comportamiento mecánico de vigas fabricadas mediante la unión de piezas de madera reciclada con *Guadua angustifolia Kunth* lins utilizando un sistema de prensa de encolado arquitectónico. El objetivo era examinar parámetros mecánicos como el esfuerzo máximo, el módulo de rotación, el módulo elástico y la resistencia a la deflexión. En cuanto a la **metodología**, se realizaron pruebas de acuerdo con las normas ASTM D198 y NTC 5279 para evaluar el comportamiento mecánico de las vigas ensambladas. Se registraron medidas de esfuerzo máximo en el límite de proporcionalidad de las fibras de *Guadua angustifolia Kunth*, así como los parámetros rotatorios, elásticos y de resistencia a la deflexión. Se consideraron aspectos como la densidad de las piezas de madera, el contenido de humedad, el tamaño, la resistencia mecánica de las fibras de *Guadua angustifolia Kunth* y la calidad de la línea de adhesión. Los **resultados** del estudio revelaron que el comportamiento mecánico de las vigas construidas no se vio afectado por la densidad de las piezas de madera, su contenido de humedad o su tamaño. Sin embargo, la calidad de la línea de adhesión y la resistencia mecánica de las fibras de *Guadua angustifolia Kunth* fueron los factores determinantes clave. Se observó que las vigas ensambladas mostraban un comportamiento dilatorio antes de alcanzar la falla. Como **conclusión**, se determinó que el uso de piezas de madera reciclada combinadas con fibras de *Guadua angustifolia Kunth* a través de un sistema de prensa de encolado arquitectónico puede resultar en un buen comportamiento mecánico en las vigas ensambladas. La resistencia mecánica de las fibras de *Guadua angustifolia Kunth* y la calidad de la línea de adhesión son factores críticos para garantizar la resistencia y ductilidad del sistema. Estos hallazgos contribuyen a la comprensión del uso de materiales reciclados en la construcción y pueden ser de utilidad en el diseño e implementación de sistemas estructurales eficaces. La resistencia a la flexión es una de las principales propiedades que deben tener todos los elementos estructurales, por ello investigaron sobre esta propiedad en la madera de Zapote **Barrientos y Luza (2018)** llevaron a cabo una investigación con el **objetivo** principal de identificar el uso estructural de la madera Zapote de Puerto Maldonado mediante la

determinación de sus propiedades físico-mecánicas de acuerdo con la norma NTP E.010. Además, establecieron tres objetivos específicos: determinar las propiedades físicas, determinar las propiedades mecánicas y clasificar la madera Zapote según la NTP E.010. La **metodología** empleada en el estudio fue descriptiva, involucrando la recopilación de información sobre las propiedades físico-mecánicas de la madera Zapote. Se utilizó el método hipotético-deductivo, un enfoque científico que implica formular hipótesis, deducir proposiciones a partir de ellas y verificar su veracidad mediante la experiencia. Los **resultados** del estudio presentan las propiedades físico-mecánicas de la madera Zapote, incluyendo los ensayos de compresión perpendicular al grano, flexión estática al grano y tensión paralela al grano. También se muestran los análisis de regresión entre estas propiedades y la densidad básica y el peso específico. Los resultados obtenidos se comparan con otras plantaciones de madera Zapote de diferentes edades y con bosque natural. En general, las **conclusiones** indican que la madera Zapote de Puerto Maldonado posee propiedades físico-mecánicas adecuadas para su uso estructural según la norma técnica peruana E.010. Se ha confirmado la hipótesis general y se ha comprobado que la madera Zapote de Puerto Maldonado se clasifica en el grupo "A" según la norma técnica peruana E.010. Estos hallazgos son relevantes para la industria de la construcción, ya que proporcionan una base sólida para el diseño e implementación de estructuras de madera utilizando específicamente este tipo de madera. Además, es destacable el hecho de que se presenten recomendaciones para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas de la madera Zapote, lo que demuestra un enfoque orientado hacia la mejora continua y la exploración de nuevas posibilidades en el uso de este recurso. Estas conclusiones brindan confianza en la idoneidad y potencial de la madera Zapote de Puerto Maldonado como material estructural, fomentando su uso responsable y sostenible en proyectos de construcción. No solo limitándose al shihuahuaco, por su parte **Hanco(2021)**, realizó un estudio con el **objetivo** principal de examinar la anatomía, propiedades físicas y el secado natural de la especie *Apeiba tibourbou* Aubl. en la provincia de Tambopata, región de Madre de Dios. Para llevar a cabo la investigación, se recolectaron cinco árboles de *A. tibourbou* del sector Villa Mercedes en el distrito de Las Piedras, siguiendo los criterios establecidos por la NTP N°251.008. En cuanto a la **metodología**, se realizaron análisis macroscópicos y microscópicos de las muestras de madera. Además, se llevaron a cabo ensayos de anatomía de la madera para examinar sus características estructurales. Se determinó el contenido de humedad, las densidades, las contracciones, el índice de estabilidad y la velocidad de secado.

También se compararon diferentes métodos de apilado para el secado al aire libre. Los **resultados** obtenidos revelaron características anatómicas distintivas de la madera de *A. tibourbou* Aubl., como la presencia abundante de tejido parenquimático y un color crema blanquecino. En cuanto a las propiedades físicas de la madera, se observaron niveles bajos en general. En relación al secado al aire, se encontró que el apilado horizontal presentó los mejores resultados durante el período de evaluación de 122 días. En **conclusión**, los hallazgos de esta investigación indican que la madera de *A. tibourbou* Aubl. posee características anatómicas específicas y propiedades físicas en niveles bajos. Además, se demostró que el método de apilado horizontal es efectivo para el secado al aire de esta especie. Estos resultados son relevantes para una mejor comprensión y aprovechamiento de las características de la madera de *A. tibourbou* Aubl., especialmente en la provincia de Tambopata, región de Madre de Dios. Es importante destacar el enfoque riguroso de la metodología utilizado por Hanco, que involucró una recolección cuidadosa de muestras de árboles y una variedad de análisis para examinar tanto la anatomía como las propiedades físicas de la madera. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa sobre la estructura y calidad de la madera de *A. tibourbou* Aubl., lo que puede contribuir al desarrollo de estrategias de manejo forestal sostenible y al aprovechamiento adecuado de esta especie en la provincia de Tambopata. Además, la identificación del apilado horizontal como un método eficaz de secado al aire ofrece pautas prácticas para los productores y procesadores de madera interesados en utilizar esta especie. En conjunto, estos hallazgos son prometedores y pueden tener un impacto positivo en la industria forestal local y en la conservación de los recursos naturales en la región de Madre de Dios. Se debe comprender mejor las propiedades mecánicas del material por lo cual se han realizado diversos ensayos en madera Shihuahuaco como demuestran **Portillo y Jimenez(2018)**, el **objetivo** general de este proyecto de tesis fue examinar la resistencia de la madera de Shihuahuaco a la flexión, compresión y tracción bajo diferentes niveles de humedad en la región de Cusco. Utilizando esta metodología, se realizaron pruebas para determinar la resistencia de la madera de Shihuahuaco de la provincia de Quispicanchis, distrito de Camanti y sector de Quincemil en el departamento de Cusco. Se analizaron los efectos de la flexión, compresión y tracción en la resistencia de la madera en diferentes niveles de humedad, incluyendo estado seco y sumergida durante períodos de 24, 48 y 72 horas. Se utilizó una **metodología** de investigación cuantitativa, un enfoque descriptivo con un enfoque correlacional y el método hipotético-deductivo. Los **resultados** determinaron los esfuerzos permisibles clasificados en el grupo "A" según la norma E.010.

Los hallazgos demostraron que la resistencia a la compresión aumentó a medida que disminuyó el contenido de humedad. La madera que había sido expuesta a 48 horas de saturación mostró el mejor nivel de resistencia en la prueba de tracción. En cuanto a la prueba de flexión, la madera que estaba seca y en estado natural produjo los mejores resultados. Basándose en los hallazgos. Se **concluye** que la resistencia de la madera de Shihuahuaco varía dependiendo de la cantidad de humedad presente y el tipo de carga utilizada. La resistencia a la compresión aumenta a medida que disminuye el contenido de humedad. La madera que fue sometida a 48 horas de saturación demostró una buena resistencia a la tracción. La madera en su estado seco y natural produjo los mejores resultados en la prueba de flexión. Estas conclusiones son importantes para comprender y aprovechar las propiedades de la madera de Shihuahuaco en aplicaciones estructurales en la región de Cusco.

Grupo	Flexión	Tracción Paralela	Compresión Paralela	Compresión Perpendicular	Corte Paralelo
A	20,6(210)	14,2(145)	14,2(145)	3,9(40)	1,5(15)
B	14,7(150)	10,3(105)	10,8(110)	2,7(28)	1,2(12)
C	9,8(100)	7,3(75)	7,8(80)	1,5(15)	0,8(8)
D	6,8(70)	5,8(60)	6,2(63)	1,3(13)	0,6(6)

Contenido de humedad < 22%

**Tabla N°01** *Esfuerzos admisibles para maderas latifoliadas*

De la manera en que se3.9 plantea esta investigación también se han planteado otras para descubrir nuevos fines para los recursos locales, como explica **Medina et al. (2020)**, llevó a cabo un estudio con el **objetivo** principal de obtener información sobre las propiedades mecánicas de la madera de álamo en cortinas forestales situadas en la provincia de Río Negro, Argentina. El propósito era adquirir conocimiento previamente inexistente sobre estas propiedades para mejorar su utilización y maximizar su valor en diversas aplicaciones. En la **metodología** empleada, se recolectaron quince muestras de los álamos más representativos en las cortinas forestales de la zona (chileno, conti 12 y boleana) en fincas ubicadas en Allen. Se extrajo un tronco de 1,5 metros de longitud de cada árbol con el fin de obtener madera para realizar pruebas de propiedades mecánicas, como resistencia estática a la flexión, compresión, resistencia al rodamiento de espigas y dureza. Se utilizaron estándares de prueba reconocidos, como ASTM D-143, ASTM D-5764-97 e IRAM-9570. Los **resultados** obtenidos revelaron que las propiedades mecánicas de la madera de álamo de las cortinas forestales se encuentran dentro de los rangos informados para la madera de otros álamos

cultivados en diferentes áreas del país, algunos de los cuales son aceptados para su uso estructural. Además, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango informado para el pino ponderosa, una madera ampliamente utilizada en la Patagonia para construcción de estructuras portantes, como vigas, columnas y armazones de cerchas en paneles estructurales. Específicamente, se observó que la madera de boleana y conti 12 mostró valores superiores de resistencia a la flexión, compresión y dureza en comparación con el álamo chileno. Estas **conclusiones** resaltan el potencial de la madera de álamo proveniente de las cortinas forestales en la provincia de Río Negro, Argentina. Los resultados indican que esta madera posee propiedades mecánicas adecuadas para su aplicación en diversas áreas, lo que la convierte en un recurso forestal valioso con posibilidades de uso estructural. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la industria forestal y la toma de decisiones relacionadas con la utilización de la madera de álamo en la provincia de Río Negro. Además, estos resultados pueden contribuir a la diversificación de opciones de materiales de construcción sostenibles y locales en la región, promoviendo el desarrollo económico y la conservación de los recursos forestales. El conocimiento de estas propiedades permitirá optimizar su uso y aprovechamiento en diferentes sectores, contribuyendo así al desarrollo y valorización de los recursos forestales en la región. **Marchesan et al (2020)**, El estudio tiene como **objetivo** principal determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de la especie *Plathymenia reticulata* Benth, con el fin de identificar sus posibles usos en la construcción civil. Para lograr este objetivo, se llevaron a cabo ensayos físicos y mecánicos en la madera de esta especie, que incluyeron la medición de la densidad básica, la retracción de la madera, el coeficiente de anisotropía, la resistencia a la compresión axial y la flexión estática. Los resultados de estos ensayos se presentan en un PDF y se analizan detalladamente en las conclusiones del estudio. La **metodología** utilizada en el estudio consistió en seleccionar muestras de madera de *Plathymenia reticulata* Benth procedentes de un bosque nativo en el municipio de Dueré, estado de Tocantins, Brasil. Estas muestras fueron sometidas a ensayos físicos y mecánicos en el Laboratorio de Tecnología da Madeira del Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), siguiendo las normas técnicas COPANT 461, COPANT 464 y COPANT 555. Los ensayos físicos abarcaron la medición de la densidad básica, la retracción de la madera y el coeficiente de anisotropía, mientras que los ensayos mecánicos incluyeron la determinación de la resistencia a la compresión axial y la flexión estática. Los resultados de estos ensayos se presentan en un PDF y se discuten detalladamente en las conclusiones del estudio. Los

**resultados** obtenidos revelan que la madera de *Plathymenia reticulata* Benth presenta una densidad básica promedio de 0,67 g/cm<sup>3</sup>, una retracción volumétrica del 12,5% y un coeficiente de anisotropía de 2,1. En cuanto a las propiedades mecánicas, se encontró que la madera tiene una resistencia a la compresión axial promedio de 63,5 MPa y una resistencia a la flexión estática promedio de 98,5 MPa. Además, se observó que las propiedades físicas y mecánicas de la madera varían en diferentes partes del árbol y en diferentes etapas de crecimiento. Por ejemplo, la densidad básica y la resistencia mecánica son mayores en la base del tronco que en la parte superior, mientras que la retracción de la madera es mayor en la parte superior. Las **conclusiones** del estudio señalan que la madera de *Plathymenia reticulata* Benth es una especie con propiedades físicas y mecánicas interesantes para su utilización en la construcción civil. Su densidad básica y resistencia mecánica relativamente altas la hacen adecuada para aplicaciones que requieren una alta resistencia, como la construcción de estructuras y mobiliario. Además, se observa que las propiedades físicas y mecánicas de la madera varían en diferentes partes del árbol y en diferentes etapas de crecimiento, lo que puede ser útil para aplicaciones específicas. Por ejemplo, la madera de la base del tronco puede ser más adecuada para la construcción de estructuras, mientras que la madera de la parte superior puede ser más adecuada. Aportando en este sentido las investigaciones a diversas maderas analizando la resistencia a la flexión **Martin et al (2020)**, El **objetivo** principal del estudio es evaluar las propiedades de flexión de la madera de Blackwood en Portugal, tanto en forma aserrada como laminada encolada (glulam), para determinar su potencial en aplicaciones estructurales en la construcción. Se realizaron pruebas destructivas y no destructivas en muestras de madera de Blackwood para medir su resistencia y rigidez a la flexión, así como evaluar su calidad en términos de densidad, contenido de humedad y defectos estructurales. Los resultados se compararon con valores de referencia de otras especies de madera utilizadas en la construcción para determinar la idoneidad de la madera de Blackwood en aplicaciones estructurales. La **metodología** incluyó pruebas destructivas en muestras de madera aserrada, midiendo propiedades de flexión como el módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión. Además, se empleó un dispositivo de medición de ondas de estrés para evaluar el módulo de elasticidad dinámica de la madera de Blackwood en pruebas no destructivas. También se midió la densidad y contenido de humedad, y se evaluaron los defectos estructurales mediante inspección visual. Los datos obtenidos se compararon con valores de referencia para otras especies de madera utilizadas en la construcción, determinando así la idoneidad de la madera de Blackwood e

s estructurales. Los **resultados** indican que la madera de Blackwood en Portugal tiene un alto potencial en aplicaciones estructurales en la construcción. Mostró una alta resistencia y rigidez a la flexión tanto en forma aserrada como laminada encolada. Además, su densidad y contenido de humedad son adecuados para aplicaciones estructurales. Sin embargo, se observaron algunos defectos estructurales, como nudos y grietas, que podrían afectar la calidad y resistencia de la madera. En resumen, se *concluye* que la madera de Blackwood en Portugal tiene un alto potencial en aplicaciones estructurales en la construcción, pero se deben considerar los defectos estructurales al seleccionar la madera para aplicaciones críticas. Se sugiere realizar más estudios para evaluar la calidad y resistencia de la madera de Blackwood en diferentes condiciones ambientales y su comportamiento a largo plazo en aplicaciones estructurales. Estos hallazgos respaldan la valoración de la madera de Blackwood como una opción viable y prometedora en aplicaciones de construcción, contribuyendo a diversificar el uso de las especies forestales en Portugal y a hacer un uso más sostenible de los recursos forestales. Para demostrar así la tierra afectaba de alguna manera esta propiedad **Cukor et al (2020)**, El **objetivo** principal del estudio es comparar el crecimiento y la calidad de la madera del abeto noruego y el alerce europeo en suelos agrícolas abandonados y suelos forestales estándar. También se busca evaluar la sensibilidad de estas especies a los factores climáticos en ambos tipos de suelo. Se pretende analizar la densidad de la madera, la resistencia a la flexión y la resistencia al impacto de ambas especies en los diferentes suelos. Además, se busca examinar la relación entre el crecimiento radial de los árboles y los factores climáticos, como temperatura y precipitación, debido al cambio climático global y las perturbaciones en los bosques de coníferas en Europa Central. La **metodología** empleada en el estudio incluyó la recolección de muestras de anillos de crecimiento de los árboles, la medición de la densidad de la madera, la resistencia a la flexión y la resistencia al impacto, y la evaluación de la sensibilidad de las especies a los factores climáticos. Se realizó un análisis estadístico de los datos y se llevaron a cabo pruebas para abordar la falta de anillos de crecimiento en algunas muestras. Los **resultados** del estudio revelan que el crecimiento radial del abeto noruego y el alerce europeo en suelos agrícolas abandonados fue significativamente menor en comparación con los suelos forestales estándar. Además, se observó que la sensibilidad de estas especies a los factores climáticos difiere entre los distintos tipos de suelo. En cuanto a la calidad de la madera, se encontraron diferencias significativas en la densidad de la madera entre las especies en los diferentes suelos. Específicamente, se descubrió que la densidad de la madera del alerce europeo fue

significativamente mayor en los suelos agrícolas abandonados en comparación con los suelos forestales estándar. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la densidad de la madera del abeto noruego entre los diferentes suelos. En cuanto a la resistencia a la flexión y al impacto, se encontraron diferencias significativas entre las especies en los diferentes suelos. En general, se constató que tanto la resistencia a la flexión como la resistencia al impacto del alerce europeo fueron superiores a las del abeto noruego. En **conclusión**, los resultados del estudio indican que el historial de uso del suelo tiene un impacto importante en el crecimiento y la calidad de la madera del abeto noruego y el alerce europeo. También se encontró que la sensibilidad de estas especies a los factores climáticos varía dependiendo del tipo de suelo en el que se desarrollan. Específicamente, se observó que el alerce europeo muestra un mejor crecimiento en suelos agrícolas abandonados, mientras que el abeto noruego presenta un mejor desarrollo en suelos forestales estándar. Además, se encontró que la densidad de la madera del alerce europeo es significativamente mayor en suelos agrícolas abandonados en comparación con suelos forestales estándar, mientras que no se encontraron diferencias significativas en la densidad de la madera del abeto noruego entre los diferentes tipos de suelo. Las plantas agrícolas abandonadas puede ser una estrategia efectiva para obtener madera de calidad y contribuir a la adaptación al cambio climático.

Investigaron sobre las propiedades principales de 4 maderas **Caline, Soares y Alan(2021)**, El **objetivo** de este estudio fue analizar las propiedades de la madera de cuatro especies nativas, canela guaica, fumo bravo, mamica y pau leiteiro, centrándose en su densidad y características mecánicas, y examinar cómo el contenido de humedad influye en estas propiedades. Para la **metodología**, pa llevar a cabo el estudio, se utilizaron árboles de cada especie para crear muestras que luego fueron sometidas a pruebas en dos condiciones de humedad: saturada y climatizada al 12% de humedad. Se utilizó análisis de varianza (ANOVA) y, cuando fue necesario, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para realizar comparaciones entre los datos. La densidad básica y la densidad aparente se evaluaron mediante estadística descriptiva, y se utilizó el programa Sisvar 5.6 para el análisis de datos. Además, se realizó una correlación de Pearson entre las propiedades físicas y mecánicas de las maderas utilizando Microsoft Excel 2010. Los **resultados** obtenidos revelaron que la densidad básica y aparente de las maderas variaron entre las especies, destacando la canela guaica con los valores más altos en ambas categorías. El contenido de humedad demostró tener un impacto significativo en las propiedades mecánicas de las maderas. Específicamente, la rigidez (módulo de elasticidad) y la resistencia (módulo de

ruptura) a la flexión estática fueron mayores en las maderas con menor contenido de humedad. Se observó que la canela guaicá mostró un aumento notable en el módulo de ruptura al reducir el contenido de humedad. En **conclusión**, se determinó que el contenido de humedad es un factor crucial a tener en cuenta al caracterizar las propiedades mecánicas de la madera, y se identificó que la canela guaicá tiene un potencial destacado para aplicaciones que requieren una alta resistencia mecánica.. Estos resultados indican la influencia significativa de la humedad en las propiedades mecánicas de la madera estudiada. Similar a los presentado también lo realizaron **da Silva et al (2021)**, el objetivo de este estudio fue establecer una relación entre la densidad básica, la resistencia y la rigidez a la flexión estática en las maderas de tres especies nativas del cerrado brasileño: aroeira, cagaita e ipê-branco. Para la metodología se logró llevar a cabo el estudio, se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DIC) para analizar los datos de resistencia mecánica. Se realizaron pruebas de homogeneidad de varianzas y normalidad de Shapiro-Wilk, seguidas de análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Además, se empleó el test de correlación de Pearson para evaluar la relación entre la densidad básica y la flexión estática. Los resultados revelaron diferencias significativas en la densidad básica entre las tres especies estudiadas. Myracrodruon urundeuva presentó la mayor media de densidad básica (0,882 g cm<sup>-3</sup>), mientras que Tabebuia roseo-alba registró la menor media (0,581 g cm<sup>-3</sup>). En cuanto a la resistencia a la flexión estática, se observó que la especie aroeira exhibió la mayor resistencia, seguida de la cagaita y el ipê-branco. Como conclusión, se determinó que existe una correlación positiva entre la densidad básica y la resistencia a la flexión estática en las tres especies estudiadas. Además, se resaltó la importancia de comprender las propiedades físicas y mecánicas de las maderas nativas del cerrado para su uso sostenible en la industria y la preservación del ecosistema. Es decir, a mayor densidad básica, mayores fueron los valores de MOE y MOR. Igualmente da Silva et al. (2022) llevó a cabo un estudio con el objetivo de determinar el contenido de humedad, densidad aparente, módulo de elasticidad (MOE) y módulo de ruptura (MOR) de cuatro especies de madera adquiridas en la región de Açailândia - MA e Imperatriz - MA. El propósito principal era obtener conocimiento sobre las propiedades físicas y mecánicas de estas especies de madera para su uso en estructuras. En la **metodología** empleada, se fabricaron cuerpos de prueba (CPs) siguiendo la norma ABNT NBR 7190-3:2022 - Projeto de Estruturas de Madeira. Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas. Estos CPs se utilizaron para llevar a

cabo pruebas experimentales y determinar el contenido de humedad, densidad aparente, módulo de elasticidad (MOE) y módulo de ruptura (MOR) de las cuatro especies de madera adquiridas en la región mencionada. Los **resultados** obtenidos revelaron que la especie de madera paricá mostró el valor promedio más bajo de módulo de ruptura (22,29 MPa), mientras que la especie angelim-pedra presentó el valor promedio más alto (130,42 MPa). En cuanto a la densidad aparente (***ρ<sub>ap</sub>***) de las especies de madera estudiadas, se encontraron los siguientes valores: 1253,80 kg/m<sup>3</sup> (angelim-pedra), 1226,67 kg/m<sup>3</sup> (sapucaia), 912,17 kg/m<sup>3</sup> (tuturubá) y 247,24 kg/m<sup>3</sup> (paricá). Además, se observó una relación directa entre la resistencia a la flexión de las especies de madera y su densidad aparente. En **conclusión**, los hallazgos de este estudio indican que la especie de madera paricá presenta la menor resistencia a la flexión, mientras que la especie angelim-pedra muestra la mayor resistencia a la flexión. Además, se constató que la densidad aparente de las especies de madera estudiadas está directamente relacionada con su resistencia a la flexión. Estos resultados son importantes para el uso adecuado de las especies de madera en estructuras, ya que la resistencia a la flexión está influenciada por esta propiedad. El conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de las especies de madera disponibles en el mercado es fundamental para garantizar su utilización eficiente y segura en aplicaciones estructurales. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la industria de la construcción y la selección adecuada de especies de madera en proyectos de ingeniería y arquitectura. Nuevamente buscando la resistencia a la flexión con respecto a la humedad **de Lima (2022)**, El **objetivo** de este estudio fue analizar cómo el contenido de humedad influye en la rigidez y resistencia a la flexión de piezas de madera de sapucaia. La sapucaia es una especie de madera común en la Amazonía brasileña y ampliamente utilizada en construcciones internas y externas. Es crucial comprender cómo la humedad afecta la resistencia de esta madera para asegurar la durabilidad y seguridad de las estructuras construidas con ella. La **metodología** empleada consistió en utilizar 18 piezas de madera de sapucaia para medir el contenido de humedad mediante el método gravimétrico, realizando mediciones de masa en intervalos de 24 horas. Para el ensayo de flexión, se seleccionaron 3 piezas de madera por nivel de humedad y se midió el módulo de ruptura (MOR) de cada una, que es una medida de la resistencia de la madera a la flexión. Los **resultados** mostraron que el contenido de humedad de la madera de sapucaia al momento de la adquisición supera el Punto de Saturación de la Fibra (29,56%) y su módulo de ruptura era de 104,36 MPa. Se observó que durante los primeros 7 días, el contenido de humedad de la madera experimentó una variación del

13,64%, y en el intervalo de 7 a 14 días, no se produjo un aumento significativo de humedad, solo un incremento del 0,61% al final de los 14 días. En cuanto al promedio del módulo de ruptura, no se encontró una variación significativa en los diferentes niveles de humedad. En **conclusión**, se determinó que el contenido de humedad de la madera de sapucaia afecta su resistencia a la flexión, pero no su rigidez. La variación en el contenido de humedad de la madera fue más pronunciada durante los primeros 7 días a 28 (temperatura y humedad relativa estándar) el marco teórico aborda los conceptos fundamentales relacionados con la construcción sostenible, el bambú Guadua y la madera Shihuahuaco, así como la resistencia a la flexión de vigas. Se proporciona el fundamento teórico necesario para comprender la importancia de comparar la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco en el contexto de la construcción sostenible. Es a partir de esta base teórica, se realizan los ensayos normalizados para obtener datos empíricos y analizar la viabilidad y el rendimiento de estos materiales en aplicaciones estructurales.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### **Tipo de investigación**

La investigación que se describe en el marco teórico puede clasificarse como experimental, ya que implica realizar ensayos normalizados para determinar la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco. A través de estos ensayos, se busca obtener datos empíricos y comparativos para evaluar las propiedades y el rendimiento de ambos materiales en términos de resistencia estructural, sobre su alcance temporal es transversal, pues la investigación propondrá las condiciones en un solo día de ensayo. En su profundidad es descriptiva simple, al utilizar los métodos de análisis para lograr la caracterización de un modelo en una situación y poder describirlo.

##### **Diseño de investigación**

El diseño de investigación más adecuado para la comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco es un diseño experimental. En este diseño, se llevan a cabo pruebas de resistencia a la flexión en vigas de bambú y madera utilizando un ensayo normalizado. Se seleccionaron muestras representativas de ambos materiales y se aplicaría una carga puntual en el centro de las vigas para evaluar su resistencia a la flexión.

Es importante que el diseño experimental cuente con un grupo de control, que serían las vigas de madera, y un grupo experimental, conformado por las vigas de bambú. Esto permitiría realizar una comparación directa de los resultados y evaluar las diferencias en la resistencia a la flexión entre ambos materiales.

Además, se deben establecer criterios de medición y registro de datos para obtener resultados precisos y confiables. También se deben considerar factores como la humedad de los materiales, las condiciones ambientales y cualquier otra variable relevante que pueda influir en los resultados.

#### 3.2. Variables y Operacionalización

Las variables de este trabajo de investigación son:

Variable Y: Resistencia a la flexión de vigas

Variable X1: bambú Guadua

Variable X2: Madera Shihuahuaco

##### - **Definición conceptual**

VY: Para la resistencia a la flexión de vigas se tiene la siguiente definición por el ingeniero Guarniz:

La capacidad de soporte de la madera cuando está sujeta a fuerzas transversales se conoce como resistencia a la flexión. Para determinar esta resistencia en un ensayo normalizado, se aplica una carga puntual perpendicular al centro del elemento de madera, que se encuentra simplemente apoyado en ambos extremos. (2022, p.7)

La capacidad de la madera para resistir fuerzas transversales es una característica notable de este material. La resistencia a la flexión es una medida de su capacidad para soportar cargas aplicadas perpendicularmente a lo largo de su estructura. Los ensayos normalizados que se utilizan para determinar esta resistencia son una forma confiable y precisa de evaluar las propiedades de la madera. Durante el ensayo, se aplica una carga puntual al centro del elemento de madera, que se encuentra apoyado en ambos extremos. Esta metodología permite obtener datos consistentes y comparables, lo que es crucial para el diseño y la construcción de estructuras seguras y duraderas. La resistencia a la flexión de la madera es un testimonio de su versatilidad y confiabilidad como material de construcción, lo que la convierte en una opción muy valiosa en diversas aplicaciones.

VX1: Para el bambú se tiene la siguiente definición por la investigadora Fernandez:

La caña guadúa posee propiedades estructurales que le otorgan resistencia, flexibilidad y capacidad de absorción de energía, lo cual la hace adecuada para construcciones que sean resistentes a los movimientos sísmicos. Además, todas las partes de la caña guadúa son útiles, ya que tiene fibras naturales muy fuertes que le permiten competir con la madera, siendo apta para la elaboración de diversos productos como aglomerados, laminados, paneles, pisos y esteras, entre otros (2020, p.22)

La caña guadúa es un material extraordinario que ofrece numerosas ventajas en el campo de la construcción y la fabricación de productos. Sus propiedades estructurales, como resistencia, flexibilidad y capacidad de absorción de energía, la convierten en una opción ideal para edificaciones que requieren resistencia ante movimientos sísmicos. Esto es una gran noticia, ya que permite construir estructuras más seguras y duraderas. Además, la versatilidad de la caña guadúa es impresionante. Todas las partes de esta planta son útiles, gracias a las fibras naturales que posee, las cuales son excepcionalmente fuertes. Esta cualidad le permite competir con la madera en términos de resistencia y durabilidad. Como resultado, la caña guadúa puede ser utilizada en la fabricación de una amplia gama de productos, incluyendo

aglomerados, laminados, paneles, pisos y esteras, entre otros. Su uso en diferentes aplicaciones demuestra su valía como material sostenible y de alta calidad.

VX2: Para el shihuahuaco se tiene la siguiente definición por la investigadora Perez:

El Shihuahuaco es un tipo de madera con una alta densidad, lo que se traduce en una gran pesadez. Además, su contracción lineal es baja y su contracción volumétrica es estable. En cuanto a su resistencia mecánica, se considera que está en una categoría alta.(2023, p.15)

El Shihuahuaco es un tesoro en el mundo de la madera debido a sus destacadas características. Su alta densidad es una cualidad que se traduce en una gran solidez y resistencia, lo que lo convierte en un material de confianza en aplicaciones que requieren durabilidad y robustez. Además, su baja contracción lineal y contracción volumétrica estable son aspectos muy positivos. Estas propiedades indican que el Shihuahuaco es menos propenso a deformarse o sufrir cambios dimensionales significativos debido a variaciones en la humedad o temperatura. Esta estabilidad es esencial para mantener la integridad de las estructuras y productos fabricados con esta madera. En términos de resistencia mecánica, el Shihuahuaco se encuentra en una categoría alta. Esto significa que puede soportar cargas y tensiones significativas sin perder su integridad estructural. Su fortaleza proporciona una gran tranquilidad al utilizar esta madera en proyectos que requieren un alto nivel de resistencia.

- **Definición Operacional**

VY: Se determinará mediante un ensayo de laboratorio estandarizado por las normas correspondientes.

VX1: Serán determinadas mediante revisión y análisis documental sobre las propiedades del material.

VX2: Serán determinadas mediante revisión y análisis documental sobre las propiedades de ambos materiales.

- **Indicadores**

Para la variable Y se tienen los siguientes indicadores:

- Ensayo de propiedades mecánicas
- Ensayo de propiedades físicas

Para la variable X1 se tienen los siguientes indicadores:

- Flexibilidad

- Resistente a la tracción
- Resistente a la compresión

Para la variable X2 se tienen los siguientes indicadores:

- Flexibilidad
- Resistente a la tracción
- Resistente a la compresión

- **Escala de medición**

Para todos los indicadores la escala se determinó que sea escala de razón, pues esta es una escala de nivel de medición que representa la relación proporcional entre los valores de una variable. Es la escala más alta de medición y permite realizar operaciones matemáticas más avanzadas. En esta escala, los valores numéricos tienen un punto de referencia absoluto y se pueden realizar operaciones de adición, sustracción, multiplicación y división.

En una escala de razón, se pueden establecer relaciones de igualdad, proporciones y cocientes significativos. Por ejemplo, si se mide el tiempo en segundos, una diferencia de 10 segundos es el doble de una diferencia de 5 segundos. Además, se puede establecer la relación entre dos valores como "el doble", "la mitad" o "tres veces mayor".

La escala de medición de razón proporciona la mayor cantidad de información y permite un análisis estadístico más completo. Algunos ejemplos de variables que se pueden medir en escala de razón incluye peso, altura, temperatura absoluta, ingresos, tiempo transcurrido, distancia y cantidad de productos.

Para encontrar esta asignación a los indicadores se puede consultar el cuadro de operacionalización.

Cuadro: Operacionalización.

Tabla: N° 01 (Anexo)

### **3.3. Población, muestra, muestreo unidad de análisis**

#### **Población**

Para este trabajo la población serán probetas de diferentes tamaños de madera y bambú, definidas por las normas correspondientes.

#### **Muestra**

La muestra será de 126 especímenes en total, específicamente son:

Ensayos para Madera Shihuahuaco:

Contenido de humedad: 30 especímenes de 5x5x5cm

Densidad: 30 especímenes de 3x3x10cm

Flexión estática: 30 especímenes de 5x5x76cm

Ensayos para Bambú Guadua Angustifolia:

Contenido de humedad: 12 especímenes de 10x10x10cm

Densidad: 12 especímenes de 10x10x10cm

Flexión estática: 12 especímenes de 10x10x300cm

#### **Muestreo**

El muestreo será no probabilístico intencional

#### **Unidad de análisis**

Son dos, las vigas de bambú Guadua y Shihuahuaco utilizadas en el estudio. Estas vigas serían sometidas a ensayos de resistencia a la flexión para determinar sus propiedades mecánicas y físicas. La unidad de análisis se centra específicamente en las características y el comportamiento de estas vigas de bambú Guadua y Shihuahuaco, y cómo se comparan entre sí en términos de resistencia a la flexión.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos a utilizarse van a variar de acuerdo al ensayo y la etapa

Ensayos Estándar:

Contenido de humedad:

- Balanza de 0.1gr de precisión
- Muestras
- Horno de secado
- Hoja de cálculo

Densidad:

- Balanza de 0.1gr de precisión
- Vernier
- Muestras

- Hoja de cálculo

Flexión estática:

- Hoja de cálculo

- Máquina de flexión

- Muestras

Para la recolección se siguieron protocolos establecidos de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas de Madera y las Normas Técnicas Internacionales ISO de bambú para recopilar los datos. Una vez obtenidos, se registran en una hoja de cálculo para su posterior procesamiento y análisis.

### 3.5. Procedimientos

Como antes se mencionó se evaluaron los especímenes en 3 ensayos establecidos por la NTE.010, NTP 251.009, NTP 251.010, NTP 251.011, ASTM D-198 y la INEN(MTE).

Los ensayos son:

**Ensayo de contenido de humedad:** Este ensayo se utiliza para determinar la cantidad de agua presente en una muestra de material. Se realiza calentando la muestra a una temperatura específica(103 C° para madera, 44 C° para bambú) hasta que el peso de la muestra anhidra sea constante. El resultado se expresa como un porcentaje de la masa inicial de la muestra.



**Figura N°04:** *Medición de peso de muestras de Shihuahuaco para CH*



**Figura N°05:** *Colocación de muestras de Shihuahuaco en el horno de secado para CH*

**Ensayo de densidad:** El ensayo de densidad se utiliza para medir la masa de una muestra y su volumen. La densidad se calcula dividiendo la masa de la muestra por su volumen. Este ensayo es importante para determinar la compacidad de un material y su relación entre masa y volumen.

Para realizar el ensayo de densidad en muestras de madera o bambú, se deben seguir los siguientes pasos:

- Preparación de la muestra: Obtén una muestra representativa de la madera o el bambú que deseas analizar. Asegúrate de que la muestra esté libre de humedad adicional y en buen estado.



**Figura N°06:** Toma de medidas de muestras de Shihuahuaco para DB

- Medición de la masa de la muestra: Utiliza una balanza de precisión para medir la masa de la muestra en gramos (g). Registra este valor como "Ph".



- **Figura N°07:** Medición de peso de muestras de bambú Guadua para DB
- Toma de medidas de la muestra: Utiliza un vernier para tomar las medidas de las muestra, siendo un cubo o prisma, en 3 caras diferentes; siendo un cilindro hueco, tomar medidas del diámetro exterior e interior, también de la altura de las muestra, con estos datos es posible calcular el volumen de la muestra, la cual se registra como  $V_h$ .



**Figura N°08:** Toma de medidas de muestras de bambú Guadua para DB

- Cálculo de la densidad: Utilizando los valores registrados, realiza el cálculo de la densidad de la siguiente manera:  

$$\text{Densidad} = (\text{Ph}/\text{Vh})$$

Ph: Masa de la muestra.  
Vh: Volumen de la muestra
- Registro de los resultados: Anota el valor obtenido para la densidad de la muestra de madera o bambú.

**Ensayo de flexión estática:** Este ensayo se utiliza para evaluar la resistencia y rigidez de un material cuando se somete a una carga aplicada en un punto de apoyo y se flexiona. Se aplica una carga gradualmente hasta que la muestra se deforma o fractura. El ensayo proporciona información sobre la capacidad del material para soportar fuerzas de flexión y su comportamiento frente a la deformación.

Estos ensayos son comunes en diversas industrias, como la construcción, la ingeniería civil, la industria de la madera, entre otras. Proporcionan información importante sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, lo que ayuda en la selección y evaluación de su idoneidad para diferentes aplicaciones. Es importante seguir los estándares y protocolos adecuados al realizar estos ensayos para obtener resultados precisos y confiables.

Para el Shihuahuaco como parte de la preparación de muestras se debe apuntar las dimensiones de los especímenes a usar, se puede usar una tabla como método para ordenar los datos.

Probeta	L(cm)	A(cm)	H(cm)
EFES-01	75,3	5	5,7
EFES-02	75,2	5,9	4,9
EFES-03	76,1	5	5,1
EFES-04	75,9	5	5
EFES-05	76,2	5	5
EFES-06	76	5,1	5
EFES-07	75,1	5	5,9
EFES-08	76,2	5,8	4,7
EFES-09	74,8	5	5,9
EFES-10	76	5,1	5,8
EFES-11	75	5,8	5,1
EFES-12	76	5	5,1
EFES-13	75,4	5	5,5
EFES-14	76,1	5	5,1
EFES-15	76,1	5	5,9
EFES-16	76	4,9	5,9
EFES-17	76,1	5,1	5
EFES-18	76,1	5	5,1
EFES-19	76	5	5,1
EFES-20	75,9	5,7	4,9
EFES-21	75,2	5	5,8
EFES-22	75,2	5	5,5
EFES-23	75,2	5	5,4
EFES-24	74,9	5,6	5,1
EFES-25	74,8	5,1	5,5
EFES-26	76	5,3	5
EFES-27	74,8	5	5,5
EFES-28	76,2	5	5,4
EFES-29	76,1	5,8	5
EFES-30	76,1	5,9	5

**Tabla N°02** *Medidas de muestras de Shihuahhuaco para ensayo de Flexión Estática*

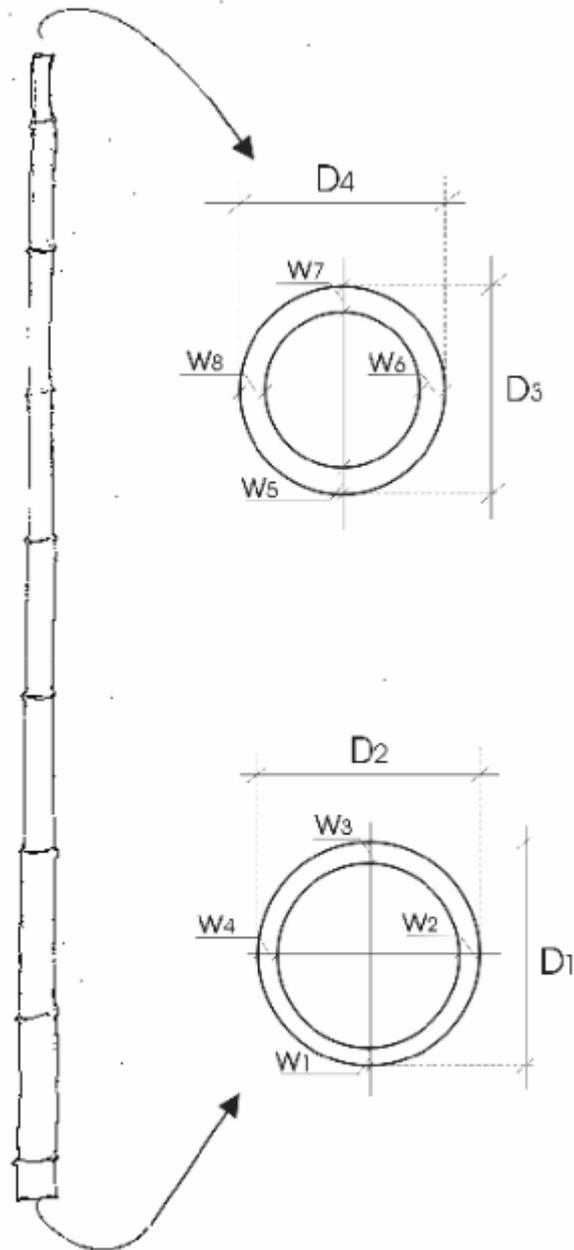


**Figura N°09:** *Ensayo de flexión estática para madera Shihuahuaco*

Para las probetas de bambú se deben realizar las mediciones correspondientes a cada extremo de la caña. Además estas medidas deben ser apuntadas y ordenadas como procedimiento de preparación de muestras.

PRobeta	D1	D2	W1	W2	W3	W4	D3	D4	W5	W6	W7	W8	L
EFEB-01	8,9	8,9	2	1,4	1,6	1,5	5,9	6,1	0,6	0,5	0,7	0,7	300
EFEB-02	7,1	7	0,5	0,6	0,6	0,6	8,3	8,5	0,6	0,6	0,6	0,6	303
EFEB-03	9,5	9,4	1,6	1,5	1,4	1,4	9	8,9	0,9	0,9	1	1	300
EFEB-04	9	9,4	2	2,1	2,1	2	8,8	8,7	1,2	1,3	1,5	1,3	301
EFEB-05	7,4	7,3	0,6	0,6	0,6	0,6	8,6	8,6	1,3	1,6	1,5	1,5	298
EFEB-06	8,4	8,3	0,6	0,7	0,8	0,75	9,2	8,9	1,4	1,1	1,4	1,1	300
EFEB-07	5,9	5,8	0,6	0,6	0,5	0,7	6,9	7,4	0,6	0,6	0,6	0,5	305
EFEB-08	6,1	6,1	0,6	0,5	0,7	0,6	8,5	8,5	0,6	0,9	0,6	0,7	301
EFEB-09	8,7	5,8	0,5	0,4	0,6	0,4	8,8	8,5	0,9	1,1	1,5	0	300
EFEB-10	7,9	8,2	0,6	0,7	0,7	0,6	8,3	8,4	0,7	0,6	0,7	0,7	299
EFEB-11	8,5	8,5	0,6	0,8	0,5	0,7	9,1	9	1,2	1,2	1	1,3	300
EFEB-12	7,8	7,8	1	1	1	1	8,7	9	0,8	0,8	0,8	0,8	300

**Tabla N°03** *Medidas de muestras de Bambú Guadua para ensayo de Flexión Estática.*



**Figura N°10:** Dimensiones de la caña de bambú para la preparación de muestras



**Figura N°11:** *Ensayo de flexión estática para bambú Guadua*

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para determinar los objetivos específicos se utilizaron cuadros para ordenar los datos obtenidos en los laboratorios para así poder determinar cuál de ambos materiales poseen mejores características estructurales.

### **3.7. Aspectos éticos**

En cualquier investigación, es fundamental considerar los aspectos éticos para garantizar la integridad, el respeto y la protección de los derechos de los participantes y el cumplimiento de los estándares éticos establecidos. Algunos aspectos éticos importantes incluyen obtener el consentimiento informado de los participantes, resguardar su privacidad y confidencialidad, minimizar cualquier riesgo o daño potencial, y garantizar la equidad en la selección de los participantes. Además, es fundamental realizar la investigación de manera honesta y transparente, evitando el plagio, la manipulación de datos y cualquier forma de mala conducta científica. El investigador debe actuar con responsabilidad y ética en todas las etapas de la investigación, desde la planificación y el diseño hasta la publicación y la divulgación de los resultados. Al cumplir con estos aspectos éticos, se contribuye a la generación de conocimiento confiable y se protege el bienestar de los participantes y la integridad de la investigación.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Resultados de los ensayos de contenido de humedad

##### 4.1.1. Especímenes de madera Shihuahuaco

Identificación del Especimen	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Contenido de Humedad (%)
CHS 01	153,4	131,6	0,17
CHS 02	147,8	128,1	0,15
CHS 03	150,7	128,3	0,17
CHS 04	154,8	134,5	0,15
CHS 05	151,7	135,0	0,12
CHS 06	150,6	128,3	0,17
CHS 07	158,9	135,6	0,17
CHS 08	150,1	125,9	0,19
CHS 09	148,0	125,3	0,18
CHS 10	149,2	131,0	0,14
CHS 11	149,9	133,1	0,13
CHS 12	150,4	130,6	0,15
CHS 13	152,6	128,7	0,19
CHS 14	147,4	129,2	0,14
CHS 15	150,1	131,7	0,14
CHS 16	153,3	136,2	0,13

CHS 17	149,2	129,8	0,15
CHS 18	150,5	130,1	0,16
CHS 19	151,3	133,7	0,13
CHS 20	151,4	133,3	0,14
CHS 21	149,4	132,5	0,13
CHS 22	150,4	131,0	0,15
CHS 23	149,1	128,1	0,16
CHS 24	151,1	131,3	0,15
CHS 25	146,5	129,8	0,13
CHS 26	150,8	138,7	0,09
CHS 27	150,4	138,0	0,09
CHS 28	147,7	137,7	0,07
CHS 29	147,1	135,6	0,08
CHS 30	146,6	134,1	0,09
		<b>Promedio</b>	14%
		<b>Desv. Est.</b>	0,03
		<b>C.V.%</b>	0,21

**Tabla N°04** *Tabla Ensayo de contenido de humedad para Shihuahuaco*

#### 4.1.2. Especímenes de Bambú Guadua Angustifolia

Identificación del Especimen	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Contenido de Humedad (%)
CHB 01	186,6	167,8	11,2%
CHB 02	262,7	241,7	8,7%
CHB 03	171,3	154,6	10,8%
CHB 04	204,0	181,7	12,3%
CHB 05	202,8	181,2	11,9%
CHB 06	247,4	226,8	9,1%
CHB 07	261,6	243,9	7,3%
CHB 08	250,7	230,2	8,9%
CHB 09	206,8	187,9	10,1%
CHB 10	216,6	198,6	9,1%
CHB 11	278,9	261,7	6,6%
CHB 12	163,6	143,3	14,2%
		<b>Promedio</b>	10,175%
		<b>Desv. Est.</b>	2,082

**C.V.%**

20,780

**Tabla N°05** *Tabla Ensayo de contenido de humedad para Bambú Guadua*

## 4.2. Resultados de los ensayos de densidad

## 4.2.1. Especímenes de madera Shihuahuaco

Identificación del Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso seco (gr)	Densidad Básica (gr/cm <sup>3</sup> )
DBS 01	10,05	4,95	5,15	256,20	272,70	1,06
DBS 02	10,00	5,05	5,00	252,50	261,80	1,04
DBS 03	10,00	5,00	5,00	250,00	261,70	1,05
DBS 04	10,10	5,00	5,15	260,08	275,50	1,06
DBS 05	10,10	5,45	5,05	277,98	308,30	1,11
DBS 06	10,00	5,50	5,05	277,75	281,30	1,01
DBS 07	10,00	5,40	5,05	272,70	283,80	1,04
DBS 08	10,00	5,10	5,00	255,00	270,90	1,06
DBS 09	10,00	5,50	5,00	275,00	290,20	1,06
DBS 10	10,00	5,05	4,95	249,98	268,90	1,08
DBS 11	10,50	5,55	5,10	297,20	301,60	1,01
DBS 12	10,50	5,35	5,00	280,88	293,30	1,04
DBS 13	10,00	5,40	5,05	272,70	289,30	1,06
DBS 14	10,00	5,10	5,00	255,00	281,70	1,10
DBS 15	10,05	5,05	5,45	276,60	293,00	1,06
DBS 16	10,00	5,05	5,40	272,70	299,60	1,10

DBS 17	10,00	5,45	5,10	277,95	303,70	1,09
DBS 18	10,00	5,35	5,00	267,50	269,30	1,01
DBS 19	10,00	5,00	5,45	272,50	302,70	1,11
DBS 20	10,00	5,55	5,05	280,28	295,70	1,06
DBS 21	10,10	5,35	5,05	272,88	281,60	1,03
DBS 22	10,00	4,95	5,05	249,98	247,40	0,99
DBS 23	10,00	5,50	5,10	280,50	299,20	1,07
DBS 24	10,10	5,55	5,10	285,88	308,60	1,08
DBS 25	10,10	4,95	5,10	254,97	269,50	1,06
DBS 26	9,95	5,05	5,00	251,24	264,80	1,05
DBS 27	10,05	5,00	5,40	271,35	297,20	1,10
DBS 28	10,00	5,30	4,95	262,35	282,90	1,08
DBS 29	9,90	5,50	5,05	274,97	309,70	1,13
DBS 30	10,00	5,45	5,05	275,23	284,00	1,03
<b>Promedio</b>						1,06
<b>Desv. Est.</b>						0,03
<b>C.V.%</b>						3,10

**Tabla N°06** *Tabla Ensayo de densidad básica para Shihuahuaco*

#### 4.2.2. Especímenes de Bambú Guadua Angustifolia

Identificación del Especimen	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura Media (cm)	Diámetro Exterior (cm)	Diámetro Interior (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso Seco (gr)	Densidad Básica (gr/cm <sup>3</sup> )
DBB 01	10,18	10,23	10,21	9,23	6,90	300,93	278,30	0,92
DBB 02	10,04	10,05	10,05	9,08	6,81	284,89	212,50	0,75

DBB 03	9,78	10,17	9,98	8,98	5,88	361,36	318,20	0,88
DBB 04	9,91	10,08	10,00	9,24	6,96	289,59	279,80	0,97
DBB 05	10,04	10,07	10,06	9,01	6,82	273,45	192,30	0,70
DBB 06	9,88	9,99	9,94	8,82	7,10	213,99	201,70	0,94
DBB 07	9,85	9,94	9,90	8,76	7,03	212,16	153,20	0,72
DBB 08	9,99	9,98	9,99	9,32	6,76	322,93	267,30	0,83
DBB 09	10,26	10,25	10,26	9,15	6,08	377,27	235,50	0,62
DBB 10	10,07	10,02	10,05	9,21	6,84	300,06	217,10	0,72
DBB 11	9,97	10,01	9,99	9,43	6,22	394,95	285,70	0,72
DBB 12	7,65	7,86	7,76	8,75	7,18	151,55	106,20	0,70
							<b>Promedio</b>	0,79
							<b>Desv. Est.</b>	0,011
							<b>C.V.%</b>	1,381

**Tabla N°07** *Tabla Ensayo de densidad básica para Bambú Guadua*

### 4.3. Resultados de los ensayos de flexión

#### 4.3.1. Especímenes de madera Shihuahuaco

Identificación	Espesor "e" (mm)	Ancho "a" (mm)	Distancia entre apoyos "L" (mm)	Carga Máxima "P" (kg-f)	Posición de Fractura	Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	Módulo de Rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )
MS - 1	57	50	700	1614,2	Dentro del tercio medio	-	1355,9
MS - 2	49	59	700	1612,9	Dentro del tercio medio	-	1354,9
MS - 3	51	50	700	1499,1	Dentro del tercio medio	-	1259,3
MS - 4	50	50	700	1522,3	Dentro del tercio medio	-	1278,7
MS - 5	50	50	700	1526,1	Dentro del tercio medio	-	1282,0
MS - 6	50	51	700	1534,5	Dentro del tercio medio	-	1289,0
MS - 7	59	50	700	1546,7		-	1299,2
MS - 8	47	58	700	1537,7		-	1291,7
MS - 9	59	50	700	1542,2		-	1295,5
MS - 10	58	51	700	1591,1		-	1336,5
MS - 11	51	58	700	1571,8	Dentro del tercio medio	-	1320,3

MS - 12	51	50	700	1614,9	Dentro del tercio medio	-	1356,5
MS - 13	55	50	700	1604,6	Dentro del tercio medio	-	1347,8
MS - 14	51	50	700	1588,5	Dentro del tercio medio	-	1334,3
MS - 15	59	50	700	1607,8	Dentro del tercio medio	-	1350,5
MS - 16	59	49	700	1550,6	Dentro del tercio medio	-	1302,5
MS - 17	50	51	700	1618,1		-	1359,2
MS - 18	51	50	700	1659,2		-	1393,7
MS - 19	51	50	700	1604,6		-	1347,8
MS - 20	49	57	700	1550,6		-	1302,5
MS - 21	58	50	700	1531,3	Dentro del tercio medio		1286,3
MS - 22	55	50	700	1592,4	Dentro del tercio medio		1337,6
MS - 23	54	50	700	1609,1	Dentro del tercio medio		1351,6
MS - 24	51	56	700	1593,0	Dentro del tercio medio		1338,1
MS - 25	55	51	700	1627,7	Dentro del tercio medio		1367,3
MS - 26	50	53	700	1602,6	Dentro del tercio medio		1346,2
MS - 27	55	50	700	1540,3			1293,8

MS - 28	54	50	700	1544,1		1297,1	
MS - 29	50	58	700	1587,9		1333,8	
MS - 30	50	59	700	1580,1		1327,3	
						<b>Promedio</b>	1324,6
						<b>Desv. Est.</b>	31,899
						<b>C.V.%</b>	2,408

**Tabla N°08** *Tabla Ensayo de flexión estática para Shihuahuaco*

#### 4.3.2. Especímenes de Bambú Guadua Angustifolia

Identificación	Diámetro Externo "D" (cm)	Diámetro Interno "Di" (cm)	Momento de Inercia "I" (cm <sup>4</sup> )	Distancia entre apoyos "L" (mm)	Carga Máxima "F" (N)	Posición de Fractura	Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	Módulo de Rotura (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura (kg-f/cm <sup>2</sup> )
BG - 1	8,9	5,5	263,067	1200	5617,5	Dentro del tercio medio	-	48	490
BG - 2	7,1	6,0	61,122	1200	5930,1	Dentro del tercio medio	-	71	722
BG - 3	9,5	6,4	317,465	1200	5860,2	Dentro del tercio medio	-	41	420
BG - 4	9	4,9	293,764	1200	6029,5	Dentro del tercio medio	-	37	381
BG - 5	7,4	6,2	74,663	1200	6654,9	Dentro del tercio medio	-	41	422
BG - 6	8,4	7,1	119,653	1200	6003,7	Dentro del tercio medio	-	32	326
BG - 7	5,9	4,7	35,528	1200	6298,0		-	36	363
BG - 8	6,1	5,0	37,286	1200	5889,7		-	35	360
BG - 9	8,7	7,8	99,523	1200	6224,4		-	34	344

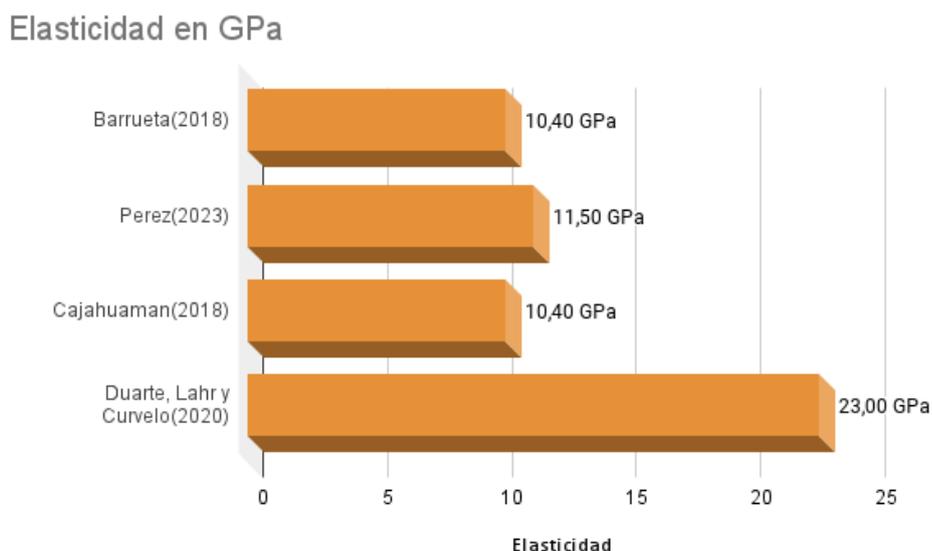
BG - 10	7,9	6,6	98,054	1200	6150,9		-	24	249
BG - 11	8,5	7,1	131,500	1200	6761,5	Dentro del tercio medio	-	28	286
BG - 12	7,8	5,8	126,148	1200	5588,0	Dentro del tercio medio	-	46	470
								<b>Promedio</b>	403
								<b>Desv. Est.</b>	117,337
								<b>C.V.%</b>	29,134

**Tabla N°09** *Tabla Ensayo de flexión estática para Bambú Guadua*

En el ámbito de la ingeniería civil, el análisis de las propiedades mecánicas desempeña un papel crucial en la evaluación y comparación de materiales para su uso en estructuras. En este contexto, se destaca la importancia de comprender las propiedades de tracción, elasticidad y compresión del Shihuahuaco y el bambú, dos materiales naturales con potencial en la construcción.

El Shihuahuaco, también conocido como "la madera de los dioses", es una especie de árbol nativo de la Amazonía peruana. Este material se caracteriza por su excepcional resistencia y durabilidad, convirtiéndolo en una opción atractiva para aplicaciones estructurales. Por otro lado, el bambú, considerado un recurso renovable y sostenible, ha ganado reconocimiento en los últimos años debido a sus propiedades mecánicas sorprendentes y su capacidad de crecimiento rápido. Ambos materiales presentan características distintivas que los hacen aptos para su implementación en la construcción. Sin embargo, es necesario llevar a cabo un análisis riguroso para comprender y comparar sus propiedades mecánicas clave, como la resistencia a la compresión, su módulo de elasticidad y la tracción, con el objetivo de determinar sus capacidades estructurales y su idoneidad en diferentes escenarios de aplicación.

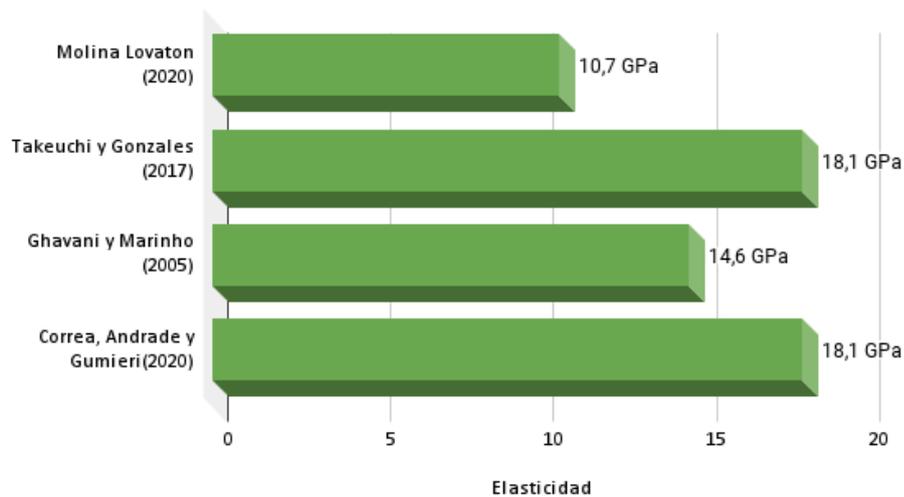
Comenzando por la elasticidad, es la propiedad que permite a un material deformarse bajo la acción de una carga y luego regresar a su forma original una vez que se elimina la carga. En términos de elasticidad, tanto el Shihuahuaco como el bambú presentan un comportamiento favorable. Estos materiales tienen la capacidad de absorber energía y deformarse elásticamente antes de alcanzar su límite de elasticidad, lo que los hace adecuados para aplicaciones que requieren cierta flexibilidad y resistencia a las deformaciones. Se han considerado varios estudios anteriores que investigaron los módulos de elasticidad del Shihuahuaco para obtener una visión más completa de sus propiedades mecánicas.



**Figura N°12:** *Comparación de valores de elasticidad para Shihuahuaco*

En el año 2018, Barrueta realizó una investigación en la que determinó que el módulo de elasticidad del Shihuahuaco era de 10.4 GPa. Este estudio sentó las bases para comprender la respuesta elástica de esta madera en aplicaciones estructurales. Posteriormente, en el año 2023, Pérez llevó a cabo un estudio independiente que reveló un módulo de elasticidad de 11.5 GPa para el Shihuahuaco. En el año 2018, Cajahuaman también realizó una investigación en la que obtuvo un módulo de elasticidad de 10.4 GPa para el Shihuahuaco. Estos hallazgos respaldan los resultados de Barrueta y proporcionan una confirmación adicional de la respuesta elástica de esta madera. Además, en el año 2020, Duarte, Lahr y Curvelo llevaron a cabo un estudio en el que obtuvieron un módulo de elasticidad notablemente más alto, alcanzando los 23 GPa para el Shihuahuaco. Estos resultados resaltan el potencial de esta madera para aplicaciones que requieren una alta rigidez y resistencia. Se recopiló y comparó los módulos de elasticidad del Shihuahuaco reportados por diferentes autores. Los resultados indican que el módulo de elasticidad de esta madera puede variar entre 10.4 y 23 GPa, lo que refleja su amplio rango de propiedades elásticas. En cuanto al bambú también se realizó una exhaustiva búsqueda de información para alimentar la tesis con datos sobre sus propiedades mecánicas en términos de Elasticidad.

### Elasticidad en GPa



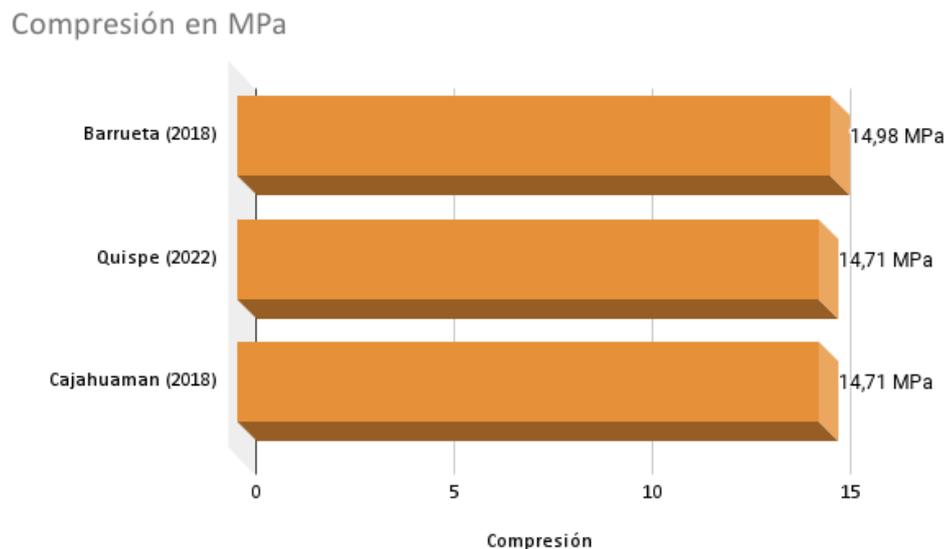
**Figura N°13:** Comparación de valores de elasticidad para Bambú Guadua

Molina Lovaton (2020) obtuvo un rango de módulos de elasticidad del Bambú Guadua Angustifolia entre 7.66 GPa y 10.65 GPa. Estos resultados son relevantes para comprender la variabilidad de las propiedades mecánicas de esta especie de bambú y su posible aplicación en estructuras. En la investigación realizada por Takeuchi y Gonzales (2007), se reportaron valores de módulos de elasticidad del Bambú Guadua Angustifolia entre 17.4 GPa y 18.1 GPa. Ghavani y Marinho (2005) encontraron que el Bambú Guadua Angustifolia presenta módulos de elasticidad en un rango de 9 GPa a 14.64 GPa. Además Correa, Andrade y Gumieri (2020) llevaron a cabo una investigación que arrojó un módulo de elasticidad de 18.1 GPa para el Bambú Guadua Angustifolia. Estos resultados respaldan la idea de que esta especie de bambú posee una excelente capacidad de resistencia y rigidez, lo que la hace adecuada para aplicaciones estructurales.

En general, los estudios indican que el Bambú Guadua puede presentar una amplia gama de valores de elasticidad, lo que sugiere que su comportamiento mecánico puede variar considerablemente dependiendo de diversos factores, como la especie, las condiciones de crecimiento y el procesamiento. Por otro lado, el Shihuahuaco muestra una mayor consistencia en sus valores de elasticidad, así también un mayor valor, lo que puede facilitar su uso en aplicaciones donde se requiere una respuesta mecánica más predecible.

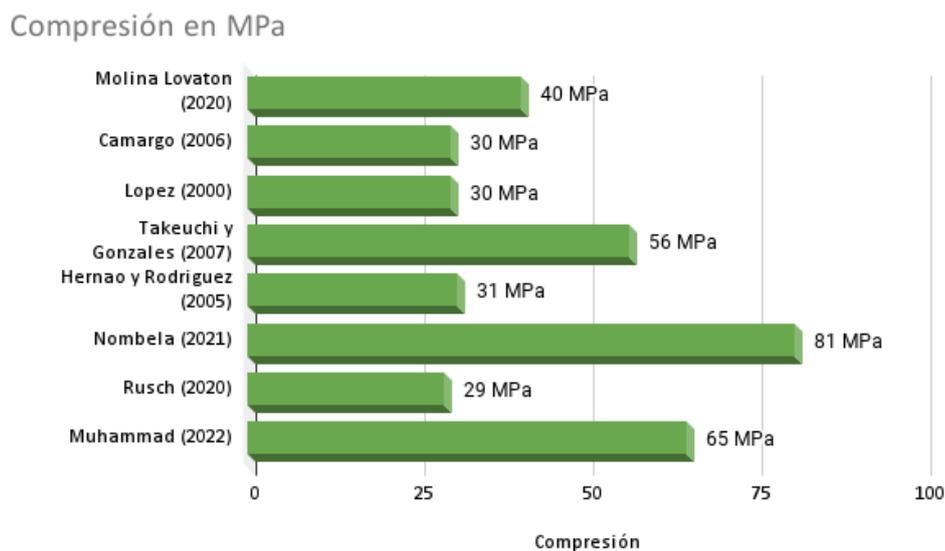
En cuanto a la compresión, se refiere a la capacidad de un material para resistir fuerzas de compresión que tienden a reducir su volumen, el Shihuahuaco se destaca por su alta resistencia y capacidad de carga en esta dirección. Este material ha demostrado ser capaz

de soportar grandes cargas de compresión sin sufrir deformaciones permanentes. Por otro lado, el bambú también presenta una notable resistencia a la compresión, lo que lo convierte en una opción viable para aplicaciones que requieren materiales capaces de soportar cargas compresivas considerables. Se han considerado varios estudios anteriores que investigaron la resistencia a la compresión del Shihuahuaco para obtener una visión más completa de sus propiedades mecánicas.



**Figura N°14:** Comparación de valores de compresión para Shihuahuaco

En el año 2018, Barrueta realizó un estudio en el que determinó que la resistencia a la compresión del Shihuahuaco era de 14.98 MPa. Estos resultados proporcionaron una base inicial para comprender el comportamiento de esta madera bajo cargas de compresión. Posteriormente, en el año 2022, Quispe llevó a cabo una investigación que reveló una resistencia a la compresión de 14.71 MPa para el Shihuahuaco. Estos resultados respaldan los hallazgos de Barrueta y proporcionan una confirmación adicional de la capacidad de carga de esta madera en ensayos de compresión. En el año 2018, Cajahuaman también realizó un estudio en el que obtuvo una resistencia a la compresión de 14.71 MPa para el Shihuahuaco. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Quispe, lo que refuerza la consistencia de los datos. Los resultados indican que la resistencia a la compresión de esta madera puede variar entre 14.71 y 14.98 MPa, lo que refleja su capacidad para soportar cargas compresivas.

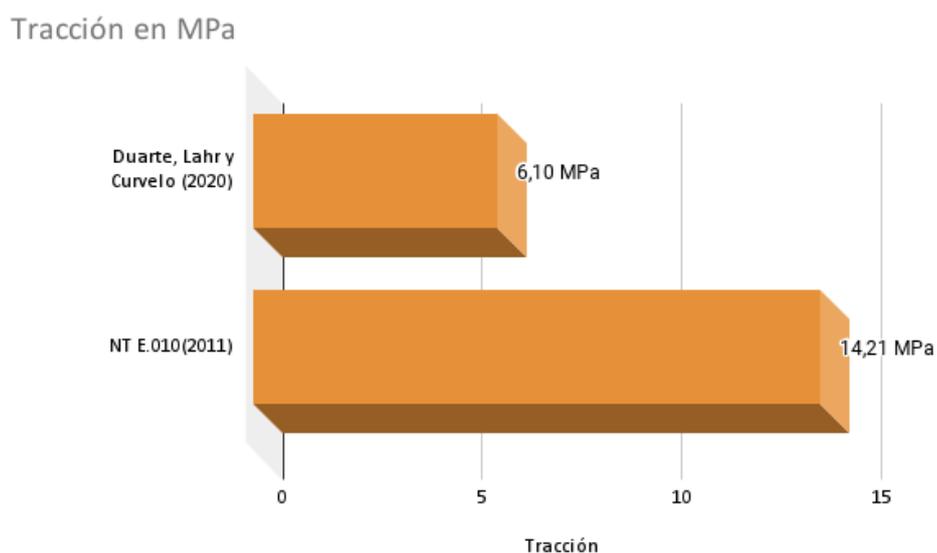


**Figura N°15:** Comparación de valores de compresión para Bambú Guadua

Se reunieron investigaciones con el fin de comparar los resultados de ensayos a compresión del Bambú Guadua Angustifolia. En la tesis de Molina Lovaton (2020), se obtuvieron resultados de ensayos a compresión del Bambú Guadua Angustifolia en un rango de 31.51 MPa a 40.38 MPa. Camargo (2006) realizó una investigación que arrojó resultados de ensayos a compresión del Bambú Guadua Angustifolia en un rango de 15 MPa a 30 MPa. López (2000) llevó a cabo una investigación en la cual se obtuvieron resultados de ensayos a compresión del Bambú Guadua Angustifolia en un rango de 15 MPa a 30 MPa. Takeuchi y Gonzales (2007) obtuvieron resultados de ensayos a compresión del Bambú Guadua Angustifolia en un rango de 50.63 MPa a 56.42 MPa. Hernao y Rodriguez (2005) llevaron a cabo una investigación que mostró resultados de ensayos a compresión del Bambú Guadua Angustifolia entre 30 MPa y 31 MPa. En la tesis de Nombela (2021), se reportó un valor de ensayo a compresión del Bambú Guadua Angustifolia de 80.9 MPa. Este resultado resalta la alta resistencia a la compresión de este material. En el artículo de revisión literaria de Rusch (2020), se informó un valor de ensayo a compresión del Bambú Guadua Angustifolia de 29 MPa y Muhammad (2022) llevó a cabo una investigación que mostró resultados de ensayos a compresión del Bambú Guadua Angustifolia en un rango de 20 MPa a 65 MPa. Estos resultados demuestran la variabilidad en la resistencia a la compresión de este material. La comparación de estos los resultados de los ensayos a compresión del Bambú Guadua Angustifolia presentan una variabilidad en los valores de resistencia, lo cual puede estar influenciado por diversos factores. Se observa que algunos estudios reportan valores de

resistencia en el rango de 15 MPa a 30 MPa, mientras que otros alcanzan valores más altos, incluso superiores a 80 MPa. Esto sugiere que existen diferencias significativas en la resistencia a la compresión de este material, dependiendo de las condiciones específicas de crecimiento, manejo y ensayo. Es importante destacar que la resistencia a la compresión del Bambú Guadua Angustifolia se encuentra en un rango comparable con otros materiales utilizados en la ingeniería civil, como la madera y el concreto. Esto indica su potencial para ser utilizado como un material estructural sostenible y de bajo impacto ambiental.

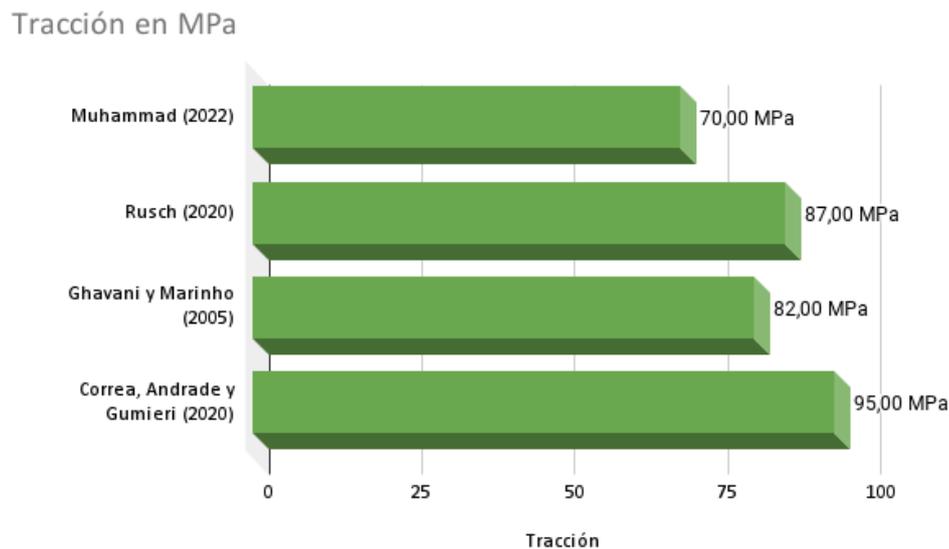
La propiedad de tracción se refiere a la capacidad de un material para resistir fuerzas que tienden a estirarlo o alargarlo. En el caso del bambú Guadua, se ha observado que este material exhibe una alta resistencia a la tracción, lo que lo convierte en una opción valiosa para aplicaciones que requieren soportar cargas de tensión significativas. Por otro lado, el Shihuahuaco también muestra una sorprendente resistencia a la tracción, lo que lo convierte en un material prometedor para aplicaciones estructurales.



**Figura N°16:** Comparación de valores de tracción para el Shihuahuaco

La investigación realizada por Duarte, Lahr y Curvelo en 2020 arrojó un resultado de 6.1 MPa para la resistencia a la tracción del Shihuahuaco. Estos resultados son de gran relevancia, ya que tal parece es un estudio escaso que se le realiza a la madera. Es importante tener en cuenta que la norma técnica E.010 Madera del Reglamento Nacional de Edificaciones clasifica al Shihuahuaco en el grupo de maderas A. Según esta norma, se estipula que el Shihuahuaco tiene un nivel promedio de resistencia a la tracción de 14.21 MPa. Esta referencia normativa es valiosa, ya que establece un parámetro de comparación

para evaluar los resultados obtenidos en los ensayos. Al comparar los resultados de los ensayos de Duarte, Lahr y Curvelo con el nivel promedio de resistencia a la tracción indicado por la norma técnica, se puede observar una diferencia significativa. Esta disparidad en los resultados puede deberse a varios factores, como la variabilidad natural de las propiedades mecánicas de la madera, las condiciones de crecimiento de los árboles de Shihuahuaco utilizados en los ensayos y las metodologías específicas empleadas en cada estudio.



**Figura N°17:** Comparación de valores de tracción para el Bambú Guadua

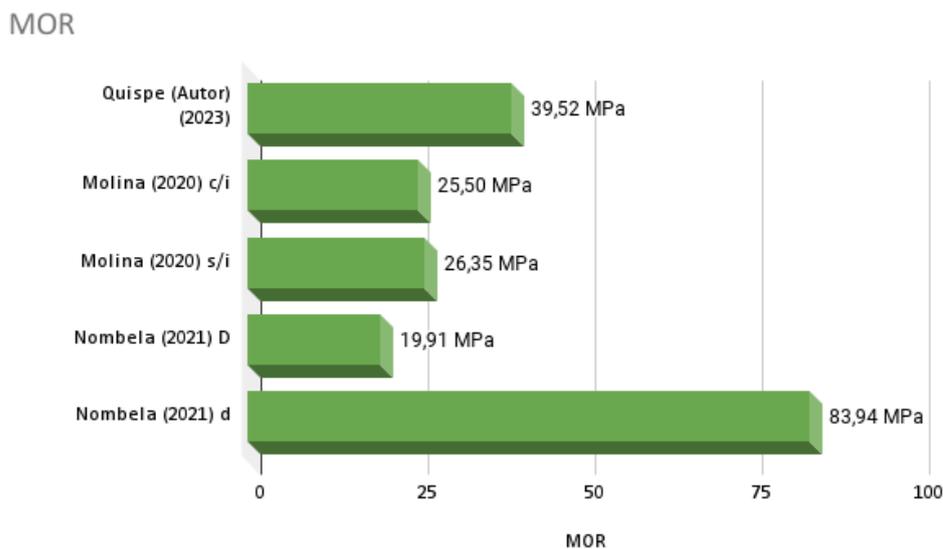
Se compararon los resultados de ensayos a tracción del Bambú Guadua Angustifolia, recopilando investigaciones y estudios relevantes realizados por diferentes autores en diferentes años, empezando por la investigación realizada por Muhammad en 2022, se obtuvo un resultado de resistencia a tracción de 70 MPa para el Bambú Guadua Angustifolia. En el artículo de revisión literaria realizado por Rusch en 2020, se reportó un resultado de resistencia a tracción de 87 MPa para el Bambú Guadua Angustifolia. Este valor demuestra un nivel aún mayor de resistencia a la tracción y destaca las propiedades mecánicas favorables de este material. En la investigación llevada a cabo por Ghavani y Marinho en 2005, se obtuvo un resultado de resistencia a tracción de 82 MPa. Por último, en la investigación realizada por Correa, Andrade y Gumieri, se obtuvo un resultado de resistencia a tracción de 95 MPa para el Bambú Guadua Angustifolia. Este valor resalta la alta capacidad de resistencia del material a fuerzas de tracción. Los resultados de los ensayos a tracción del Bambú Guadua Angustifolia muestran una variabilidad en los valores de resistencia, pero en

general, demuestran que este material posee una buena capacidad para resistir fuerzas de tracción.

## V. DISCUSIÓN

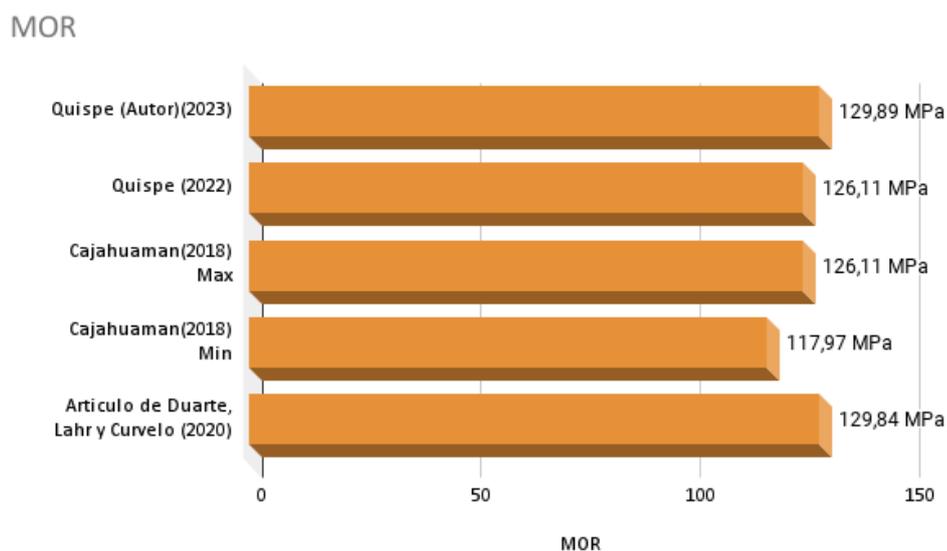
La presente investigación tiene como objetivo comparar la resistencia a la flexión de vigas de bambú *Guadua Angustifolia* y *Shihuahuaco*, mediante ensayos normalizados. A partir de los resultados obtenidos, se realizará un análisis comparativo de los hallazgos y se establecerán relaciones con la literatura existente.

Comenzando por el bambú, en la presente investigación, se determinó un valor de MOR de 39.52 MPa para el Bambú *Guadua Angustifolia*. Este resultado refleja una alta resistencia a la flexión del bambú utilizado en el estudio, lo que demuestra su capacidad para soportar cargas aplicadas en dirección perpendicular a sus fibras. Por otro lado, Molina Lovaton (2020) realizó pruebas en bambú *Guadua Angustifolia*, obteniendo un MOR de 26.35 MPa para el bambú que no estaba expuesto a la intemperie y un valor de 25.5 MPa para el bambú expuesto a la intemperie, similar al utilizado en la presente investigación. Estos resultados indican que el bambú *Guadua Angustifolia* mantiene una resistencia a la flexión consistente tanto en condiciones protegidas como expuestas a la intemperie. En la tesis de Nombela Cristina (2021), se reportaron valores de MOR para diferentes tamaños de sección. Para secciones más grandes, el bambú *Guadua Angustifolia* mostró un MOR de 19.91 MPa, mientras que para secciones más pequeñas, se obtuvo un valor de 83.94 MPa. Estos resultados indican que el bambú *Guadua Angustifolia* presenta una resistencia variable a la flexión dependiendo del tamaño de la sección considerada.



**Figura N°18:** Comparación de valores de MOR para el Bambú *Guadua*

Por otro lado, se determinó un valor de MOR de 129.89 MPa para el Shihuahuaco. Este resultado demuestra una alta resistencia a la flexión de esta especie de madera, aún mayor que la del bambú Guadua. Además, Quispe Valentin (2022) realizó una investigación en la cual se obtuvo un valor de MOR de 126.11 MPa para el Shihuahuaco. Este resultado es similar al obtenido en la presente investigación, lo que indica una consistencia en la resistencia a la flexión de esta madera en diferentes estudios. Cajahuaman Richard (2018) también reportó resultados del MOR para el Shihuahuaco, obteniendo valores de 126.11 MPa y 117.97 MPa. Estos resultados muestran una estrecha proximidad con los obtenidos en la presente investigación y sugieren una resistencia similar a la flexión en diferentes investigaciones. El artículo de Duarte, Lahr y Curvelo (2020) también proporciona información sobre el MOR del Shihuahuaco, obteniendo un valor de 129.84 MPa. Este resultado es nuevamente similar al obtenido en la presente investigación, lo que indica una consistencia en los valores de resistencia a la flexión contrastados con diferentes fuentes.



**Figura N°19:** Comparación de valores de MOR para el Shihuahuaco

Para la presente investigación, se realizó un ensayo normalizado según la norma ISO DIS 22157, obteniendo un contenido de humedad del Bambú Guadua Angustifolia de 10.75%. Este valor representa la cantidad de agua presente en el bambú en relación a su peso seco. Por otro lado, Molina Lovaton (2020) realizó una tesis donde se evaluó el contenido de humedad del bambú en diferentes condiciones. Se obtuvo un valor del 12% para el bambú no expuesto a la intemperie y del 10% para el bambú expuesto a la intemperie, similar al obtenido en la presente investigación. Esto sugiere que el bambú Guadua Angustifolia puede

mantener un contenido de humedad relativamente bajo incluso en condiciones ambientales variables. Correal (2020) menciona que el rango de humedad ideal para el bambú se encuentra entre el 20% y el 30%. Esta información indica que el bambú *Guadua Angustifolia*, tanto en la presente investigación como en el estudio de Molina Lovaton, se encuentra dentro de un rango de contenido de humedad inferior al ideal. Esto puede ser beneficioso en términos de su estabilidad y resistencia mecánica. Es importante tener en cuenta que el contenido de humedad del bambú puede variar según las condiciones ambientales. Sin embargo, se considera que generalmente se encuentra entre el 10% y el 20%. Estos valores son consistentes con los obtenidos en la presente investigación y en el estudio de Molina Lovaton. Además, Muhammad (2022) menciona que el bambú es un material higroscópico, lo que significa que tiene la capacidad de absorber agua del entorno. Esta propiedad puede influir en el contenido de humedad del bambú, especialmente en ambientes con alta humedad relativa.

Además, se determinó que el contenido de humedad del Shihuahuaco fue del 14%. Esta cifra se encuentra dentro de un rango similar a los valores obtenidos en la investigación de Quispe (2022), donde se registró un contenido de humedad del 15.03% para el Shihuahuaco y un contenido de humedad del 14.89% para la madera de Quinilla. El contenido de humedad es un factor importante a considerar en el Shihuahuaco y en otros tipos de madera, ya que puede afectar significativamente sus propiedades y su rendimiento en diversas aplicaciones. Un contenido de humedad adecuado es esencial para garantizar la estabilidad dimensional, la resistencia mecánica y la durabilidad de la madera.

Se determinó que la densidad básica del Shihuahuaco fue de  $1.06 \text{ g/cm}^3$ , según el ensayo normalizado por la NTP 251.017. Este resultado se encuentra en concordancia con el valor reportado en el artículo de Duarte, Lahr y Curvelo (2020), donde se registró una densidad de  $1.09 \text{ g/cm}^3$  para el Shihuahuaco. Sin embargo, es importante destacar que se han encontrado variaciones en la densidad del Shihuahuaco en otros estudios e informes. Mori y Larry (2018) mencionan que el Shihuahuaco tiene una densidad promedio de  $0.85 \text{ g/cm}^3$ , lo cual es ligeramente menor a los valores encontrados en la presente investigación y en el estudio de Duarte, Lahr y Curvelo. Además, se han reportado otros valores de densidad del Shihuahuaco en investigaciones y tesis previas. Por ejemplo, en la tesis de Perez (2022), se obtuvieron resultados de densidad de  $0.69 \text{ g/cm}^3$  y  $1.09 \text{ g/cm}^3$  para diferentes muestras de Shihuahuaco. El informe de PROMPEX (2011) y la Confederación peruana de la Madera (2008) también mencionan una densidad de  $0.87 \text{ g/cm}^3$  para el Shihuahuaco. Por otro lado,

Quispe (2022) reporta densidades de  $0.75 \text{ g/cm}^3$  y  $0.72 \text{ g/cm}^3$  para el Shihuahuaco y la madera de Quinilla, respectivamente. Se determinó que la densidad del Shihuahuaco de la presente investigación se encuentra dentro del promedio de las investigaciones consultadas por lo que muestra congruencia con los demás resultados.

Para el estudio actual, se determinó que la densidad del Bambú *Guadua Angustifolia* fue de  $0.79 \text{ g/cm}^3$ , según el ensayo normalizado por la ISO DIS 22157. Es importante tener en cuenta que la densidad del bambú puede variar dependiendo de la especie y las condiciones de crecimiento. En general, la densidad del bambú oscila entre  $0.4 \text{ g/cm}^3$  y  $0.8 \text{ g/cm}^3$ . Estos valores indican que el bambú es un material liviano en comparación con la mayoría de las maderas utilizadas en la construcción. En el artículo de revisión literaria de Rusch (2020), se recopilan datos de densidad para diferentes especies de bambúes. Para el género *Guadua*, se reportan densidades básicas que van desde  $0.451 \text{ g/cm}^3$  a  $0.654 \text{ g/cm}^3$  para las especies *G. angustifolia* y *G. amplexifolia*, respectivamente. Por otro lado, para el género *Dendrocalamus*, se mencionan densidades básicas de  $0.599 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.667 \text{ g/cm}^3$  y  $0.683 \text{ g/cm}^3$  para las especies *D. asper*, *D. strictus* y *D. latiflorus*, respectivamente. Se determina que el Bambú *Guadua Angustifolia* tiene un peso relativamente alto entre los bambús pues se obtuvo  $0.79 \text{ gr/cm}^3$  siendo el máximo consultado  $8 \text{ gr/cm}^3$  y el rango para *Guadua Angustifolia* entre  $0.451 \text{ gr/cm}^3$  y  $0.667 \text{ gr/cm}^3$ . Sin embargo respecto a otros materiales resulta ser bastante ligero.

## VI. CONCLUSIONES

- En conclusión, los resultados de la presente investigación revelan un MOR de 39.52 MPa para el Bambú Guadua Angustifolia utilizado en el estudio. Este valor es significativamente mayor que los resultados obtenidos por Molina Lovaton (2020) y Nombela Cristina (2021) en sus respectivas investigaciones. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar diversos factores, como el tratamiento previo al ensayo, las condiciones de exposición y el tamaño de la sección, para obtener una evaluación completa de la resistencia del bambú Guadua Angustifolia.
- En conclusión, los resultados de la presente investigación revelan un MOR de 129.89 MPa para el Shihuahuaco utilizado en el estudio. Este valor es comparable a los resultados reportados por Quispe Valentin (2022), Cajahuaman Richard (2018) y el artículo de Duarte, Lahr y Curvelo (2020). Estos hallazgos respaldan la consistencia en la resistencia a la flexión del Shihuahuaco y su potencial como un material de construcción con alta capacidad de carga.
- En conclusión, el contenido de humedad del Bambú Guadua Angustifolia, tanto en la presente investigación como en el estudio de Molina Lovaton, se sitúa alrededor del 10% y el 12%. Estos valores se encuentran por debajo del rango ideal mencionado por Correal (2020), pero dentro del rango típico para el bambú. La capacidad higroscópica del bambú, mencionada por Muhammad (2022), es importante tenerla en cuenta debido a su capacidad para absorber agua del entorno.
- En conclusión, el contenido de humedad del Shihuahuaco, según los resultados obtenidos en la presente investigación y el estudio de Quispe, se sitúa alrededor del 14% y el 15.03%, respectivamente. Estos valores indican un nivel aceptable de humedad para esta especie de madera. El monitoreo y control del contenido de humedad es fundamentales para garantizar el rendimiento y la durabilidad del Shihuahuaco en diversas aplicaciones de la industria de la construcción y la ingeniería.
- En conclusión, se observa cierta variabilidad en los valores de densidad del Shihuahuaco en diferentes estudios y fuentes. Los resultados obtenidos en la presente investigación y en el artículo de Duarte, Lahr y Curvelo indican una densidad de alrededor de 1.06 g/cm<sup>3</sup> y 1.09 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Estos valores sugieren que el Shihuahuaco tiene una madera densa y pesada, lo cual puede ser

beneficioso en términos de resistencia y durabilidad. Sin embargo, es importante considerar que existen otros informes que reportan densidades ligeramente más bajas para esta especie. La densidad del Shihuahuaco puede variar debido a factores como la procedencia geográfica, las condiciones de crecimiento y los métodos de medición utilizados.

- En conclusión, la densidad del Bambú *Guadua Angustifolia* se encuentra en el rango típico de densidades para el bambú, con un valor de  $0.79 \text{ g/cm}^3$  según la presente investigación. Esto confirma su característica de ser un material ligero, lo cual tiene ventajas en términos de manejo, transporte y construcción. Es importante considerar que la densidad del bambú puede variar según la especie y las condiciones de crecimiento, y los valores reportados en la literatura pueden variar para diferentes géneros y especies de bambú.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los futuros investigadores que establezcan un área para el almacenamiento de sus muestras de Bambú Guadua Angustifolia, pues para los ensayos de flexión se requiere bastante espacio si se quiere realizar una investigación con mejores resultados, para ensayar más de 12 muestras.
- Se recomienda tener un experto que asegure que la madera elegida es realmente la que se requiere, o en su defecto tener un proveedor de confianza para conseguir las muestras.
- Se recomienda establecer un área protegida para almacenar el bambú si se requiere que no sea afectado por la humedad externa, ya que este es un material higroscópico, y podría verse afectado por la cantidad de humedad en el ambiente a la hora de los ensayos.
- Se recomienda proteger las muestras por ejemplo con un papel film para que no se vean afectadas por otros líquidos cercanos a estas durante su traslado al laboratorio o a un área de almacenamiento.
- Se recomienda contar con las herramientas correctas para el trozado de las muestras de bambú pues al ser un elemento cilíndrico puede resultar más complicado de trozar. Si es posible contar con un experto.
- Se recomienda conseguir un aserradero que pueda proporcionarte las herramientas y seguridad de los cortes en los especímenes, pues en las normas son específicos con las medidas y sus rangos
- Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar diferentes fuentes de información y realizar pruebas específicas en el contexto de un proyecto de ingeniería civil para garantizar una correcta evaluación de las propiedades mecánicas de esta madera y así utilizarla de manera adecuada en aplicaciones estructurales.
- Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el Shihuahuaco tiene una mayor resistencia a la flexión en comparación con el bambú Guadua Angustifolia. Estos hallazgos contribuyen al campo de los materiales de construcción sostenibles, ya que proporcionan información relevante para el diseño de elementos estructurales utilizando estos materiales. Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta investigación se centró únicamente en la resistencia a la flexión y se recomienda realizar futuros estudios para evaluar otras propiedades mecánicas,

como la compresión, tracción y elasticidad, a fin de obtener una visión más completa de las características de estos materiales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLO, J. y VILLACRESES, C. Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social. Polo del conocimiento [en línea] vol. 6, n.º9.2021[Consulta: 28 September 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094507>  
ISSN: 2550 - 682 X
- TORRES, B., SEGARRA, M. and BRAGANÇA, L. El bambú como alternativa de construcción sostenible. EXTENSIONISMO, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA - CLAVES PARA EL DESARROLLO [en línea], vol. 5, n.º 44. 2019.[Consulta: 28 September 2022]. Disponible en: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/view/3787>.  
ISSN: 2422-6424
- HUIZA, Joel. Trabajabilidad de la madera de dipteryx ferrea (Ducke) ducke (Shihuahuaco) de plantación de 16 años; provincia de Padre Abad-Ucayali. Tesis(Titulación de ingeniero forestal). Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, 2020. 98 pp.  
Disponible en <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4355>
- MINAM. (2020). Mapa de distribución de especies en el Perú [Fotografía] <https://circulodeinvestigaciondelbambuperu.blogspot.com/2020/11/manual-de-metodologia-del-modelamiento.html>
- Andina. (2017). Promueven registro de plantaciones forestales de caña de guayaquil [Fotografía]. <https://andina.pe/agencia/noticia-promueven-registro-plantaciones-forestales-cana-guayaquil-684951.aspx>
- Espinosa, G. (2018). La lenta desaparición del milenario shihuahuaco en la selva de Perú [Fotografía].

<https://elcomercio.pe/tecnologia/ecologia/lenta-desaparicion-milenario-shihuahuaco-selva-peru-noticia-563956-noticia/?ref=ecr>

- MENDOZA, J. y VANGA, M. Realidad y expectativa sobre la construcción sostenible en Ecuador. *San Gregorio* [En línea], Diciembre 2020, n° 43. [Fechas de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2528-79072020000400197](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2528-79072020000400197)  
ISSN: 2528-7907
- LAGUNA, J. y MARTINEZ, S. Materiales alternativos en la arquitectura: hacia una construcción sostenible. *Revista Académica "Voces Y Saberes"* [En línea], Julio 2022, n° 5(5). [Fechas de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en <http://vocesysaberes.aragon.unam.mx/index.php/RAVS/article/view/33>
- FLORES, P. La construcción sostenible en latinoamérica. *Limaq* [En línea], Agosto de 2021, n° 7. [Fechas de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Limaq/article/view/5336>  
<https://doi.org/10.26439/limaq2021.n007.5183>
- HERNANDEZ, M., JIMENÉZ, S. y SÁNCHEZ, J. Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. *Tecnología en Marcha* [En línea], Junio de 2021, n° 34(2). [Fechas de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822021000200003](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822021000200003)  
<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831>

- MOREIRA, E., LOOR, J. y TOALA, M. Construcciones sostenibles: materiales ecológicos en viviendas de interés social (VIS) como aporte al hábitat urbano. *DAYA* [En línea], Diciembre 2019, n° 7. [Fechas de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en <https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/daya/article/view/248>  
<https://doi.org/10.33324/daya.v1i7.248>
- BRIÑEZ, M. y PENAGOS, M. La Sostenibilidad como Estrategia Competitiva en empresas del sector Construcción del Departamento de Antioquia - Colombia. *Telos* [En línea], Mayo-Agosto 2021, n° 2(23). [Fechas de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en <http://ojs.urbe.edu/index.php/telos/article/view/3514>  
<https://doi.org/10.36390/telos232.08>
- HOSSAIN, U. [et al]. Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [En línea], Septiembre 2020, n°1(130). [Fechas de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120302392>  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109948>
- RINCÓN, N. y MEDINA, I. Análisis de la construcción sostenible frente a la construcción convencional desde el punto de vista de costos y beneficios: caso refugio Toibita, Paipa – Boyacá. *Unilibre* [En línea], Enero 2020, n°17(7). [Fechas de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponibl en [https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/inge\\_libre/article/view/5942](https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/inge_libre/article/view/5942)  
ISSN 2322-8415
- GOH, Y. [et al], Bamboo: The Emerging Renewable Material for Sustainable Construction. *Renewable and Sustainable Materials*. [en línea]2020, n°1(2)

- [Consulta 8 octubre 2022].  
 Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035818107489?via%3Dihub>  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10748-9>
- SETIYOWATI, E y MAPPATURI, A. Comparison between chemical and natural treatments for bamboo as building material towards sustainable construction method. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science* [en línea] Febrero 2020, n.º 1 [Consulta 7 octubre 2022].  
 Disponible en:  
<https://www.proquest.com/docview/2555328565/7E3C3702F7C7479BPQ/107?accountid=37408>  
 DOI:10.1088/1755-1315/456/1/012043
- MOLINA Lovatón, Angela. Efectos del intemperismo sobre las propiedades físico - mecánicas del tallo de bambú *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente de Cajamarca, Perú. Tesis (Titulación Ingeniero Forestal). Lima: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencias Forestales, 2020.  
 Disponible en <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3012899>
- NOMBELA Novo, Cristina. El bambú como elemento estructural y elemento formal. Tesis (Titulación de Arquitecto). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2021.  
 Disponible en <https://oa.upm.es/66282/>
- GONÇALVES, M., CARBONARI, G., y PRONI, G. Aplicação estrutural do bambu – tesouras de duas águas: análise teórica-experimental. *MIX Sustentável*, [en línea] Marzo 2023, n.º 1(5) [Consulta 15 de mayo de 2023].

- Disponível em <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/2946>  
<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n1.19-33>
- ROSSETTO, D., FRIZON, F., y OSTAPIV, F. Estudo do comportamento aerodinâmico e estrutural de uma estufa de bambu em arco. *MIX Sustentável*, [en línea] Mayo 2022, n.º 3(8) [Consulta 15 de mayo de 2023]. Disponível em <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4828>  
<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n3.35-46>
  - OLIVEIRA, A., GAFFURI, B., y MOURA, J. Proposta de sistema modular em bambu para habitação emergencial. *MIX Sustentável*, [en línea] Diciembre 2021, n.º 1(8) [Consulta 15 de mayo de 2023]. Disponível em <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4697>  
<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n1.102-116>
  - MÉNDEZ, M. [et al]. Structural analysis of a Guadua bamboo bridge in Colombia. *Sustainable Structures*, [en línea] Agosto 2022, n.º 2(2) [Consulta 15 de mayo de 2023].  
Disponível em <http://www.sustainable-dpl.com/UploadFile/article/202212070842322030.pdf>  
<https://doi.org/10.54113/j.sust.2022.000020>
  - CORRÊA, S., ANDRADE, G. y GUMIERI, T. Emprego do bambu na construção civil. *Revista Portos: Por um mundo mais sustentável*, [en línea] Diciembre 2020, n.º 12 [Consulta 15 de mayo de 2023]. Disponível em <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/51>  
<https://doi.org/10.47879/ed.ep.2020144p72>
  - RUSCH, F. [et al]. Propriedades físicas y mecánicas de hastes adultos de diferentes especies de bambú: una revisión. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, [en línea] Abril

- 2020, n.º 4(6) [Consulta 15 de mayo de 2023].  
Disponible en <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9407/7934>  
<https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-426>
- DAMASCENO, W., MAIA, T., y BEZERRA, A. Bambusa Vulgaris: caracterização das propriedades mecânicas do bambu cultivado em Redenção, Ceará-Brasil. *Congreso Internacional sobre patología y rehabilitación de las construcciones*. [en línea] Junio 2021, n.º 17 [Consulta 15 de mayo de 2023]  
Disponible en <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CINPAR.2021.068>  
DOI:<https://doi.org/10.4322/CINPAR.2021.068>
  - MUHAMMAD, F. [et al]. Bamboo as a Construction Material: Prospects and Challenges. *Advances in Science and Technology Research Journal* [en línea] Junio 2022, n.º 3(16) [Consulta 5 octubre 2022].  
Disponible en <http://www.astrj.com/Bamboo-as-a-Construction-Material-Prospects-and-Challenges,149737,0,2.html>  
DOI:<https://doi.org/10.12913/22998624/149737>  
ISSN: 2299–8624
  - HANDANA, M. [et al]. Compressive and tensile strength of bamboo species. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science* [en línea] Junio 2020, n.º 1 [Consulta 7 octubre 2022].  
Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2555968039/7E3C3702F7C7479BPQ/91?accountid=37408>  
DOI:10.1088/1755-1315/519/1/012026

- PACINI, Julio. Estructuras de Madera [en línea] Argentina: Nobuko, 2018 [Consulta 15 mayo 2023]. Disponible en [https://books.google.com.pe/books?id=e6xMEAAAQBAJ&hl=es&source=gbs\\_book\\_other\\_versions](https://books.google.com.pe/books?id=e6xMEAAAQBAJ&hl=es&source=gbs_book_other_versions)  
ISBN: 9781643600239
- PORTILLO Flores, Sumac y JIMÉNEZ Arellano, Sharon. Análisis de la resistencia de la madera Shihuahuaco, siendo sometida a cargas de flexión, compresión y tracción a diferentes contenidos de humedad en la región Cusco. Tesis (Titulación para Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, Facultad de ingeniería y arquitectura, Escuela profesional de ingeniería civil, 2018. Disponible en <https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/1854/RESUMEN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CAJAHUAMÁN Paucar, Richard. Determinación de valores admisibles para el diseño estructural especies Shihuahuaco y Huayruro con madera seca. Tesis (Titulación para Ingeniero Civil) Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de ingeniería civil, 2018. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.14076/17124>
- PEREZ Robalino, Mayume. Analisis comparativo del módulo de elasticidad y la densidad basica por dos metodos de evaluación , de la madera Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke, (shihuahuaco), Pucallpa - Ucayali. Tesis (Titulación para Ingeniero Forestal). Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de ciencias forestales y ambientales, Escuela profesional de ingeniería forestal. 2022. Disponible en <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5999>

- HUAYNALAYA Marcos, Francini. Evaluación de las propiedades físicas de la madera de tres especies forestales y su variación por niveles longitudinales del fuste, provenientes de la cuenca del río Utuquinia - Provincia Coronel Portillo - Región Ucayali. Tesis (Titulación para Ingeniero Forestal). Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de ciencias forestales y ambientales, Escuela profesional de ingeniería forestal. 2018.  
Disponibile en <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4046>
- CORDOVA Yay, Jhon. Influencia de la edad de los árboles en la calidad de la plantación de shihuahuaco (*dipteryx odorata aublet willd*), ubicado en el distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. Tesis (Titulación para Ingeniero Forestal). Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de ciencias forestales y ambientales, Escuela profesional de ingeniería forestal. 2018.  
Disponibile en <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3580>
- BARRUETA Marcellini, Angela. Determinación de la resistencia a la flexión en vigas de la madera tornillo comercializada en el distrito de Huánuco, provincia de Huánuco, Huánuco - 2017. Tesis (Titulación para Ingeniero Civil) Huanuco: Universidad Nacional "Hermilio Valdizan" de Huánuco, Facultad de ingeniería civil y arquitectura, Escuela profesional de ingeniería civil, 2018  
Disponibile en <https://hdl.handle.net/20.500.13080/3500>
- ISUIZA Rojas, Christian. Rendimiento volumétrico de la especie *Dipteryx micrantha*. Harms, "shihuahuaco" en el proceso de aserrío considerando su tipología y dimensiones en la empresa Consorcio Forestal Loreto SAC, Loreto - Maynas - Iquitos - 2021. Tesis (Titulación para Ingeniero Forestal) Iquitos: Universidad Nacional d ela Amazonia Peruana, Facultad de ciencias forestales, Escuela

profesional de ingeniería forestal. 2022.

Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7872>

- GUERRA, A. y LOZANO, J. Comportamiento a flexión de vigas de madera reutilizada unida con bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) para uso estructural. *Revista CIENCIA* [en línea] Diciembre 2019, n.º 1(22) [Consulta 15 de mayo de 2023].

Disponible en

<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/ciencia/article/view/1288/1201>

<http://dx.doi.org/10.24133/ciencia.v22i1.1288>

- BARRIENTOS Choque, Luis y LUZA Sequeiros, Ricardo. Determinación de las propiedades físico mecánicas de la madera zapote procedente de Puerto Maldonado para la identificación de sus posibles usos estructurales según la norma técnica peruana E. 010. Tesis (Titulación para Ingeniero Civil) Cusco: Universidad Andina del Cusco, Facultad de ingeniería y arquitectura, Escuela profesional de ingeniería civil, 2018.

Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12557/2501>

- HANCCO Ccahuantico, Willian. Anatomía, propiedades físicas y secado natural de la especie *Apeiba tibourbou* Aubl. en el distrito las Piedras, Región de Madre de Dios. Tesis (Titulación para Ingeniero Forestal y Medio Ambiente) Madre de Dios: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Facultad de Ingeniería, 2021.

Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.14070/637>

- MEDINA, A. [et al]. Mechanical properties of poplar wood from forest curtains from Río Negro, Patagonia, Argentina. *RIA, Revista de Investigaciones Agropecuarias*. [en línea] 2020, n.º 2(46) [Consulta 15 de mayo de 2023].

- Disponível em <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203481260>  
ISSN : 0325-8718
- MARCHESAN R. [et al]. Physical-mechanical characterization of the wood of *Plathymenia Reticulata* Benth (vineyard-of-field) native species of the cerrado of the state of Tocantins. *FLORESTA*. [en línea] Marzo 2021, n.º 1(51) [Consulta 15 de mayo de 2023].  
Disponível em <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/68591>  
<http://dx.doi.org/10.5380/RF.v51i1.68591>
  - MARTINS, C. [et al]. Assessment of Bending Properties of Sawn and Glulam Blackwood in Portugal. *Forest Ecology and Management*. [en línea] April 2020, n.º 4(11) [Consulta 15 de mayo de 2023].  
Disponível em <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/4/418>  
<https://doi.org/10.3390/f11040418>
  - CUKOR, J. [et al]. Comparison of growth and wood quality of Norway spruce and European larch: effect of previous land use. *European Journal of Forest Research*. [en línea] Febrero 2020, n.º 139 [Consulta 15 de mayo de 2023].  
Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-020-01259-7>  
<https://doi.org/10.1007/s10342-020-01259-7>
  - CALINE, D., SOARES, K. y ALAN, M. Influência do teor de umidade nas propriedades em flexão estática de quatro espécies nativas do Planalto Serrano Catarinense. *Madeiras nativas e plantadas do Brasil: qualidade, pesquisas e atualidades*. [en línea] Diciembre 2021, n.º 1(2) [Consulta 15 de mayo de 2023].  
Disponível em <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/211106780>  
DOI: 10.37885/211106780

- SILVA, J. [et al]. Relação entre densidade básica e resistência à flexão estática da madeira de três espécies nativas do cerrado. Madeiras nativas e plantadas do brasil: qualidade, pesquisas e atualidades. [en línea] Diciembre 2021, n.º 1(2) [Consulta 15 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/relacao-entre-densidade-basica-e-resistencia-a-flexao-estatica-da-madeira-de-tres-especies-nativas-do-cerrado>  
DOI: 10.37885/211206968
  - SILVA, M. [et al]. Caracterização física e mecânica de quatro espécies de madeira disponíveis no mercado madeireiro da região de Açailândia -MA e Imperatriz -MA. *Research, Society and Development*. [en línea] Agosto 2022, n.º 10(11) [Consulta 15 de mayo de 2023]. Disponible en <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32824/27926>  
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32824>
  - LIMA, W. [et al]. Influence of moisture content on bending strength of Sapucaia Wood (*Lecythis pisionis cambesse*). *Research, Society and Development*. [en línea] Agosto 2022, n.º 10(11) [Consulta 15 de mayo de 2023]. Disponible en <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33158>  
<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33158>
- QUISPE Rojas, Sailor. Análisis comparativo de la resistencia a la flexión en vigas de la madera Shihuahuaco y Quinilla comercializada en el Distrito de Irazola - Provincia de Padre Abad – Departamento de Ucayali – 2021. Tesis (Titulación para Ingeniero Civil) Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de ingeniería civil y arquitectura, Escuela profesional de ingeniería civil, 2022. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7446>

- DUARTE L., LAHR F. y CURVELO A. Caracterização física-mecânica e composição química da madeira de Cumaru (*dipteryx odorata*). *Engenharia Industrial Madeireira:: Tecnologia, Pesquisa e Tendências*. [en línea] Diciembre 2020, n.º 1 [Consulta 15 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/201102101>  
<https://dx.doi.org/10.37885/201102101>

ANEXOS

Tabla N°10 : Matriz de operacionalización

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Variable (D) Resistencia a la flexion de vigas	La capacidad de soporte de la madera cuando está sujeta a fuerzas transversales se conoce como resistencia a la flexión. Para determinar esta resistencia en un ensayo normalizado, se aplica una carga puntual perpendicular al centro del elemento de madera, que se encuentra simplemente apoyado en ambos extremos.(Guarniz Christian, 2020)	Se determinara mediante un ensayo de laboratorio estandarizado por la norma NTP e ISO	Ensayo normalizado	Ensayo de flexión estica	Razón
				Ensayo de propiedades fisicas	
Variable (I1) Bambu	La caña guadúa posee propiedades estructurales que le otorgan resistencia, flexibilidad y capacidad de absorción de energía, lo cual la hace adecuada para construcciones que sean resistentes a los movimientos sísmicos. Además, todas las partes de la caña guadúa son útiles, ya que tiene fibras naturales muy fuertes que le permiten competir con la madera, siendo apta para la elaboración de diversos productos como aglomerados, laminados, paneles, pisos y esteras, entre otros. (Fernández Nathaly, 2020)	Seran determinadas mediante revision y analisis documental sobre las propiedades del material.	Guadua Angustifolia	Elasticidad	Razón
				Resistente a la tracción	
				Resistente a la compresión	
Variable (I2) Madera	El Shihuahuaco es un tipo de madera con una alta densidad, lo que se traduce en una gran pesadez. Además, su contracción lineal es baja y su contracción volumétrica es estable. En cuanto a su resistencia mecánica, se considera que está en una categoría alta. (Perez Mayume, 2023)	Seran determinadas mediante revision y analisis documental sobre las propiedades de ambos materiales.	Shihuahuaco	Elasticidad	Razón
				Resistente a la tracción	
				Resistente a la compresión	

Tabla N°11 : Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>	<b>Variable (D) Resistencia a la flexion de vigas</b>	Ensayos normalizados	Ensayo de flexión estática	Maquinas de ensayo de flexion estática y universal	Tipo de investigación Experimental
¿De qué manera se podrá determinar la comparacion de la resistencia a la flexion de vigas de bambú y Shihuahuaco?	Analizar la comparacion de la resistencia a la flexion de vigas de bambú y Shihuahuaco	La resistencia a la flexion de las vigas de bambu y de Shihuahuaco se determina a traves de los ensayos normalizados.			Ensayo de propiedades físicas	Instrumentos mecanicos	
<b>Problemas Especificos:</b>	<b>Objetivos especificos:</b>	<b>Hipótesis especificas:</b>	<b>Variable (I)</b>	Guadua Angustifolia	Elasticidad	Guía de registro	Enfoque de investigación Experimental Transversal  El diseño de la investigación Experimental
¿Como se determinará la resistencia a la flexion de vigas de bambu con un ensayo normalizado?	Determinar la resistencia a la flexion de vigas de bambu con un ensayo normalizado	Se determina la resistencia a la flexion de vigas de bambu con un ensayo normalizado	<b>Bambu</b>		Resistente a la tracción		
					Resistente a la compresión		
¿Como se determinará la resistencia a la flexion de vigas de Shihuahuaco con un ensayo normalizado?	Determinar la resistencia a la flexion de vigas de Shihuahuaco con un ensayo normalizado	Se determina la resistencia a la flexion de vigas de Shihuahuaco con un ensayo normalizado	<b>Shihuahuaco</b>	Dipterix micrantha	Elasticidad	Guía de registro	El nivel de la investigación: Experimental Población: Probetas de madera y bambu  Muestra: 126 especimenes  Muestreo: No probabilistico
					Resistente a la tracción		
¿Como se determinará la comparacion de las propiedades físicas de vigas de bambú y Shihuahuaco?	Determinar la comparacion de las propiedades físicas de vigas de bambú y Shihuahuaco	De los ensayos normalizados se determino la resistencia a la flexion de vigas de Shihuahuaco y bambu obtando por el que obtenga mayor capacidad de carga.			Resistente a la compresión		

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA	Código	FOR-LAB-MAD-002
		Revisión	0
		Aprobado	WM-MTL
		Fecha	1/06/2023
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES</b> NTP 251.011			

<b>TESIS</b>	: Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco Lima 2023
<b>AUTOR</b>	: Christian Jesús Quispe Palacios
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
Aprobado por: Walter Manero	
Ensayado por: Mirella Flores	
Fecha de ensayo: 27/05/2023	

Método para determinar la densidad básica de la madera  
NTP 251.011

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Identificación Madera: Madera Shihuahuaco

Condición: Seco

**B) DATOS ESPECÍFICOS DE CADA ESPECIMEN:**

Identificación del Especimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso seco (gr)	Densidad Básica (gr/cm <sup>3</sup> )
DBS 01	10.05	4.95	5.15	256.20	272.70	1.06
DBS 02	10.00	5.05	5.00	252.50	261.80	1.04
DBS 03	10.00	5.00	5.00	250.00	261.70	1.05
DBS 04	10.10	5.00	5.15	260.08	275.50	1.06
DBS 05	10.10	5.45	5.05	277.98	308.30	1.11
DBS 06	10.00	5.50	5.05	277.75	281.30	1.01
DBS 07	10.00	5.40	5.05	272.70	283.80	1.04
DBS 08	10.00	5.10	5.00	255.00	270.90	1.06
DBS 09	10.00	5.50	5.00	275.00	290.20	1.06
DBS 10	10.00	5.05	4.95	249.98	268.90	1.08
DBS 11	10.50	5.55	5.10	297.20	301.60	1.01
DBS 12	10.50	5.35	5.00	280.88	293.30	1.04
DBS 13	10.00	5.40	5.05	272.70	289.30	1.06
DBS 14	10.00	5.10	5.00	255.00	261.70	1.10
DBS 15	10.05	5.05	5.45	276.60	293.00	1.06
DBS 16	10.00	5.05	5.40	272.70	299.60	1.10
DBS 17	10.00	5.45	5.10	277.95	303.70	1.09
DBS 18	10.00	5.35	5.00	267.50	269.30	1.01
DBS 19	10.00	5.00	5.45	272.50	302.70	1.11
DBS 20	10.00	5.55	5.05	280.28	295.70	1.06

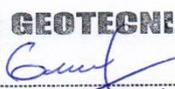
**OBSERVACIONES**

\* Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

\* Se secaron los especímenes en horno eléctrico a una temperatura de 103°C ± 2°C.

\* Se midieron las muestras con vernier mecánico de precisión 0.5mm.

\* Se pesaron las muestras con balanza electrónica de precisión ± 0.1gr.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA	Código	FOR-LAB-MAD-002
		Revisión	0
		Aprobado	WM-MTL
		Fecha	1/06/2023
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES</b> NTP 251.011			

<b>TESIS</b> : Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco Lima 2023 <b>AUTOR</b> : Christian Jesús Quispe Palacios <b>UBICACIÓN</b> : Lima - Perú	Aprobado por: Walter Manero Ensayado por: Mirella Flores Fecha de ensayo: 27/05/2023
---	--

**Método para determinar la densidad básica de la madera**  
NTP 251.011

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Identificación Madera: Madera Shihuahuaco

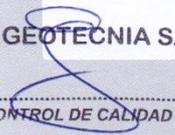
Condición: Seco

**B) DATOS ESPECÍFICOS DE CADA ESPECIMEN:**

Identificación del Especimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso seco (gr)	Densidad Básica (gr/cm <sup>3</sup> )
DBS 21	10.10	5.35	5.05	272.88	281.60	1.03
DBS 22	10.00	4.95	5.05	249.98	247.40	0.99
DBS 23	10.00	5.50	5.10	280.50	299.20	1.07
DBS 24	10.10	5.55	5.10	285.88	308.60	1.08
DBS 25	10.10	4.95	5.10	254.97	269.50	1.06
DBS 26	9.95	5.05	5.00	251.24	264.80	1.05
DBS 27	10.05	5.00	5.40	271.35	297.20	1.10
DBS 28	10.00	5.30	4.95	262.35	282.90	1.08
DBS 29	9.90	5.50	5.05	274.97	309.70	1.13
DBS 30	10.00	5.45	5.05	275.23	284.00	1.03

**OBSERVACIONES**

- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.
- \* Se secaron los especímenes en horno eléctrico a una temperatura de 103°C ± 2°C.
- \* Se midieron las muestras con vernier mecánico de precisión 0.5mm.
- \* Se pesaron las muestras con balanza electrónica de precisión ± 0.1gr.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (SECCIONES CILÍNDRICAS HUECAS)	Código	FOR-LAB-MAD-002.02
		Revisión	0
		Aprobado	WM-MTL
		Fecha	1/06/2023
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES</b> NTE INEN-ISO/DIS22157			

TESIS	: Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco Lima 2023
AUTOR	: Christian Jesús Quispe Palacios
UBICACIÓN	: Lima - Perú
Aprobado por: Walter Manero Ensayado por: Mirella Flores Fecha de ensayo: 29/05/2023	

**Método para determinar la densidad básica de la madera (secciones cilíndricas huecas)**  
NTE INEN-ISO/DIS22157

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Identificación Material: Bambú Guadua

Condición: Seco

**B) DATOS ESPECÍFICOS DE CADA ESPECIMEN:**

Identificación del Especimen	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura Media (cm)	Diámetro Exterior (cm)	Diámetro Interior (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso Seco (gr)	Densidad Básica (gr/cm <sup>3</sup> )
DBB 01	10.18	10.23	10.21	9.23	6.90	300.93	278.30	0.92
DBB 02	10.04	10.05	10.05	9.08	6.81	284.89	212.50	0.75
DBB 03	9.78	10.17	9.98	8.98	5.88	381.38	318.20	0.88
DBB 04	9.91	10.08	10.00	9.24	6.98	289.59	279.80	0.97
DBB 05	10.04	10.07	10.06	9.01	6.82	273.45	192.30	0.70
DBB 06	9.88	9.99	9.94	8.82	7.10	213.99	201.70	0.94
DBB 07	9.85	9.94	9.90	8.76	7.03	212.16	153.20	0.72
DBB 08	9.99	9.98	9.99	9.32	6.78	322.93	267.30	0.83
DBB 09	10.26	10.25	10.26	9.15	6.08	377.27	235.50	0.62
DBB 10	10.07	10.02	10.05	9.21	6.84	300.08	217.10	0.72
DBB 11	9.97	10.01	9.99	9.43	6.22	384.95	285.70	0.72
DBB 12	7.85	7.86	7.76	8.75	7.18	151.55	106.20	0.70

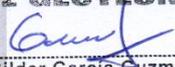
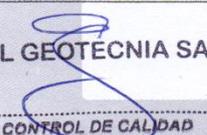
**OBSERVACIONES**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

\* Se secaron los especímenes en horno eléctrico a una temperatura de 103°C ± 2°C.

\* Se midieron las muestras con vernier mecánico de precisión 0.1mm.

\* Se pesaron las muestras con balanza electrónica de precisión ± 0.1gr.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> JEFE DE LABORATORIO	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA	Código	FOR-LAB-MAD-003
		Revisión	0
		Aprobado	WM-MTL
		Fecha	1/08/2023

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES**  
NTP 251.010

TESIS	: Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco Lima 2023
AUTOR	: Christian Jesús Quispe Palacios
UBICACIÓN	: Lima - Perú
Aprobado por: Walter Manero Ensayado por: Mirella Flores Fecha de ensayo: 27/05/2023	

**Método para determinar el contenido de humedad de la madera**  
NTP 251.010

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Identificación Madera: Madera Shihuahuaco

**B) DATOS ESPECÍFICOS DE CADA ESPECIMEN:**

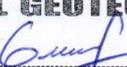
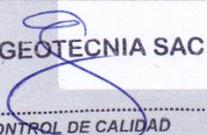
Identificación del Especimen	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Contenido de Humedad (%)
CHS 01	153.4	131.6	0.17
CHS 02	147.8	128.1	0.15
CHS 03	150.7	128.3	0.17
CHS 04	154.8	134.5	0.15
CHS 05	151.7	135.0	0.12
CHS 06	150.6	128.3	0.17
CHS 07	158.9	135.6	0.17
CHS 08	150.1	125.9	0.19
CHS 09	148.0	125.3	0.18
CHS 10	149.2	131.0	0.14
CHS 11	149.9	133.1	0.13
CHS 12	150.4	130.6	0.15
CHS 13	152.6	128.7	0.19
CHS 14	147.4	129.2	0.14
CHS 15	150.1	131.7	0.14
CHS 16	153.3	136.2	0.13
CHS 17	149.2	129.8	0.15
CHS 18	150.5	130.1	0.16
CHS 19	151.3	133.7	0.13
CHS 20	151.4	133.3	0.14

**OBSERVACIONES**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

\* Se secaron los especímenes en horno eléctrico a una temperatura de 103°C ± 2°C.

\* Se pesaron las muestras con balanza electrónica de precisión ± 0.1gr.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA	Código	FOR-LAB-MAD-003
		Revisión	0
		Aprobado	WM-MTL
		Fecha	1/06/2023
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES</b> NTP 251.010			

<b>TESIS</b>	: Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuco Lima 2023
<b>AUTOR</b>	: Christian Jesús Quispe Palacios
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
<b>Aprobado por:</b> Walter Manó <b>Ensayado por:</b> Mirella Flores <b>Fecha de ensayo:</b> 27/05/2023	

Método para determinar el contenido de humedad de la madera NTP 251.010
--

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Identificación Madera: Madera Shihuahuco

**B) DATOS ESPECÍFICOS DE CADA ESPECIMEN:**

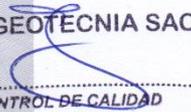
Identificación del Especimen	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Contenido de Humedad (%)
CHS 21	149.40	132.50	0.13
CHS 22	150.40	131.00	0.15
CHS 23	149.10	128.10	0.16
CHS 24	151.10	131.30	0.15
CHS 25	146.50	129.80	0.13
CHS 26	150.80	138.70	0.09
CHS 27	150.40	138.00	0.09
CHS 28	147.70	137.70	0.07
CHS 29	147.10	135.60	0.08
CHS 30	146.50	134.10	0.09

**OBSERVACIONES**

\* Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

\*Se secaron los especímenes en horno eléctrico a una temperatura de 103°C ± 2°C.

\*Se pesaron las muestras con balanza electrónica de precisión ± 0.1gr.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> <b>CONTROL DE CALIDAD</b>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA	Código	FOR-LAB-MAD-003
		Revisión	0
		Aprobado	WM-MTL
		Fecha	1/06/2023
<b>LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES</b> NTE INEN - ISO/DIS 22157			

<b>TESIS</b>	: Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y madera Shihuahuaco Lima 2023
<b>AUTOR</b>	: Christian Jesús Quispe Palacios
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
Aprobado por: Walter Manero Ensayado por: Mirella Flores Fecha de ensayo: 29/05/2023	

**Método para determinar el contenido de humedad de la madera**  
NTE INEN - ISO/DIS 22157

**A) INFORMACIÓN GENERAL:**

Identificación del Material: Bambú Guadua

**B) DATOS ESPECÍFICOS DE CADA ESPECIMEN:**

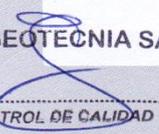
Identificación del Especimen	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Contenido de Humedad (%)
CHB 01	186.6	167.8	11.2%
CHB 02	262.7	241.7	8.7%
CHB 03	171.3	154.6	10.8%
CHB 04	204.0	181.7	12.3%
CHB 05	202.8	181.2	11.9%
CHB 06	247.4	226.8	9.1%
CHB 07	261.6	243.9	7.3%
CHB 08	250.7	230.2	8.9%
CHB 09	206.8	187.9	10.1%
CHB 10	216.6	198.6	9.1%
CHB 11	278.9	261.7	6.8%
CHB 12	163.6	143.3	14.2%

**\*OBSERVACIONES**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

\* Se secaron los especímenes en horno eléctrico a una temperatura de 103°C ± 2°C.

\* Se pesaron las muestras con balanza electrónica de precisión ± 0.1gr.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y Shihuahuaco Lima 2023", cuyo autor es QUISPE PALACIOS CHRISTIAN JESUS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 08 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE <b>DNI:</b> 07239759 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 20-07-2023 18:40:40

Código documento Trilce: TRI - 0578739