

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL
DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Influencia de la edad del bambú en sus propiedades físicas y mecánicas para la
construcción sostenible, Chanchamayo, 2024”**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniera Civil

AUTOR

Alionka Fiorella Sinche Villaizan

ASESOR

Ing. Geovany Vílchez Casas

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión y Tecnología en la construcción

Chanchamayo, Perú

2025

ASESOR

Ing. Geovany Vilchez Casas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la salud y fortaleza necesarias para culminar esta etapa importante de mi formación. A mis padres, Ivan Sinche y Ana Villaizan, por su amor, entrega y apoyo incondicional, que han sido mi mayor fuente de motivación y ejemplo de perseverancia.

Mi más profundo agradecimiento al Ing. Geovanny Vílchez Casas, mi asesor de tesis, por su orientación técnica constante y su compromiso durante todo el desarrollo de este trabajo. Asimismo, agradezco al Ing. Luis Llerena Suárez, especialista en bambú de SERFOR, por su valiosa asesoría en la planificación técnica, la selección de muestras y la orientación sobre el manejo adecuado de este material tan versátil y complejo.

Extiendo mi gratitud al Ing. Efraín Cáceres Palomino, por su generosidad al brindarme el acceso al Fundo Santa Rosa, lo cual hizo posible la recolección de muestras de *Phyllostachys aurea*, así como a la Sra. Lorena Brocq Tremolada, por permitir el ingreso al Fundo San José para trabajar con *Guadua angustifolia*.

También reconozco con especial aprecio a los integrantes del equipo técnico de campo y laboratorio, cuya colaboración en la inspección, recolección, preparación y ensayo de probetas fue fundamental para cumplir con los objetivos de esta investigación. Su apoyo y compromiso fueron clave en cada etapa del proceso.

Finalmente, agradezco a todos mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por su dedicación a lo largo de mi formación. Sus enseñanzas han sido pilares esenciales en mi desarrollo académico y profesional. Este trabajo es fruto de un esfuerzo colectivo y representa mi gratitud hacia todos quienes hicieron posible su realización.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Ivan Sinche y Ana Villaizan, cuyo respaldo constante, sacrificio y confianza han sido el fundamento que me permitió avanzar y culminar esta etapa académica. Su ejemplo de responsabilidad y esfuerzo ha sido mi mayor inspiración.

A mi familia, a mi hermano Christopher Sinche, por su apoyo incondicional durante el proceso de investigación, y por motivarme a mantenerme firme en los momentos más exigentes.

Dedico también esta tesis a quienes hicieron posible el desarrollo de este estudio. Al Ing. Geovanny Vílchez, por su asesoría académica y orientación permanente; al Ing. Luis Llerena, por su valiosa experiencia en el estudio del bambú, que enriqueció los fundamentos teóricos y experimentales del proyecto; al Ing. Efraín Cáceres, por facilitar el acceso al Fundo Santa Rosa, permitiendo la recolección de muestras; y a la Sra. Lorena Brocq, por brindar su colaboración en el Fundo San José.

Esta investigación es resultado del compromiso conjunto entre la formación académica y el apoyo técnico brindado por profesionales que confiaron en el potencial del estudio. A todos ellos, con profundo respeto y gratitud, dedico este trabajo.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de la edad del bambú en sus propiedades físicas y mecánicas, considerando dos especies: *Guadua angustifolia* Kunth (1-3 y 4-6 años) y *Phyllostachys aurea* (0.6-1.5 y 2-3 años). Se realizaron 783 ensayos normalizados bajo ISO 22157, NTC 5525. En *Guadua angustifolia*, la edad tuvo efecto estadísticamente significativo en la resistencia a la compresión ($p = 0.024$), donde los culmos jóvenes mostraron valores promedio mayores (31.48 MPa) frente a los maduros (28.79 MPa). Sin embargo, no se identificaron diferencias significativas en el contenido de humedad, densidad ni resistencia a la flexión ($p > 0.05$), aunque esta última presentó una tendencia cercana al umbral de significancia ($p = 0.051$). En *Phyllostachys aurea*, se registró una disminución significativa en la resistencia a la flexión con la edad (de 62.67 MPa a 46.24 MPa; $p < 0.001$) y un aumento significativo del contenido de humedad (de 75.78 % a 98.61 %; $p < 0.001$), mientras que la densidad no varió de forma significativa. Se concluye que la influencia de la edad depende de la especie y la propiedad evaluada: en *Guadua angustifolia* destaca la compresión, y en *Phyllostachys aurea*, la flexión y la humedad. Los resultados demuestran que el bambú puede ser utilizado según su edad y comportamiento estructural, lo que favorece su aplicación eficiente en construcciones sostenibles.

Palabras clave: bambú, edad, resistencia mecánica, propiedades físicas, construcción sostenible.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the influence of bamboo age on its physical and mechanical properties, considering two species: *Guadua angustifolia* Kunth (1–3 and 4–6 years) and *Phyllostachys aurea* (0.6–1.5 and 2–3 years). A total of 783 standardized tests were conducted following ISO 22157, NTC 5525, and E.100 standards. In *Guadua angustifolia*, age had a statistically significant effect on compressive strength ($p = 0.024$), with younger culms showing higher average values (31.48 MPa) compared to mature culms (28.79 MPa). However, no significant differences were identified in moisture content, density, or flexural strength ($p > 0.05$), although the latter showed a value close to the threshold of significance ($p = 0.051$). In *Phyllostachys aurea*, a significant decrease in flexural strength was reported with age (from 62.67 MPa to 46.24 MPa; $p < 0.001$), along with a significant increase in moisture content (from 75.78% to 98.61%; $p < 0.001$), while density did not vary significantly. It is concluded that the influence of age depends on the species and the property evaluated: compressive strength stands out in *Guadua angustifolia*, and flexural strength and moisture content in *Phyllostachys aurea*. The results demonstrate that bamboo can be selected based on its age and structural performance, supporting its efficient application in sustainable construction.

Keywords: bamboo, age, mechanical strength, physical properties, sustainable construction.

INTRODUCCIÓN

El bambú es un material vegetal renovable ampliamente utilizado en diversas regiones del mundo por sus propiedades físicas y mecánicas. Su resistencia, bajo peso y rápido desarrollo lo convierten en una alternativa viable para construcciones sostenibles. A nivel internacional, existen normas técnicas como la ISO 22157, la GB/T 15780 en China y la NTC 5525 en Colombia, que establecen procedimientos para evaluar sus propiedades.

A nivel nacional, el bambú se utiliza con frecuencia en la construcción rural, especialmente en techos, cercos y estructuras ligeras. Sin embargo, su aplicación sigue siendo empírica y sin criterios técnicos definidos. Una variable que no se considera en la selección del material es la edad del culmo, la cual puede estar asociada a variaciones en la densidad, el contenido de humedad y la distribución de fibras, aspectos que afectan su comportamiento estructural.

Diversos estudios demuestran que la edad del bambú influye en sus propiedades físicas y mecánicas. Correal y Arbeláez (2010), en Colombia, evaluaron *Guadua angustifolia* y observaron que culmos sobremaduros de cinco años presentaron menor resistencia a la compresión y a la flexión que los de tres a cuatro años. De igual forma, Hernández et al. (2021), en México, señalan que la densidad básica y el contenido de humedad varían significativamente entre culmos jóvenes y maduros, lo que repercute en su desempeño estructural.

La presente investigación evaluó la influencia de la edad del bambú en sus propiedades físicas y mecánicas. Se analizaron dos especies: *Guadua angustifolia* Kunth y *Phyllostachys aurea*, cada una con dos rangos de edad. Se realizaron 783 ensayos de laboratorio conforme a las normas ISO 22157 y NTC 5525. Se utilizó estadística inferencial para determinar diferencias significativas entre los grupos de edad.

Este estudio tiene como finalidad generar información técnica que permita establecer criterios de selección del bambú en función de su edad, aportando fundamentos para su uso estructural. Esto contribuye al desarrollo de normativas nacionales y a la mejora de prácticas constructivas en zonas donde el bambú es un recurso disponible.

Por último, la tesis se organiza en cinco capítulos. El capítulo 1 presenta el planteamiento del problema, los objetivos y la hipótesis. El capítulo 2 desarrolla los antecedentes, el marco teórico y las normas aplicadas. El capítulo 3 describe la metodología experimental. El capítulo 4 presenta los resultados y su análisis estadístico. Finalmente, se detallan las conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Formulación de problema general y específicos.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis:.....	3
1.4.1. Hipótesis general.....	3
1.4.2. Hipótesis específicas.....	3
1.5. Justificación del problema.....	3
1.5.1. Justificación teórica.....	3
1.5.2. Justificación metodológica.....	4
1.5.3. Justificación social.....	4
1.6. Importancia y alcances de la investigación.....	4
1.7. Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. El bambú.....	11
2.2.2. Tipos de bambú	13
2.2.3. Propiedades físicas	15
2.2.4. Propiedades mecánicas	16
2.2.5. Factores que afectan las propiedades mecánicas.....	17
2.2.6. Normativa para el uso del bambú.....	17
2.2.7. Aplicaciones en construcción sostenible.....	19
2.3. Bases conceptuales	22
2.3.1. Propiedades físicas	22
2.3.2. Propiedades mecánicas	22
2.3.3. Sostenibilidad en la construcción	23
2.4. Bases epistemológicas	23
2.4.1. Paradigma positivista.....	23
2.4.2. Enfoque cuantitativo.....	23
2.4.3. Diseño experimental.....	24
2.4.4. Análisis estadístico	24
2.4.5. Justificación del enfoque	25
2.5. Definición de términos básicos.....	25
CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.1. Ámbito.....	27
3.2. Nivel, tipo y diseño de investigación	27
3.3. Población y selección de muestra.....	27
3.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.4.1. Procedimiento.....	29
3.4.2. Instrumentos	33

3.4.3. Técnicas	34
3.5. Análisis estadístico	35
3.6. Consideraciones éticas.....	36
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	37
4.1.1. Contenido de humedad	37
4.1.2. Densidad	39
4.1.3. Resistencia a la compresión paralela a la fibra.....	42
4.1.4. Resistencia a la flexión	44
4.2. Prueba de hipótesis	47
4.2.1. Contenido de humedad	48
4.2.2. Densidad	49
4.2.3. Resistencia a compresión.....	50
4.2.3. Resistencia a la flexión.....	51
4.2.4. Interpretación de los resultados de las pruebas de hipótesis	53
4.3. Discusión de resultados	53
4.3.1. Contenido de humedad	53
4.3.2. Densidad	54
4.3.3. Resistencia a compresión.....	55
4.3.4. Resistencia a la flexión.....	55
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Bambú <i>G. Angustifolia</i>	12
Figura 2 Bambú <i>Phyllostachys aurea</i>	12
Figura 3 Partes del Bambú	13
Figura 4 Estructura del Bambú <i>G. Angustifolia</i>	15
Figura 5 Equipo para ensayo de compresión.....	18
Figura 6 Esquema del ensayo de flexión.....	18
Figura 7 Casa modelo de bambú – Biblioteca pública	20
Figura 8 Vivienda social construida tras el terremoto de Ecuador del 2016.....	20
Figura 9 Proceso constructivo de edificación de bambú – Fundo Bambú Escondido	21
Figura 10 Restaurante campestre con bambú.....	21
Figura 11 Contenido de humedad promedio del bambú según edad y sección del culmo.....	38
Figura 12 Distribución del contenido de humedad en <i>Guadua angustifolia</i> por rango de edad	38
Figura 13 Distribución del contenido de humedad en <i>Phyllostachys aurea</i> por rango de edad	39
Figura 14 Densidad aparente promedio del bambú según edad y sección del culmo	40
Figura 15 Distribución de la densidad aparente en <i>Guadua angustifolia</i> por rango de edad ..	41
Figura 16 Distribución de la densidad aparente en <i>Phyllostachys aurea</i> por rango de edad...	41
Figura 17 Resistencia a la compresión promedio del bambú según edad y sección del culmo	43
Figura 18 Dispersión de la resistencia a la compresión en <i>Guadua angustifolia</i> por rango de edad.....	43
Figura 19 Dispersión de la resistencia a la compresión en <i>Phyllostachys aurea</i> por rango de edad.....	44
Figura 20 Resistencia a la flexión promedio del bambú según edad y sección del culmo.....	46
Figura 21 Dispersión de la resistencia a la flexión en <i>Guadua angustifolia</i> por rango de edad	46
Figura 22 Dispersión de la resistencia a la flexión en <i>Phyllostachys aurea</i> por rango de edad	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especies identificadas en Junín, Pasco y San Martín	14
Tabla 2 Esfuerzos admisibles	17
Tabla 3 Número de ensayos realizados según especie y edad.....	28
Tabla 4 Resultados de la validación por juicio de expertos	34
Tabla 5 Contenido de humedad del bambú según especie, sección del culmo y rango de edad	37
Tabla 6 Densidad aparente del bambú según especie, sección del culmo y rango de edad	40
Tabla 7 Resistencia a la compresión paralela a la fibra según especie, sección y edad del culmo	42
Tabla 8 Resistencia a la flexión del bambú según especie, sección y rango de edad.....	45
Tabla 9 Estadísticos descriptivos del contenido de humedad según edad - <i>Guadua Angustifolia</i>	48
Tabla 10 Estadísticos descriptivos del contenido de humedad según edad – <i>Phyllostachys Aurea</i>	48
Tabla 11 Estadísticos descriptivos de densidad según edad – <i>Guadua Angustifolia</i>	49
Tabla 12 Estadísticos descriptivos de densidad según edad – <i>Phyllostachys Aurea</i>	50
Tabla 13 Estadísticos descriptivos de resistencia a la compresión según edad – <i>Guadua Angustifolia</i>	51
Tabla 14 Estadísticos descriptivos de resistencia a la compresión según edad – <i>Phyllostachys Aurea</i>	51
Tabla 15 Estadísticos descriptivos de resistencia a la flexión según edad – <i>Guadua Angustifolia</i>	52
Tabla 16 Estadísticos descriptivos de resistencia a la flexión según edad – <i>Phyllostachys Aurea</i>	52

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación y determinación del problema

A nivel global, el bambú es considerado un material estructural sostenible por su alta resistencia específica, bajo peso, rápido crecimiento y capacidad de renovación. Su aplicación en ingeniería se sustenta en estudios que han evaluado su comportamiento mecánico considerando variables como la especie, el tratamiento y la edad de cosecha. Estos avances han permitido la formulación de normativas técnicas como la International Organization for Standardization (ISO 22157, 2019), de alcance internacional, y la GB/T 15780, vigente en China, que regulan la clasificación estructural del bambú para su uso seguro y eficiente en construcciones.

En América Latina, Colombia se ha consolidado como referente en el uso del bambú en edificaciones estructurales. La normativa desarrollada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2007) se basa en estudios que relacionan la madurez del culmo con sus propiedades mecánicas, lo que ha permitido incorporar la especie *Guadua angustifolia* en soluciones habitacionales de bajo costo y alto rendimiento estructural (Echezuría, 2018). Otros países de la región también han avanzado en investigaciones orientadas a garantizar la seguridad y eficiencia del bambú en edificaciones.

En el Perú, a pesar de reconocerse el potencial del bambú para aplicaciones estructurales, su uso formal sigue siendo limitado. La Norma Técnica Peruana E.100 proporciona información general para *Guadua angustifolia*, pero no diferencia propiedades en función de la edad de cosecha (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS], 2020). Además, especies como *Phyllostachys aurea*, también presentes en el país, no han sido incluidas en la normativa nacional ni caracterizadas técnicamente (Cervantes et al., 2021). Este vacío técnico impide establecer criterios de diseño que garanticen un desempeño seguro y eficiente del bambú en obras de ingeniería.

En la provincia de Chanchamayo, región Junín, existe una alta disponibilidad de *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*. Sin embargo, no se han realizado estudios experimentales locales que analicen cómo varían sus propiedades físicas y mecánicas según la edad del culmo, lo que genera incertidumbre sobre el momento óptimo de cosecha para su uso estructural. Esta falta de información limita su aplicación en edificaciones formales y dificulta su incorporación en diseños técnicos por parte de ingenieros y arquitectos. Investigaciones previas, como las de

Flores (2020), en Alto Mayo, y Macuri y Torres (2023) en San Ramón, han abordado aspectos generales del bambú, pero sin evaluar la influencia de la edad en su comportamiento estructural en el contexto de Chanchamayo.

Ante esta problemática, la presente investigación se planteó evaluar la influencia de la edad de cosecha del bambú en sus propiedades físicas (densidad y contenido de humedad) y mecánicas (resistencia a compresión paralela y a flexión) en las especies *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*. La caracterización de estas propiedades según rangos de edad permite comprender los cambios estructurales del material, como la densificación progresiva de fibras y el incremento en rigidez, fundamentales para determinar su desempeño en sistemas constructivos. Esta información es fundamental para establecer recomendaciones técnicas sobre edades óptimas de corte, promoviendo así el uso del bambú en estructuras seguras, durables y sostenibles.

Se realizaron ensayos físicos, de compresión y flexión en culmos de ambas especies, clasificados en dos rangos de madurez. Los resultados constituyen una base técnica sólida para fomentar la inclusión del bambú en proyectos de infraestructura en la Selva Central del Perú, contribuyendo al desarrollo de normativas adaptadas a las condiciones locales y al aprovechamiento racional de este recurso estructural.

1.2. Formulación de problema general y específicos

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la edad del bambú en sus propiedades físicas y mecánicas?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de la edad del bambú *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* en sus propiedades físicas?
- ¿Cuál es la influencia de la edad del bambú *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* en su resistencia a la compresión?
- ¿Cuál es la influencia de la edad del bambú *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* en su resistencia a la flexión?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de la edad del bambú en sus propiedades físicas y mecánicas.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* en sus propiedades físicas.
- Analizar la influencia de la edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* en su resistencia a la compresión.
- Evaluar la influencia de la edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* en su resistencia a la flexión.

1.4. Hipótesis:

1.4.1. Hipótesis general

La edad del bambú influye significativamente en sus propiedades físicas y mecánicas.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* influye significativamente en sus propiedades físicas.
- La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* influye significativamente en su resistencia a la compresión.
- La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* influye significativamente en su resistencia a la flexión.

1.5. Justificación del problema

1.5.1. Justificación teórica

Este estudio aporta al conocimiento técnico sobre el bambú en la construcción, centrándose en cómo la edad de cosecha influye en sus propiedades físicas y mecánicas. A pesar del creciente interés en la utilización del bambú como recurso estructural, existe una escasez de investigaciones que relacionen su comportamiento mecánico con el momento de corte, especialmente en las especies *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*, comunes en Chanchamayo. Esta falta de evidencia técnica limita el desarrollo de criterios de diseño y afecta la confiabilidad del material en aplicaciones estructurales. Correal y Arbeláez (2010) señalan que la edad del culmo tiene un efecto directo en la resistencia mecánica de la *Guadua*, lo que demuestra la importancia de esta variable. Asimismo, Rodríguez et al. (2023) destacan la necesidad de estudios locales para establecer parámetros adecuados de uso estructural del bambú. La investigación aportó al fortalecimiento del marco teórico al generar información útil para futuras normativas técnicas, mejoró la comprensión del comportamiento del bambú según su madurez y orientó nuevas líneas de investigación en materiales naturales aplicados a la ingeniería civil.

1.5.2. Justificación metodológica

El estudio se basa en un diseño experimental que permite identificar y comparar cómo varían las propiedades del bambú según su edad y especie. Se aplicaron ensayos normalizados a muestras clasificadas por rangos de edad, lo que garantizó resultados medibles, reproducibles y aplicables. La norma International Organization for Standardization (ISO 22157, 2019) establece procedimientos técnicos estandarizados para evaluar propiedades físicas y mecánicas del bambú, los cuales fueron adaptados en este estudio. Además, Gauss et al. (2019) demostraron que los métodos ISO son aplicables con éxito en contextos latinoamericanos, lo que refuerza la validez del enfoque adoptado. Esto permitió desarrollar un procedimiento replicable que puede ser utilizado en futuras investigaciones con especies similares o en otros entornos, aportando al desarrollo metodológico de estudios sobre materiales naturales.

1.5.3. Justificación social

En zonas como Chanchamayo, el bambú representa una opción viable para la construcción por su bajo costo, disponibilidad y carácter renovable. Sin embargo, su uso estructural sigue siendo limitado, en gran parte por la falta de criterios técnicos claros que orienten su selección según la edad de cosecha. Esta carencia reduce la confianza en el material, genera pérdidas económicas por un aprovechamiento ineficiente y limita su incorporación en soluciones habitacionales seguras. En este estudio se establecieron parámetros técnicos que contribuyeron a mejorar la calidad del bambú disponible, optimizar su aplicación en obra y fortalecer su cadena productiva. Echezuría (2018) resaltó el potencial del bambú como recurso accesible para viviendas de bajo costo en zonas rurales, mientras que Gómez et al. (2020) destacaron su valor ambiental como material ecológico y sostenible. Por lo tanto, esta investigación no solo aportó al desarrollo técnico del recurso, sino que promovió prácticas constructivas seguras, responsables y sostenibles, además de fomentar oportunidades de desarrollo económico para las comunidades locales mediante la creación de microempresas y la generación de empleo vinculado al manejo, transformación y comercialización del bambú.

1.6. Importancia y alcances de la investigación

En las últimas décadas, el bambú se ha consolidado como una alternativa estructural de gran interés a nivel internacional, debido a su rápido crecimiento, capacidad de regeneración, propiedades mecánicas competitivas y bajo impacto ambiental. En el contexto peruano, la Selva Central destaca por su diversidad de especies, donde se han identificado cerca de 90, de las cuales aproximadamente 15 son nativas y 6 son exóticas (Londoño, 2021). Esta amplia disponibilidad representa una oportunidad estratégica para fomentar el uso de recursos locales

renovables en la ingeniería, especialmente en comunidades rurales con acceso reducido a materiales convencionales.

Desde una perspectiva ecológica, el bambú se distingue por su notable capacidad de regeneración. Específicamente, *Guadua angustifolia* puede crecer hasta 21 cm por día y alcanzar el 80 % de su altura definitiva en tan solo un mes, permitiendo cosechas cada 3 a 6 años, en contraste con las especies maderables tradicionales, que necesitan décadas para su aprovechamiento. Este comportamiento no solo favorece su aprovechamiento sostenible, sino que también contribuye de forma efectiva a la captura de carbono y a la reducción de la presión sobre los bosques naturales (Aguilar, 2019).

En cuanto a su aplicación estructural, el bambú presenta propiedades físico-mecánicas que pueden ser comparables con materiales como la madera, siempre que se respeten protocolos técnicos apropiados. Normas como la ISO 22157:2019 establecen los métodos para la determinación de sus propiedades físicas (como la densidad y el contenido de humedad) y mecánicas (como la resistencia a la compresión paralela y la flexión). A nivel regional, la NTC 5525 (ICONTEC, 2007) proporciona criterios técnicos para *Guadua angustifolia*, mientras que en el Perú la Norma Técnica E.100 (MVCS, 2020) propone valores referenciales de esfuerzo admisible, como 5 MPa para flexión y 13 MPa para compresión paralela. Sin embargo, no consideran las variaciones significativas de resistencia que pueden ocurrir en función de la edad del culmo, lo que representa una limitación técnica relevante.

Diversos estudios han mostrado que las propiedades estructurales del bambú varían considerablemente con el tiempo. Correal Y Arbeláez (2010) demostraron que *Guadua angustifolia* alcanzó su resistencia óptima entre los 3 y 4 años, disminuyendo progresivamente después de este periodo. Sin embargo, estos resultados aún no han sido validados experimentalmente en otras especies como *Phyllostachys aurea*, particularmente en las condiciones específicas de la Selva Central peruana, y tampoco se han reflejado en normativas técnicas que consideren dicha variabilidad.

Desde el enfoque económico, el bambú representa una alternativa viable para promover el desarrollo local sostenible. Su bajo costo, facilidad de transformación, y versatilidad lo posicionan como un recurso accesible para viviendas y mobiliario. Echezuría (2018) resaltó su utilidad en soluciones habitacionales de bajo costo, mientras que Gómez et al. (2020) destacaron su rol en la economía verde y en la mitigación de emisiones, al sustituir materiales de alta huella de carbono como el acero o el concreto.

1.7. Limitaciones de la investigación

En primer lugar, el bambú es un recurso natural cuyas propiedades físico-mecánicas varían considerablemente incluso dentro de la misma especie. Aspectos como la edad del culmo, el diámetro, el espesor de la pared y las condiciones climáticas y edáficas influyen en su densidad, orientación de fibras y contenido de lignina, lo que repercute directamente en la resistencia a compresión y flexión. A pesar de que en este estudio se utilizaron criterios de selección, como rangos de edad homogéneos, ausencia de defectos visibles y secciones uniformes, cada probeta se comportó de manera distinta en los ensayos de laboratorio. Esta heterogeneidad impide que los resultados reflejen con absoluta fidelidad el comportamiento promedio de todos los culmos de la población estudiada, generando un margen de error que limita la precisión de las conclusiones y su generalización en un contexto de diseño estructural.

En segundo lugar, las limitaciones logísticas y de equipamiento para realizar ensayos de resistencia a la flexión obligaron al uso de probetas de dimensiones reducidas. La prensa universal y el dispositivo de carga en cuatro puntos disponibles en el laboratorio no permitieron efectuar pruebas a escala real. Como resultado, los valores obtenidos en laboratorio podrían no reflejar con exactitud el comportamiento de los elementos constructivos a escala completa. Además, este método no determina el módulo de ruptura, sino la capacidad estructural del culmo, dominada principalmente por el cortante longitudinal. Esta restricción condiciona la interpretación y aplicabilidad de los resultados en proyectos de mayor envergadura, ya que el desempeño in situ de culmos completos podría presentar variaciones significativas en términos de rigidez y capacidad de carga.

Finalmente, existe una limitación normativa significativa en el contexto peruano, ya que no se cuenta con una norma técnica nacional que establezca procedimientos específicos para los ensayos físicos y mecánicos de bambú distintos a la especie *Guadua angustifolia*. La Norma E.100 únicamente proporciona valores de diseño estructural para esta especie y no incluye lineamientos para otras especies, como *Phyllostachys aurea*. Esta carencia normativa impide validar técnicamente otros tipos de bambú y limita su aplicación estructural estandarizada a nivel nacional, pues no existen criterios oficiales que garanticen requisitos mínimos de seguridad y calidad para especies distintas a *Guadua angustifolia*.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Zhang et al. (2024) en su estudio “Bamboo Structure and its Impact on Mechanical Properties: A Case Study of *Bambusa arundinaceae*”, el propósito fue evaluar las propiedades mecánicas de esta especie en comparación con el bambú moso, analizando la relación entre su estructura anatómica y sus características mecánicas. La metodología fue la realización de ensayos de compresión y flexión. Los resultados revelaron que la resistencia a la compresión alcanzó 113.99 MPa, mientras que la resistencia a la flexión fue de 239.07 MPa, módulo de elasticidad (17.39 GPa) de *Bambusa arundinaceae* fueron superiores a las del bambú moso. Se observó que la densidad de los haces vasculares aumentó de la base a la parte superior, correlacionándose con un incremento en las propiedades mecánicas. Las conclusiones indicaron que *Bambusa arundinaceae* es un material ecológico y sostenible, destacando la importancia de su estructura anatómica y recomendando la reducción del contenido de agua y la aplicación de preservantes para mejorar su durabilidad.

Adier et al. (2023) en su estudio “Bamboos Sustainable Building Materials: A Systematic Review of Properties, Treatment Methods, and Standards”, el propósito fue estudiar las propiedades físicas y mecánicas de diversas especies de bambú, evaluar los métodos de tratamiento que mejoran sus características, y evaluar su uso en la construcción. Se llevó a cabo una revisión en la base de datos Scopus, obteniéndose un total de 14456 artículos relacionados con el bambú, de los cuales se seleccionaron 57 artículos que cumplieron con criterios específicos. Las conclusiones destacaron que el bambú presenta características beneficiosas, como su resistencia y ligereza, lo que lo hace un material idóneo para la construcción. Sin embargo, se identificaron deficiencias significativas en la estandarización de prácticas de cosecha, curado y almacenamiento del bambú. Se recomendó desarrollar investigaciones adicionales para optimizar sus propiedades y facilitar su integración en códigos y estándares de construcción, maximizando así su potencial como una alternativa sostenible en la ingeniería civil.

Hartono et al. (2022) en su estudio tuvo como propósito analizar las características físicas, mecánicas y químicas de seis especies de bambú de Sumatra, así como evaluar su potencial para aplicaciones en materiales compuestos. La metodología consideró la preparación de muestras siguiendo las normas ISO 22157 y TAPPI, se aplicaron ensayos para analizar la densidad, contenido de humedad, resistencia a la compresión y tracción. Los resultados

mostraron que la resistencia a la compresión varía entre 200 kg/cm² y 600 kg/cm², dependiendo de la especie y la sección del bambú (inferior, media, superior). El bambú Betung presentó una resistencia a la compresión de 600 kg/cm² en la parte inferior, mientras que el Kuning mostró 200 kg/cm² en la parte superior. Con respecto, a la resistencia a la tracción, se mostraron valores que oscilaron entre 50 kg/cm² y 70 kg/cm². Las conclusiones indicaron que el bambú representa un recurso factible y ecológico para la construcción y otros usos industriales, destacando la relevancia de escoger el tipo adecuado según las propiedades requeridas, lo que sugiere que algunas especies son más adecuadas para aplicaciones específicas en materiales compuestos.

Muciño et al. (2022) en su estudio “Effect of culm height and presence of nodes on the mechanical properties of the bamboo *Otatea fimbriata* Sonderst, species native to southern Mexico”, el propósito fue evaluar el efecto de la altura del culmo (inferior, media y superior) y la presencia de nudos en las propiedades mecánicas del bambú *Otatea fimbriata* Sonderst, especie endémica de Suchiapa, Chiapas, con potencial como material constructivo. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con carácter experimental y nivel explicativo. La población estuvo constituida por culmos maduros de 3 a 6 años, de los cuales se seleccionó una muestra de 180 especímenes mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Se realizaron ensayos de compresión, flexión y tensión paralela a la fibra para evaluar sus propiedades mecánicas. Los resultados mostraron una resistencia a la compresión de 45.27 MPa, a la tensión de 100.36 MPa y a la flexión de 37.01 MPa, destacando que los nudos afectaron negativamente la flexión, pero no tuvieron impacto significativo en compresión ni tensión. Se concluyó que *Otatea fimbriata* posee propiedades mecánicas comparables o superiores a especies comúnmente usadas como *Guadua angustifolia*, por lo que representa un recurso viable para el desarrollo de elementos estructurales en la construcción.

Fernández (2022) en su trabajo sobre “Estudio del bambú y su uso en la construcción. Caracterización Mecánica”, el propósito fue estudiar el bambú y determinar si dos tipos diferentes, *Bambusa Vulgaris* y *Guadua Angustifolia* pueden emplearse en la construcción. Los ensayos de tracción axial paralela a la fibra evidenciaron que los culmos con uniones presentaron un descenso del 22 % al 39 % en el esfuerzo máximo, comparado con los culmos sin uniones. Se concluyó que el bambú es una fuente natural con más de 1600 variedades identificadas, destacando por su rápido desarrollo y bajo costo de producción. Además, tiene la eficacia en disminuir la liberación de gases de efecto invernadero, controlar los caudales de agua y adaptarse a diversas condiciones climáticas. Sus propiedades incluyen ligereza, alta resistencia, flexibilidad y excelente capacidad sísmica, convirtiéndolo en versátil y adecuado para muchas aplicaciones.

Han et al. (2021) en su estudio “Effects of Three-layer Structure and Age on Mechanical Properties of Moso Bamboo”, el propósito fue evaluar cómo la edad y la estructura de tres capas del bambú Moso afectan sus propiedades mecánicas. La metodología implicó el análisis de muestras de bambú de 1, 3 y 5 años, revelando que el MOR aumentó un 39.5%, 19.6% y 20.5% respectivamente para las capas internas, mientras que la eliminación de la capa externa redujo el MOR en un 17.4%, 27.1% y 21.0%. Las conclusiones indicaron que el bambú de 5 años presenta las mejores propiedades mecánicas, sugiriendo su uso para aplicaciones industriales, y resaltan la importancia de considerar estructura y edad del Bambú para optimizar su utilización y sostenibilidad.

Rodriguez et al. (2023) en su artículo “Propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en Ucayali”, el propósito fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en Ucayali, Perú. Se aplicó un enfoque cuantitativo, de carácter experimental, con un diseño al azar en esquema factorial (3 especies × 3 niveles del culmo), con 4 a 5 probetas por parcela experimental. Se realizaron ensayos según normas peruanas y colombianas. Los resultados mostraron que la densidad básica fue de 0,71 g/cm³ en promedio. En flexión, *Guadua superba* presentó los mayores valores de módulo de ruptura (hasta 84,49 MPa) y módulo de elasticidad (5931,06 MPa). En compresión paralela, las tres especies alcanzaron en promedio un MoE de 11454,35 MPa y MoR de 39,50 MPa. Se evidenció que *Guadua lynnclarkiae* y *Guadua weberbaueri* muestran características aptas para su uso en construcción, mientras que *Guadua superba* requiere estudios adicionales para aplicaciones estructurales complejas.

Cervantes et al. (2021) en su estudio “El bambú, el acero vegetal. Tipos, características físicas, mecánicas y sus ventajas en el diseño y construcción de viviendas sostenibles”, el propósito fue demostrar que el bambú es una alternativa viable para la construcción de viviendas sostenibles de bajo costo en el Perú. Se utilizó una metodología basada en revisión documental y análisis comparativo, con enfoque cualitativo y nivel descriptivo-explicativo. Se destacaron las propiedades físicas y mecánicas del bambú, como su bajo peso, alta flexibilidad, resistencia a la tracción (hasta 132 MPa) y compresión (hasta 48 MPa), así como su capacidad de absorción sísmica. Además, su densidad promedio se encontró entre 551 y 760 kg/m³, con contenidos de humedad entre 4.3% y 18%. Se concluyó que el bambú, por sus características estructurales y ecológicas, representa una solución eficiente, segura y económica para la edificación en zonas vulnerables y de bajos recursos.

Asimismo, Barnet (2020) en su artículo “Logros y desafíos de la construcción con Bambú en el Perú”, el propósito fue analizar los avances en la implementación del bambú como

material de construcción, identificar los desafíos actuales que enfrenta el sector, explorar oportunidades de mercado y proponer estrategias para mejorar su adopción. Se emplearon metodologías como la revisión documental de normativas, encuestas a 150 profesionales del sector, donde el 68% consideró al bambú como una alternativa viable, y el análisis de tres proyectos de construcción, que revelaron un costo promedio de \$450 por metro cuadrado y una reducción del 25% en el tiempo de construcción en comparación con métodos tradicionales. Las conclusiones destacaron logros significativos, como la formulación de normativas específicas, asimismo indicaron desafíos persistentes, como el limitado uso del bambú en menos del 7.2% de las viviendas en Perú. Se identificaron oportunidades en el sector turístico y se recomendaron estrategias a través de la utilización de un sistema de gestión de calidad y la capacitación de mano de obra para aumentar la competitividad del bambú en el mercado de la construcción.

Molina (2020) en su estudio se propuso analizar el impacto de la exposición ambiental en las características físicas y mecánicas de los culmos de *Guadua angustifolia* de la plantación de La Florida. La metodología consistió en someter los especímenes de bambú a intemperismo en seis meses a ángulos de 0, 45 y 90 grados. Se evaluaron humedad, densidad y cambio de color, y se compararon las características de compresión paralela, flexión estática y tensión, medidas antes y tras la exposición. Los resultados indicaron que el entorno climático de La Molina afectó significativamente el color del bambú y provocó una disminución en el módulo de elasticidad en compresión paralela y en la resistencia máxima a la tensión. No se observaron variaciones en el módulo de ruptura (MOR) durante la flexión estática ni en el MOE en compresión paralela. La zona media del tallo presentó un desempeño favorable en densidad y resistencia a la tensión en comparación con la zona basal.

Flores (2020) en su estudio “Características Físico Mecánicas del Bambú *Guadua* como material estructural alternativo para la construcción en el Valle del Alto Mayo”, el propósito fue determinar las características físico-mecánicas del bambú *Guadua* para su empleo como elemento estructural en la construcción. La metodología consistió en un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y descriptivo. Se desarrollaron instrumentos de recolección de datos a partir de documentación de fuentes bibliográficas y los datos fueron sistematizados en cuadros de Excel para su análisis. Los resultados indicaron que el instrumento de recolección de datos obtuvo un puntaje de 46 en su validación, lo que lo clasificó como "Excelente" para su aplicación en la investigación. Se concluyó que el bambú *Guadua* presentaba características físico mecánicas adecuadas para su aplicación como elemento estructural alternativo, contribuyendo así a la sostenibilidad en la construcción en el Valle del Alto Mayo.

Macuri y Torres (2023) en su estudio tuvo como propósito evaluar el potencial del bambú para adaptarse a diversos diseños constructivos y su impacto en la sostenibilidad del espacio cultural en San Ramón. La metodología consistió en un estudio de tipo básica, descriptivo, correlacional, y de enfoque cuantitativo. Se realizaron visitas a construcciones de bambú, encuestas sobre su utilidad y un formulario orientado a la identificación de demandas, poniendo especial atención en las comunidades nativas como Shawan Rama y la Ciudadela Indígena. El resultado fue que el proyecto incluyó procedimientos de diseño, distribución de ambientes, planos, imágenes 3D y una maqueta digital, optimizando el uso del bambú en un centro cultural y fomentando nuevas tecnologías constructivas para diversos usos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El bambú

Características generales

Se refiere a un conjunto de especies vegetales pertenecientes a la familia de las gramíneas (Poaceae), una de las familias botánicas más amplias y significativas para la humanidad. Las distintas especies de bambú se diferencian por varias características, entre ellas, la morfología de la planta, la velocidad de crecimiento, la forma de las hojas y el diámetro de los tallos (M. Sánchez et al., 2016).

Villa (2018) destaca el bambú como una de las especies vegetales de mayor tamaño y crecimiento más rápido en el mundo y, debido a sus características, es apto para construcciones sostenibles, rápidas y de bajo costo que pueden sustituir a las estructuras convencionales.

Asimismo, debido a sus propiedades, el bambú se transforma en un recurso adecuado para su aplicación en zonas con alta actividad sísmica. Su comportamiento frente a este fenómeno natural, combinado con su ligereza y resistencia, facilita la reducción de la carga sísmica al absorberla y disiparla. Por otro lado, el bambú también puede emplearse como material decorativo, resaltando la belleza de la estructura, y desde un enfoque estructural, ofrece una respuesta favorable (Gómez et al., 2020).

Figura 1
Bambú G. Angustifolia



Nota: Foto de visita de campo en Anexo Vaquería del distrito de Chanchamayo

Figura 2
Bambú Phyllostachys aurea



Nota: Foto de visita en el Sector Santa Rosa del distrito de Chanchamayo

Partes del bambú

Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2020):

Nudo: Sección del tallo que se segmenta a través de diafragmas.

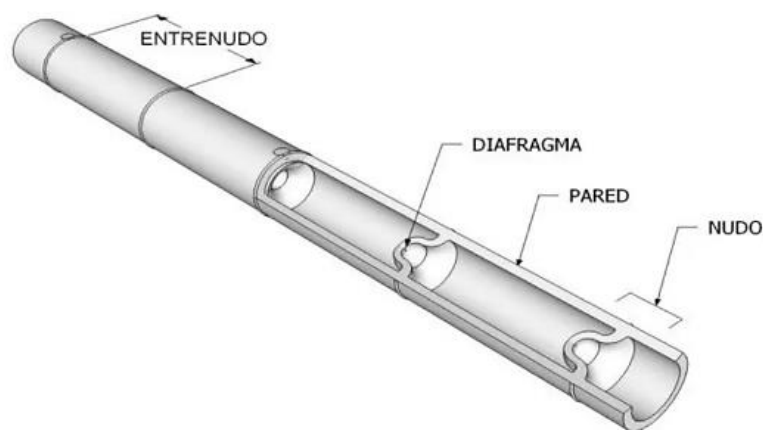
Entrenudo: La sección situada en medio de dos nudos.

Diafragma: Lámina que divide la caña inferior en secciones, forma parte del nudo.

Pared: Es la capa externa del tallo compuesta por tejido fibroso.

Figura 3

Partes del Bambú



Nota: Extraído del MVCS (2020)

2.2.2. Tipos de bambú

En el mundo, se registran cerca de 1600 especies, especialmente en climas templados y tropicales (Organización Internacional del Bambú y el Ratán [INBAR], 2019).

En nuestro país existe una gran diversidad de bambúes, con aproximadamente 90 especies registradas, tanto leñosas como herbáceas. En la Selva Central, específicamente en las regiones de Junín, Pasco y San Martín, se han identificado alrededor de 15 especies nativas y 6 exóticas. (Londoño, 2021).

Tabla 1*Especies identificadas en Junín, Pasco y San Martín*

Nº	ESPECIE	TIPO DE BAMBÚ
NATIVOS		
1	<i>Aulonemia david-smithii</i> Judz. & Waas	Herbáceo
2	<i>Chusquea uniflora</i> Steud	Leñoso
3	<i>Chusquea</i> sp.	Leñoso
4	<i>Guadua lynnclarkiae</i> Londoño	Leñoso
5	<i>Guadua sarcocarpa</i> subsp. <i>purpuracea</i>	Leñoso
6	<i>Guadua takahashiae</i>	Leñoso
7	<i>Guadua weberbaueri</i> Pilger	Leñoso
8	<i>Lithachne pauciflora</i> (Sw.) P. Beauv	Herbáceo
9	<i>Merostachys</i> sp.	Leñoso
10	<i>Olyra ecaudata</i> Doell	Herbáceo
11	<i>Olyra fasciculata</i> Trin.	Herbáceo
12	<i>Olyra latifolia</i> L	Herbáceo
13	<i>Olyra aff latifolia</i> L	Herbáceo
14	<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Herbáceo
15	<i>Rhipidocladum racemiflorum</i> (Steud.) McClure	Leñoso
EXÓTICOS		
16	<i>Bambusa oldhamii</i> Munro	Leñoso
17	<i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i>	Leñoso
18	<i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i>	Leñoso
19	<i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. f.)	Leñoso
20	<i>Gigantochloa apus</i> (Schult. f.) Kurz	Leñoso
21	<i>Phyllostachys aurea</i> (André) Rivière & C. Rivière	Leñoso

Nota: Extraído de Londoño (2021)

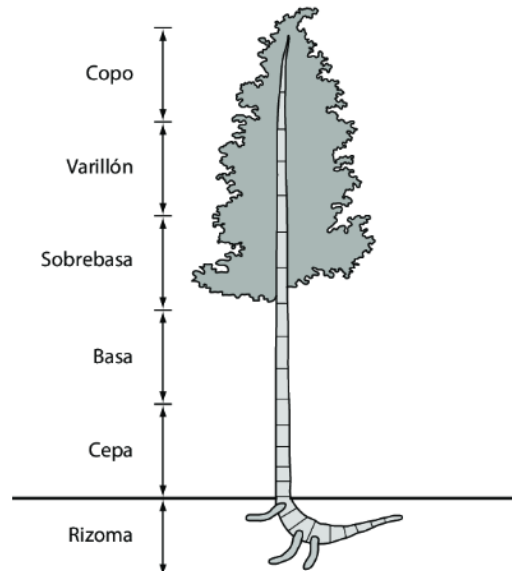
Bambú *Guadua Angustifolia* Kunth

Especie de bambú leñoso, nativo de la región tropical de los países andinos, con características físicas y mecánicas adecuadas para construcciones sismorresistentes (MVCS, 2020).

Según Aguilar (2019) esta especie puede alcanzar un crecimiento de 21 cm por día, completando el 80 % de su altura total en solo un mes. Aunque el bambú posee componentes

químicos similares a los de la madera, presenta una anatomía y morfología distintas, así como propiedades mecánicas superiores. A continuación, se muestran las partes que componen la caña de guadua.

Figura 4
Estructura del Bambú G. Angustifolia



Nota: Extraído de Aguilar (2019)

Bambú Phyllostachys Aurea

Es una especie perteneciente al género de bambú Phyllostachys, originaria de los bosques del sureste de China. Llevada hace varios años en Taiwán y Japón, donde se ha adaptado de manera natural, también se encuentra en cultivos en Estados Unidos, América Central, el Caribe y de manera significativa, en América del Sur, desde Colombia y Venezuela hasta Argentina (Benítez, 2022).

2.2.3. Propiedades físicas

Los culmos presentan diferencias según la especie, considerando el color, la altura, el grosor de las paredes y el patrón de crecimiento, así como la variabilidad de nudos y entrenudos. Por esta razón, es fundamental conocer las propiedades de las distintas especies de bambú (Muciño et al., 2022).

Densidad

De acuerdo con Césare et al. (2019) la densidad se determina sumergiendo el material en agua. El desplazamiento del agua permite calcular su volumen, y la densidad se obtiene dividiendo el peso del material entre el volumen desplazado. Este método es preciso y ampliamente utilizado para materiales leñosos de forma irregular.

La NTC 5525 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2007) nos menciona la fórmula para calcular la densidad en las muestras de bambú:

$$\rho = \left(\frac{m}{v}\right) \times 10^6$$

Donde:

ρ = es la masa por volumen, en kg/m^3

m = es la masa, en g, de la pieza de ensayo, secada al horno

v = es el volumen verde de la pieza de prueba, en mm^3

Contenido de humedad

La probeta se pesa en una balanza digital con precisión de 0.01 g para obtener su masa inicial (m). Posteriormente, se seca en un horno a $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 horas, y se pesa cada 2 horas hasta que la variación entre mediciones sea inferior a 0.01 g. La masa final estabilizada se denomina masa seca (m_0), y a partir de estos valores se calcula el contenido de humedad (Gutierrez y Takeuchi, 2014).

$$CH\% = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100$$

Donde:

m = Masa de la pieza de prueba antes del secado

m_0 = Masa de la pieza de prueba después del secado

2.2.4. Propiedades mecánicas

Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es la máxima tensión que puede soportar un material al ser sometido a una carga de flexión, justo antes de que ocurra su falla (Trento, 2025).

Según Pérez et al. (2021) el objetivo principal es someter una probeta de un material a una carga controlada en dirección perpendicular a su eje longitudinal para evaluar el comportamiento esfuerzo-deformación y la resistencia a la flexión.

Resistencia a la compresión

Rodríguez (2018) menciona que, en los ensayos de compresión paralela a la fibra, se observa un tipo específico de falla. Esta falla se caracteriza por un cortante, ya que los tejidos de la fibra se separan longitudinalmente. Donde la capacidad de compresión alcanza su valor máximo antes de la ruptura.

Se desarrolla en una máquina universal. La resistencia a compresión se determina utilizando el área transversal de cada espécimen (Varela et al., 2022).

2.2.5. Factores que afectan las propiedades mecánicas

La edad es un factor determinante en sus características mecánicas. La Guadua alcanza su madurez y presenta las mejores propiedades mecánicas entre los 3 y 4 años, con valores que se mantienen prácticamente constantes durante ese período. En comparación, los culmos de 5 años muestran las propiedades mecánicas más bajas (Correal y Arbeláez, 2010)

Por otra parte, las variables como la ubicación geográfica y las condiciones de crecimiento de los bambusales deben ser controladas, ya que afectan significativamente las propiedades mecánicas de los bambúes (Sánchez et al., 2016).

2.2.6. Normativa para el uso del bambú

Para el proceso de diseño de elementos estructurales de bambú en nuestro país, es necesario contar con ensayos que demuestren los esfuerzos admisibles que están establecidos en la Norma E.100 Bambú.

Tabla 2
Esfuerzos admisibles

ESFUERZOS ADMISIBLES	
FLEXIÓN	COMPRESIÓN PARALELA
5MPa (50 kg/cm ²)	13MPa (130 kg/cm ²)

Nota: Cuadro de esfuerzos admisibles para cada ensayo mecánico. Extraído de MVCS (2020)

Ensayo de compresión paralela a las fibras

Según la NTC 5525 (ICONTEC, 2007) este esfuerzo se calcula con la siguiente formula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Donde:

σ_{ult} = es la tensión de compresión última, en MPa (o N/mm²), redondeada al 0,5 Pa más cercano

F_{ult} = es la carga máxima a la que falla la muestra, en N

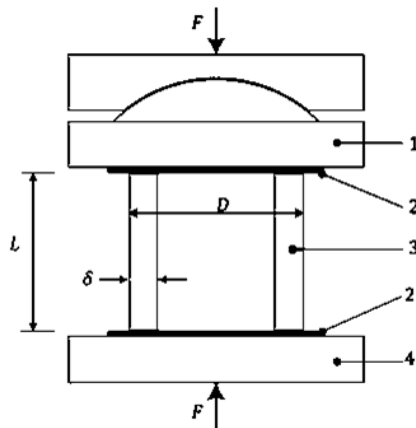
A = Área de la sección transversal, en mm²

$$A = \frac{\pi}{4} \times [D^2 - (D - 2t)^2]$$

D = Diámetro externo

T = Espesor de la pared

Figura 5
Equipo para ensayo de compresión



Donde:

D: diámetro externo

δ : espesor de pared

F: carga

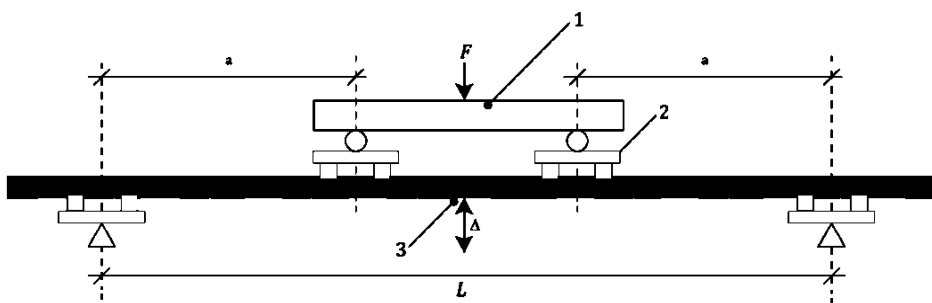
L: longitud de la probeta

Nota: Extraído la NTC 5525 (ICONTEC, 2007)

Ensayo de flexión

La NTC 5525 (ICONTEC, 2007) nos menciona que se requiere un aparato de flexión capaz de aplicar dos cargas iguales a una probeta apoyada (flexión de cuatro puntos) que dé lugar a una región de momento constante entre los puntos de carga. Las cargas aplicadas y las reacciones sobre los soportes se aplican a los bambúes a través de cuatro aparatos similares (monturas) que distribuyen las cargas puntuales de la forma más uniforme posible alrededor de la mitad de la circunferencia del bambú y a lo largo de una distancia longitudinal suficiente para evitar el aplastamiento o la deformación de la pared del bambú. En los soportes, la caña de bambú debe poder girar libremente alrededor de su eje de flexión.

Figura 6
Esquema del ensayo de flexión



Nota: Extraído de la NTC 5525 (ICONTEC, 2007)

Para calcular el Momento de Inercia se utiliza la siguiente formula:

$$I_B = \frac{\pi}{64} (D^4 - (D - 2t)^4)$$

Donde:

D = Diámetro externo

T = Espesor de la pared

Asimismo, para calcular la resistencia última, σ_{ult} en MPa (o N/mm²), en la flexión estática está determinado por la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F \times L \times \frac{D/2}{6} \times I_B$$

Donde:

F = Valor máximo de carga aplicado, en N (total aplicado en ambos puntos de carga)

L = Distancia libre, en mm (o luz libre)

D = Diámetro exterior, en mm

IB = Segundo momento del área, en mm⁴

Sin embargo, el ensayo de flexión en culmo completo, establecido por la norma NTC 5525 presenta dificultades prácticas debido a la necesidad de especímenes largos (30D), grandes deformaciones y un montaje experimental complejo. Por esta razón, se optó por utilizar probetas pequeñas, que son más manejables y apropiadas para caracterizar adecuadamente las propiedades del material (Gauss et al., 2019).

2.2.7. Aplicaciones en construcción sostenible

El bambú es reconocido por su versatilidad y eficiencia estructural, siendo ampliamente utilizado en proyectos de construcción sostenible. En países como China, su uso se remonta a más de 7000 años y abarca desde objetos utilitarios hasta estructuras arquitectónicas, gracias a la existencia de más de 400 especies (Aldama, 2019).

Algunas especies como *Guadua angustifolia* destacan por su madurez temprana (4 a 7 años), alta resistencia y facilidad de manejo, lo que las convierte en materiales apropiados para viviendas, andamios y otras estructuras (INBAR, 2019).

A continuación, se presentan ejemplos, que evidencian su aplicación en la construcción sostenible:

a) Casa modelo de bambú

Ubicación: El Rama – Nicaragua

Características: Proyecto del colectivo Bambú Social junto a la Universidad India y Caribeña de Bluefields (BICU). El diseño se basa en la arquitectura ancestral del pueblo indígena Rama Keys y utiliza materiales locales como el bambú. La vivienda incorpora un sistema para captar y purificar agua de lluvia para abastecer hasta 5 personas. Se destinó a la BICU como biblioteca pública y permitió desarrollar un manual de construcción paso a paso con fotografías y esquemas técnicos.

Figura 7
Casa modelo de bambú – Biblioteca pública



b) Vivienda social construida

Ubicación: Manabí – Ecuador

Altura: 2 pisos

Características: Proyecto liderado por Cristina de la Torre y Manuel Pallares tras un desastre natural. Las viviendas fueron diseñadas para ser rápidas de construir, económicas y resistentes, usando bambú como material principal. Incorporaron latones que permitieron rellenar las paredes con bambú picado o madera, y un sistema adaptable para el techo, facilitando su transición de solución temporal a vivienda permanente.

Figura 8
Casa de interés social construida tras el sismo ocurrido en Ecuador en 2016



c) Edificación de dos pisos - Fundo Bambú Escondido, San Ramón (Junín, Perú)

Ubicación: Salsipuedes, San Ramón, Chanchamayo - Junín

Altura: 2 pisos

Especie utilizada: *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*

Características: Edificación construida utilizando elementos de bambú tratado para columnas y vigas Ubicada en el fundo del Ing. Luis Llerena, se utiliza como modelo de capacitación y promoción de buenas prácticas constructivas en la Selva Central.

Figura 9

Proceso constructivo de edificación de bambú – Fundo Bambú Escondido



d) Restaurante “Yacu Mama” – Chanchamayo (Junín)

Ubicación: Distrito de Chanchamayo

Altura: 1 piso

Especie utilizada: *Guadua angustifolia*

Características: Restaurante construido empleando bambú tratado para columnas y vigas. Presenta buena ventilación natural y un diseño adaptado al entorno tropical. Su arquitectura busca armonizar lo funcional con lo ecológico, integrando elementos rústicos y vegetación local.

Figura 10

Restaurante campestre con bambú



2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas son aquellas que pueden medirse u observarse sin cambiar la composición o la identidad del material (Fiad et al., 2022).

Densidad

Se define como el cociente entre la masa de un objeto y su volumen, lo que se expresa como la proporción entre la masa y el volumen de ese cuerpo. Es decir, la densidad indica cuánta masa está contenida en un determinado volumen. Las unidades más comunes utilizadas para medir la densidad son gramos por mililitro (g/ml), gramos por centímetro cúbico (g/cm³) y kilogramos por metro cúbico (kg/m³) (Raviolo et al., 2022).

Contenido de Humedad

El contenido de humedad es la proporción de agua que contiene una muestra en relación con su peso (Schubnell et al., 2020). La variación en el contenido de humedad es un factor determinante que puede influir de manera significativa en las propiedades mecánicas de materiales naturales, como la madera y el bambú, afectando su resistencia, durabilidad y estabilidad dimensional (Gutierrez y Takeuchi, 2014).

2.3.2. Propiedades mecánicas

Corresponden a las características que determinan la resistencia mecánica de un material y su maleabilidad controlada. Están relacionadas con su comportamiento frente a fuerzas y cargas mecánicas y se evalúan según la respuesta del material al ser sometido a una fuerza. Se utilizan en el diseño de componentes así como en el control de calidad de los materiales utilizados (Murugan, 2020).

Resistencia a flexión

Se define como el valor máximo de tensión que puede soportar un material al estar sometido a una carga de flexión, antes de que ocurra su fallo o fractura (Trento, 2025).

Durante la prueba de flexión destructiva, la muestra se somete a una carga aplicada de forma perpendicular a su eje longitudinal. El objetivo es evaluar la respuesta del material en términos de la relación esfuerzo-deformación y determinar su resistencia a la flexión. Este ensayo proporciona información sobre la capacidad del material para soportar esfuerzos flexionales, lo cual es esencial para comprender su desempeño en aplicaciones donde se ve expuesto a cargas que generan deformaciones en flexión (Pérez et al., 2021).

Resistencia a compresión

Se define como la capacidad de un material o estructura para soportar esfuerzos compresivos. La resistencia última corresponde al valor de tensión uniaxial en el que el material falla, y se determina mediante un ensayo de compresión (Siddique y Mehta, 2014). En algunos casos, la ruptura inicial se presenta en forma de fisuras, que son pequeñas grietas visibles antes de que ocurra una falla total del material (León y Rodríguez, 2022).

2.3.3. Sostenibilidad en la construcción

La construcción sostenible busca equilibrar la relación entre la naturaleza y las áreas construidas, promoviendo espacios que respeten la dignidad humana y fomenten una economía justa. Incluye acciones como el uso de materiales ecológicos, reciclaje, tecnologías de ahorro energético y diseños que integren sistemas eficientes para desagües, gestión de residuos y pavimentación. Este enfoque no solo reduce costos frente a métodos tradicionales, sino que también garantiza su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo (Miranda et al., 2018).

2.4. Bases epistemológicas

El estudio se sitúa dentro del paradigma positivista, debido a que se buscó una comprensión objetiva y medible de los fenómenos naturales. Este paradigma plantea que el conocimiento válido se adquiere mediante la observación sistemática y la medición precisa de variables, permitiendo la formulación de leyes generales.

2.4.1. Paradigma positivista

El positivismo se fundamenta en la idea de que la realidad existe independientemente del observador y que los fenómenos naturales pueden ser medidos de manera objetiva utilizando métodos científicos. Para esta investigación, el positivismo se reflejó en el uso de ensayos controlados para medir las propiedades físicas y mecánicas del bambú a diferentes edades.

Este paradigma permitió identificar vínculos causales entre las variables estudiadas (edad del bambú) y los resultados observados (contenido de humedad, densidad, resistencia a compresión y flexión). La validez de las conclusiones se aseguró mediante la replicabilidad de los ensayos y el tratamiento estadístico de los datos obtenidos.

2.4.2. Enfoque cuantitativo

Este enfoque fue fundamental para la investigación, ya que permitió la recopilación y tratamiento de datos cuantitativos, proporcionando resultados precisos y objetivos. Los métodos cuantitativos fueron especialmente útiles para comparar cómo diferentes edades del bambú afectan sus propiedades estructurales.

Medición de Propiedades Físicas: Se utilizaron herramientas calibradas para medir el diámetro, el espesor de las paredes y otros parámetros físicos del bambú. Estas mediciones proporcionaron datos exactos que son esenciales para evaluar cómo la edad del bambú influye en su capacidad de soportar cargas.

Ensayos Mecánicos: Los ensayos de flexión y compresión fueron realizados en un entorno controlado, asegurando que los resultados sean reproducibles y que los efectos observados sean atribuibles únicamente a la variable independiente (edad del bambú).

2.4.3. Diseño experimental

El diseño experimental es una metodología fundamental en esta investigación, permitiendo manipular una variable independiente (la edad del bambú) con el fin de analizar su impacto en las propiedades físicas y mecánicas. Esto se logra mediante:

Selección de Muestras: Se seleccionaron muestras de bambú de dos rangos de edad en las especies *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* para asegurar que se capture una variedad representativa. Este enfoque garantizó que los resultados sean aplicables a diferentes etapas de desarrollo del bambú.

Recolección de Datos: Los datos se recogieron sistemáticamente mediante pruebas de laboratorio siguiendo estándares internacionales como la NTC 5525 y la Norma Internacional ISO 22157. Este procedimiento aseguró que los resultados sean comparables y válidos en un contexto global.

2.4.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico constituyó una herramienta fundamental para interpretar los resultados obtenidos a partir de los ensayos físicos y mecánicos aplicados al bambú en sus distintos rangos de edad. Su aplicación permitió verificar la existencia de diferencias significativas entre grupos comparados, validar hipótesis y garantizar el rigor científico de las conclusiones.

En primer lugar, se aplicaron pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk, con $\alpha = 0.05$) a cada conjunto de datos para determinar la distribución de las variables evaluadas (contenido de humedad, densidad, resistencia a compresión y flexión). Posteriormente, se realizó la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de varianzas entre grupos etarios dentro de cada especie. Estos pasos fueron esenciales para definir el tipo de prueba inferencial a emplear: cuando se cumplían los supuestos de normalidad y varianza homogénea, se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes; de no cumplirse, se aplicó la corrección de Welch.

De manera específica, se compararon estadísticamente dos grupos de edad para cada especie: en *Guadua angustifolia*, culmos jóvenes (1–3 años) vs maduros (4–6 años); en *Phyllostachys aurea*, culmos jóvenes (0.6–1.5 años) vs maduros (2–3 años). Para cada propiedad analizada, se calcularon medidas de tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación), con el fin de identificar patrones de comportamiento relacionados con el desarrollo del material.

El procesamiento de los datos y la ejecución de las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el software SPSS, lo cual aseguró trazabilidad, precisión en los cálculos y reproducibilidad de los resultados

2.4.5. Justificación del enfoque

El enfoque positivista y cuantitativo es adecuado para esta investigación, ya que el objetivo fue obtener un conocimiento empírico y generalizable sobre cómo la edad afecta las propiedades mecánicas del bambú. Los métodos experimentales y el análisis estadístico proporcionaron una base sólida para hacer recomendaciones prácticas sobre el uso del bambú en la construcción sostenible.

Por lo tanto, las bases epistemológicas se apoyaron en el paradigma positivista, utilizando un enfoque cuantitativo y experimental para generar datos objetivos y reproducibles. Este marco epistemológico aseguró que las conclusiones sean robustas y útiles para aplicaciones prácticas en la ingeniería y la construcción sostenible.

2.5. Definición de términos básicos

- **Bambú:** Es un recurso renovable de tallos fibrosos que pertenece a la familia de las gramíneas, tiene como subfamilia Bambúsoideae y tribu Bambúseae (MVCS, 2020).
- **Culmo:** El tallo de bambú es una estructura cilíndrica que, a intervalos regulares, tiene diafragmas perpendiculares ubicados en los nudos. Por la disposición de sus fibras, es más resistente a lo largo de su eje que en su dirección transversal (M. Sánchez et al., 2016).
- **Contenido de humedad:** Contenido de agua en el tallo, expresado en porcentaje del peso del tallo secado al horno (ISO 22157, 2019).
- **Densidad:** Es la proporción entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa, es decir, el cociente de su masa dividida por su volumen (Raviolo, 2023).
- **Propiedades Mecánicas:** Se describen como su capacidad para soportar cargas o fuerzas externas aplicadas (López y Rojas, 2018).

- Fibra: Fibras celulósicas en conjunto alineadas paralelamente principalmente a lo largo del eje longitudinal de los entrenudos del culmo (ISO 22157, 2019).
- Guadua Angustifolia: Especie de guadua con cualidades mecánicas y físicas ideales para las construcciones antisísmicas, endémica de las regiones tropicales de los países andinos (MVCS, 2020).
- Secado: La disminución del porcentaje de humedad de la madera o el bambú, de forma natural o artificial (MVCS, 2020).
- Ecológico: El bambú es considerado un material ecológico debido a su rápido crecimiento y producción de biomasa asimismo por su capacidad para secuestrar carbono a un ritmo elevado (Torres et al., 2019).
- Construcción sostenible: Es la creación y gestión responsable de entornos urbanos saludables, basada en la eficiencia de recursos y principios ecológicos, integrando los objetivos del desarrollo sostenible (Enshassi et al., 2018).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito

Este estudio se desarrolló en Chanchamayo, Selva Central del Perú, por el entorno favorable que permite el desarrollo de las especies de bambú *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*. Se recogieron muestras en campo y se realizaron ensayos en laboratorio para evaluar las propiedades físicas y mecánicas.

3.2. Nivel, tipo y diseño de investigación

Según Coronel (2023) el nivel explicativo tiene la finalidad de explicar por qué ocurren los sucesos y bajo qué condiciones, estableciendo relaciones causales entre variables. Para este estudio el nivel es explicativo, ya que se buscó determinar cómo la edad del bambú influye en sus propiedades físicas y mecánicas.

Castro et al. (2023) menciona que la investigación aplicada utiliza el conocimiento existente en un área específica para resolver problemas concretos. De esta manera, el estudio se considera aplicado ya que buscó producir conocimientos prácticos que se puedan aplicar en la construcción sostenible, específicamente en la selección y uso del bambú como material estructural en función de su edad y propiedades físicas y mecánicas.

Castro et al. (2023) indican que el diseño experimental es fundamental para confirmar teorías y conceptos, proporcionando evidencia concreta que valida los planteamientos científicos. Para este estudio el diseño es experimental puro, ya que se manipuló la variable independiente (edad del bambú) para estudiar su influencia en las características físicas y mecánicas, lo que permitió establecer relaciones de causa y efecto con un alto grado de validez interna.

3.3. Población y selección de muestra

Población de estudio (N):

La población estuvo conformada por 16 culmos de bambú, recolectados en los fundos San José y Santa Rosa, ubicados en el distrito de Chanchamayo. Se consideraron dos especies: *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*, seleccionando 8 culmos por especie, distribuidos en dos grupos de edad según su etapa de desarrollo.

Guadua angustifolia: 4 culmos entre 1 y 3 años y 4 culmos entre 4 y 6 años.

Phyllostachys aurea: 4 culmos entre 0.6 y 1.5 años y 4 culmos entre 2 y 3 años.

Muestra (n):

A partir de los 16 culmos se obtuvieron 261 probetas, distribuidas en 118 para ensayos a flexión y 143 para compresión. Posteriormente, de las probetas ensayadas se extrajeron secciones para realizar pruebas de contenido de humedad y densidad aparente, siguiendo los procedimientos de la norma NTC 5525. Esto permitió relacionar directamente los resultados físicos con el comportamiento mecánico de cada muestra.

La distribución general de los ensayos realizados fue la siguiente:

Tabla 3

Número de ensayos realizados según especie y edad

Especie	Edad	Flexión	Compresión	CH	Densidad	Total
Guadua	1-3 años	35	27	62	62	186
Angustifolia	4-6 años	36	36	72	72	216
Phyllostachys	0.6-1.5 años	23	40	63	63	189
Aurea	2-3 años	24	40	64	64	192
Total		118	143	261	261	783

La selección de las muestras se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, eligiendo los culmos disponibles que cumplieran con los criterios técnicos de madurez, integridad estructural y accesibilidad. Esta elección respondió a las condiciones reales de campo y al objetivo de contar con ejemplares representativos de distintas edades y posiciones del culmo (inferior, medio y superior). Con ello se buscó reflejar la variabilidad natural del bambú estructural. La documentación del proceso y la validación de la edad de los culmos se presentan en el Anexo 7.

Justificación del tamaño muestral:

La cantidad de probetas utilizadas fue definida para representar adecuadamente a cada especie de bambú y sus respectivos grupos de edad. Esto permitió contar con suficientes muestras para analizar y comparar los resultados de manera confiable. La distribución equilibrada entre flexión y compresión, así como la cantidad total de datos obtenidos, aseguró una base sólida para interpretar el comportamiento físico y mecánico del material estudiado.

Representatividad y trazabilidad:

Cada probeta fue identificada mediante un sistema de codificación que incluyó la especie, grupo de edad, tipo de ensayo y ubicación en el culmo (inferior, medio, superior), como se detalla (Ver anexo 6). Esta trazabilidad garantizó la calidad del muestreo y la confiabilidad de los resultados.

3.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Procedimiento

Se describen de manera detallada todas las actividades realizadas para estudiar el desempeño físico y mecánico del bambú según su edad. Este proceso comprendió desde la planificación inicial, selección de muestras en campo, preparación de probetas, hasta el desarrollo de los ensayos de laboratorio.

3.4.1.1. Planificación y coordinación técnica

- Se organizaron reuniones técnicas con especialistas clave: el Ing. Luis Llerena Suárez (especialista en plantaciones de bambú de SERFOR) y el Ing. Geovany Vílchez (asesor de tesis).
- Se definieron los criterios de selección de culmos: edad (según madurez fisiológica), integridad estructural y ausencia de defectos visibles, tomando como referencia la NTC 5525.
- Se elaboró el cronograma de visitas técnicas, considerando condiciones climáticas, accesibilidad de campo, herramientas necesarias (sierra, etiquetas impermeables, flexómetro, marcadores indelebles) y logística de transporte.
- Se gestionaron los permisos correspondientes con los propietarios de las plantaciones:
Ing. Efraín Cáceres Palomino (Fundo Santa Rosa – *Phyllostachys aurea*)
Sra. Lorena Brocq Tremolada (Fundo San José – *Guadua angustifolia*)
- Se realizaron visitas exploratorias a ambos fundos para verificar la disponibilidad de culmos y validar el cronograma operativo.

3.4.1.2. Recolección de culmos en campo

a. Fundo Santa Rosa - *Phyllostachys Aurea*

- Se ejecutó una inspección visual junto a los especialistas, descartando culmos con daños físicos, hongos, fracturas o inclinaciones pronunciadas.
- Se seleccionaron 4 culmos verdes (entre 0.6 y 1.5 años) y 4 maduros (entre 2 y 3 años), estimados mediante características morfológicas y experiencia del especialista.
- Se cortaron los culmos a ras del suelo utilizando arco de sierra manual.

- Cada culmo fue dividido longitudinalmente en dos segmentos de 2 metros (parte inferior y media).
- Se rotularon las secciones con etiquetas impermeables codificadas por especie, edad y sección (Ejemplo: ((1V) I01, (1V) M01).

b. Fundo San José - Guadua Angustifolia

- Se repitió el mismo protocolo de inspección, descarte y selección.
- Se seleccionaron 4 culmos verdes (1–3 años) y 4 maduros (4–6 años).
- Cada culmo fue dividido en tres secciones de 3 metros (inferior, media y superior).
- Se etiquetaron los segmentos con códigos únicos y se almacenaron adecuadamente para su traslado al laboratorio, evitando exposición directa al sol o humedad excesiva.

3.4.1.3. Caracterización preliminar de muestras

- Se procedió a la limpieza externa de los segmentos con cepillos suaves para eliminar tierra, hongos y polvo superficial.
- Se realizaron mediciones geométricas básicas con calibrador Vernier y cinta métrica:

Diámetro exterior en ambos extremos del segmento.

Espesor de pared (en cuatro puntos equidistantes).

Longitud total del segmento.

Toda la información obtenida se documentó en la Ficha de Recolección de Datos.

3.4.1.4. Preparación final de probetas

- Con base en las especificaciones de la NTC 5525, se marcaron las dimensiones requeridas sobre cada segmento.
- Se utilizó una sierra de disco eléctrica para realizar cortes precisos y obtener probetas según el tipo de ensayo.
- Cada extremo fue lijado cuidadosamente con lija gruesa y fina, logrando superficies planas y perpendiculares al eje longitudinal.
- Se verificó el paralelismo con una regla metálica y escuadra de precisión, garantizando condiciones ideales para la distribución uniforme de cargas.
- Las probetas se organizaron en bandejas numeradas, separadas por especie y edad, y se almacenaron en lugar seco y ventilado hasta su ensayo.

3.4.1.5. Caracterización físico-mecánica de las probetas

Las pruebas físicas y mecánicas aplicadas a las especies *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea* fueron realizados en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa. Para su ejecución se siguieron procedimientos establecidos en la norma NTC 5525, aplicados a la determinación del contenido de humedad, densidad aparente, compresión paralela a la fibra y flexión. Además, se consideraron criterios complementarios de la ISO 22157 y de la norma técnica peruana E.100.

a. Recolección y registro dimensional

- Se limpió cada probeta nuevamente con un cepillo de cerdas suaves para remover partículas de polvo, astillas o residuos de lijado que pudieran interferir en las mediciones y resultados del ensayo.
- Se realizaron mediciones geométricas de precisión con instrumentos calibrados (calibrador Vernier y cinta métrica):

Diámetro exterior: se midió en ambos extremos de cada probeta, tomando un promedio para minimizar el error.

Espesor de pared: se midió en cuatro puntos equidistantes alrededor de la circunferencia.

Longitud total: se verificó desde el borde inferior hasta el extremo superior de cada probeta con cinta métrica rígida.

- Cada medición se anotó junto al código de identificación (especie y estado de madurez) en la ficha, asegurando el registro preciso de las características geométricas de las probetas.

b. Resistencia a la compresión paralela

- Se organizaron las probetas según el grupo experimental:
Guadua angustifolia verde (27 probetas), dimensiones 10-15cm de diámetro y altura.
Guadua angustifolia madura (35 probetas), dimensiones 10-13cm de diámetro y altura.
Phyllostachys aurea verde (40 probetas), dimensiones 3-5cm de diámetro y altura.
Phyllostachys aurea madura (40 probetas), dimensiones 3-5cm de diámetro y altura.
- Cada probeta fue colocada verticalmente en la prensa universal ELE ADR Touch SOLO 1500 Semi-Automatic Compression Machine with Digital Readout (1500 kN de capacidad), asegurando la correcta alineación axial con el cabezal de carga para evitar esfuerzos excéntricos.
- Se aplicó carga axial creciente y continua a una velocidad de deformación controlada según la norma NTC 5525 hasta alcanzar la falla estructural (aplastamiento o fisura longitudinal).

- Se registró la carga máxima de falla (F_{ult} en N) mediante el sistema digital de adquisición de datos de la prensa.
- Se calculó la resistencia a la compresión (σ) mediante la fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Donde:

σ_{ult} = es la resistencia de compresión última, en MPa

F_{ult} = es la carga máxima a la que falla la muestra, en N

c. Resistencia a la flexión

- Se clasificaron las probetas para flexión en cuatro grupos:
Guadua angustifolia verde (35 probetas), dimensiones 10-15cm diámetro y 45cm largo.
Guadua angustifolia madura (36 probetas), dimensiones 9-12cm diámetro y 45cm largo.
Phyllostachys aurea verde (23 probetas), dimensiones 3-4cm diámetro y 45cm largo.
Phyllostachys aurea madura (24 probetas), dimensiones 3-5cm diámetro y 45cm largo.
- Se utilizó una máquina de ensayo universal con dispositivo de cuatro puntos de apoyo, conforme a la metodología adaptada.
- Las probetas se colocaron sobre dos rodillos inferiores (separados a una distancia L), asegurando el correcto centrado longitudinal.
- Se aplicó una carga descendente y progresiva mediante cabezal dividido en dos rodillos que distribuían la fuerza en el tercio medio de la probeta.
- Se registró la carga máxima al momento de la ruptura o primera manifestación de agrietamiento visible (en N).

d. Ensayos de densidad aparente y contenido de humedad

- Cada probeta fue pesada en estado fresco o “verde” utilizando una balanza digital de precisión 0.1 g para obtener la masa inicial m_v .
- Las probetas fueron introducidas en un horno eléctrico a 103 ± 2 °C por un periodo inicial de 24 horas.
- Se pesaron cada 2 horas hasta que la variación entre dos pesadas sucesivas fuera menor a 0.1 g, obteniendo la masa seca o masa constante m_o .
- El volumen de cada probeta fue determinado por dos métodos complementarios:
Para compresión: cálculo geométrico basado en el volumen de un cilindro hueco (restando el volumen interior al volumen exterior).
Para flexión: desplazamiento de agua, aplicando el principio de Arquímedes (volumen desplazado igual al volumen de la muestra).
- Con los datos obtenidos, se calcularon los parámetros siguientes:

Densidad aparente:

$$\rho = \left(\frac{m}{v}\right) \times 10^6$$

Donde:

ρ = es la masa por volumen, en kg/m^3

m = es la masa, en g, de la pieza de ensayo, secada al horno

v = es el volumen verde de la pieza de prueba, en mm^3

Contenido de humedad:

$$CH\% = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100$$

Donde:

m = Masa de la pieza de prueba antes del secado

m_0 = Masa de la pieza de prueba después del secado

- Todos los resultados se registraron en hojas de cálculo de Excel estructuradas por grupo experimental, permitiendo su análisis estadístico y comparativo.

3.4.2. Instrumentos

De la Lama et al. (2021) señalan que los instrumentos de investigación aseguran la consistencia y uniformidad en la recopilación de datos, facilitando el control en la observación científica.

El instrumento empleado consistió en una ficha de recolección de datos de laboratorio, diseñada para esta investigación. Esta ficha permitió registrar los resultados de cada probeta evaluada.

La ficha se dividió en tres bloques principales:

Bloque I – Datos generales: código de muestra, especie, edad del culmo y parte del culmo (inferior, medio, superior).

Bloque II – Propiedades físicas: diámetro exterior, espesor de pared, masa verde, masa seca, volumen, contenido de humedad y densidad.

Bloque III – Propiedades mecánicas: carga máxima y resistencia en compresión paralela y flexión (MPa), calculadas a partir de la carga de falla y el área de la sección transversal.

La ficha fue registrada manualmente durante la ejecución de cada ensayo, estos datos fueron sistematizados en hojas de cálculo para su análisis estadístico.

a) Validación del instrumento

La validez del instrumento fue evaluada por tres expertos en ingeniería civil y tecnología de materiales, quienes revisaron su estructura, contenido y pertinencia en relación con las variables del estudio. Según Villasís et al. (2018) la validación por juicio de expertos es fundamental para asegurar que los instrumentos de medición respondan adecuadamente a los objetivos planteados.

La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos tras la validación realizada:

Tabla 4
Resultados de la validación por juicio de expertos

Experto	Profesión	Apellidos y Nombres	CIP	Validez
1		Ortiz Llanto Dennys	130648	0.98
2	Ingeniero Civil	Dionisio Acuña Saúl	229051	0.98
3		Chavez Licares Klinton	222350	0.96
Promedio de Validez				0.97

El IVC promedio fue de 0.97, valor que supera ampliamente el mínimo aceptado de 0.80, lo cual garantiza la validez del contenido del instrumento aplicado. Instrumento de Investigación Validado se encuentra adjunto (ver Anexo 3).

b) Confiabilidad del instrumento

Se garantizó a través del uso de equipos calibrados. De acuerdo con Murrell et al. (2023) la calibración periódica de equipos en laboratorios asegura resultados consistentes, optimiza recursos y garantiza el cumplimiento de requisitos técnicos, mejorando la competitividad y la confianza del usuario.

3.4.3. Técnicas

Según Maya (2014) son procedimientos sistemáticos que guían al investigador para la obtención de datos relevantes para el análisis. La técnica utilizada fue la observación directa, aplicada durante la ejecución de los ensayos físicos y mecánicos realizados a las probetas de bambú en laboratorio. Esta técnica consistió en el registro directo, controlado y ordenado de los resultados obtenidos en cada prueba, de acuerdo con los procedimientos definidos en las normas ISO 22157 y NTC 5525.

Cada ensayo fue ejecutado por el equipo técnico, y los datos fueron registrados de forma inmediata por observación directa de los valores generados por los equipos de medición

(balanza digital, calibrador Vernier, cinta métrica, prensa universal). De esta forma, se garantizó la trazabilidad, precisión y confiabilidad de la información recolectada.

3.5. Análisis estadístico

➤ Preparación de los datos y estadística descriptiva

En una primera etapa, las mediciones de contenido de humedad, densidad, resistencia a compresión y resistencia a flexión se organizaron y verificaron en hojas de cálculo, clasificándolas según la especie (*Guadua angustifolia* o *Phyllostachys aurea*), el rango de edad y la sección del culmo (inferior, media o superior). Posteriormente, para cada combinación especie-edad, se calcularon la media y la desviación estándar (DE). Además, se obtuvo el coeficiente de variación (CV) para analizar la dispersión relativa de los datos.

➤ Prueba de normalidad

Con el fin de elegir la prueba inferencial apropiada, cada conjunto de datos fue sometido a la prueba de Shapiro–Wilk ($\alpha = 0,05$). Esta prueba permitió clasificar los grupos en “distribución normal” ($p > 0,05$) o “no normal” ($p < 0,05$), determinando si se podían utilizar pruebas paramétricas o si era necesario recurrir a métodos no paramétricos.

➤ Homogeneidad de varianzas

Para aquellos grupos que mostraron normalidad, se evaluó la igualdad de sus varianzas mediante la prueba de Levene ($\alpha = 0,05$). De acuerdo con su resultado:

Levene $p > 0,05 \rightarrow$ varianzas homogéneas \rightarrow uso de t de Student para muestras independientes.

Levene $p < 0,05 \rightarrow$ varianzas heterogéneas \rightarrow uso de t de Welch, que corrige la falta de homogeneidad.

➤ Métodos de comparación de grupos

Cuando se cumplían ambos supuestos (normalidad y varianzas homogéneas), se aplicó la t de Student para comparar medias entre los dos estados de edad de cada especie.

Si sólo se cumplía la normalidad, pero no la homogeneidad, se empleó la t de Welch.

➤ Nivel de significancia e interpretación

Todas las pruebas se realizaron con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0,05$). Un valor $p < 0,05$ se consideró indicativo de una diferencia estadísticamente significativa entre culmos jóvenes y maduros de la misma especie, mientras que $p > 0,05$ respaldó la hipótesis nula de ausencia de efecto de la edad.

➤ **Software utilizado**

El procesamiento y las pruebas estadísticas se llevaron a cabo en SPSS, garantizando la trazabilidad de los procedimientos y la reproducibilidad de los resultados.

3.6. Consideraciones éticas

Para este estudio se tomaron estas consideraciones éticas:

Confidencialidad y privacidad: Se garantizó la protección de toda la información relacionada con los participantes y datos del estudio. Los resultados y datos fueron empleados únicamente con fines científicos.

Consentimiento informado: Se obtuvo la autorización informada de los participantes y propietarios de los fundos de donde se extrajeron las muestras de bambú. Este consentimiento fue claro, voluntario, y sin coacción, asegurando que los participantes comprendan el propósito y los alcances de la investigación.

Beneficencia y no maleficencia: La investigación se desarrolló buscando incrementar los beneficios posibles y disminuir cualquier riesgo o perjuicio para los participantes y el entorno. Se tomó especial cuidado en la extracción de bambú para no dañar innecesariamente el ecosistema.

Justicia: Se garantizó la equidad en el acceso a los beneficios derivados del estudio y en la selección de los participantes y muestras, evitando cualquier forma de discriminación.

Divulgación y transparencia: Los resultados se compartieron de manera responsable, asegurando la veracidad y precisión de los datos. La divulgación se realizó considerando el impacto que pueda tener en las comunidades y sectores involucrados.

Responsabilidad ambiental: Dado que la investigación implica la extracción de recursos naturales, se tuvo en cuenta la sostenibilidad y se evitó el deterioro ambiental en las áreas de estudio.

Imparcialidad: Se mantuvo un enfoque imparcial y objetivo durante todo el proceso de investigación, evitando que los prejuicios personales influyan en los resultados y conclusiones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Se presentan los resultados de los ensayos sobre contenido de humedad, densidad aparente, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión de las especies *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*, organizados por especie, rango de edad (jóvenes vs. maduros) y sección del culmo (I = inferior, M = medio, S = superior). Los valores presentados corresponden a promedios. Las lecturas individuales se incluyen en los Anexos (Ver Anexo 4)

4.1.1. Contenido de humedad

Se determinó mediante el método de secado en horno a 103 ± 2 °C, según la norma NTC 5525. Los valores promedio obtenidos se muestran en la Tabla 5 y se complementan con gráficos de barras y de dispersión, que permiten visualizar tanto la variación por sección del culmo como la dispersión de los valores individuales según la edad.

Tabla 5

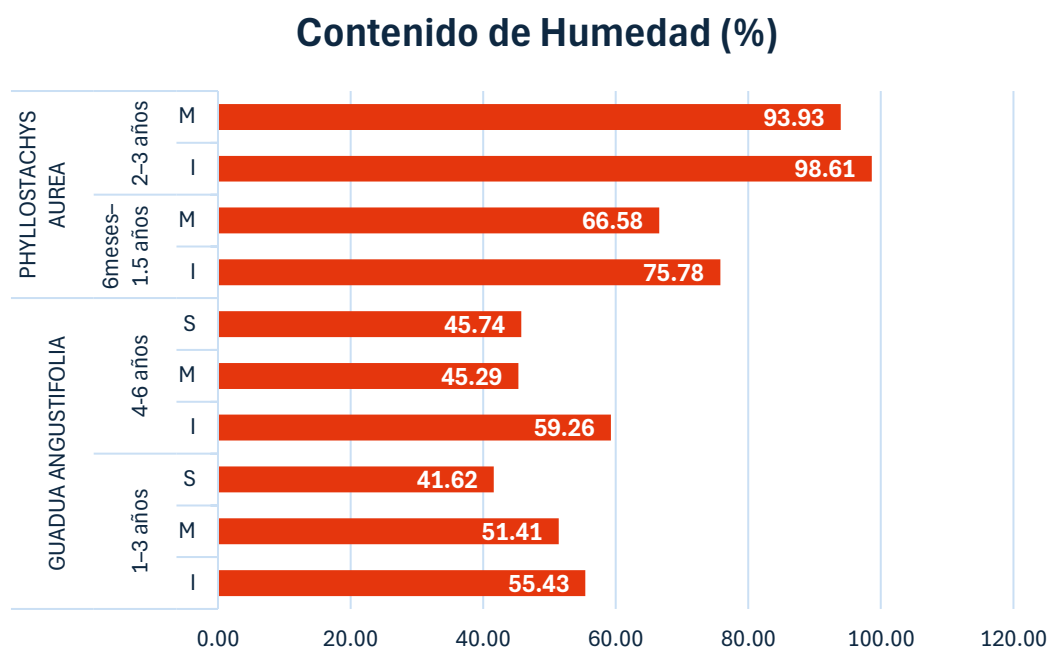
Contenido de humedad del bambú según especie, sección del culmo y rango de edad

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Especie	Edad	Sección	Media (%)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
Guadua Angustifolia	1-3 años	I	55.43	22.46	40.52
		M	51.41	20.30	39.49
		S	41.62	16.76	40.27
	4-6 años	I	59.26	26.22	44.24
		M	45.29	19.85	43.83
		S	45.74	16.34	35.72
Phyllostachys Aurea	6 meses-	I	75.78	39.19	51.72
	1.5 años	M	66.58	28.21	42.37
	2-3 años	I	98.61	18.44	18.70
		M	93.93	22.81	24.29

Phyllostachys aurea presentó valores de humedad más altos que *Guadua angustifolia* en todos los rangos de edad y secciones evaluadas. En ambas especies se observó, además, una disminución del coeficiente de variación (CV) en los culmos maduros, lo que sugiere una mayor uniformidad estructural a medida que avanza la edad.

Figura 11

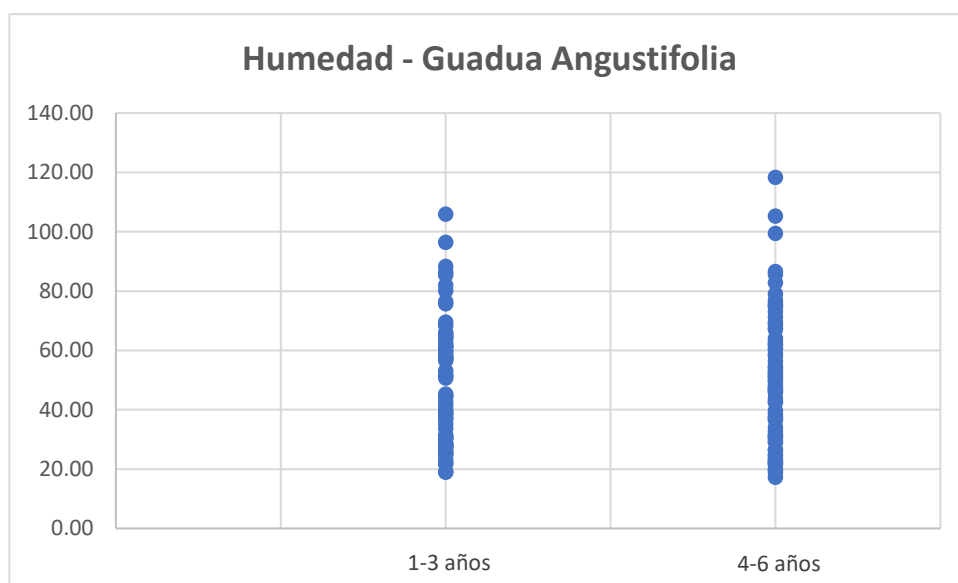
Contenido de humedad promedio del bambú según edad y sección del culmo



El gráfico evidencia que en *Guadua angustifolia* joven existe una disminución del contenido de humedad a lo largo del culmo, pasando de 55.43 % en la base a 41.62 % en la parte superior. En los culmos maduros, el valor de la base aumenta (59.26 %) y las secciones media y superior se mantienen similares, lo que muestra una distribución más uniforme. En *Phyllostachys aurea*, los valores son altos y se incrementan con la edad en todas las secciones.

Figura 12

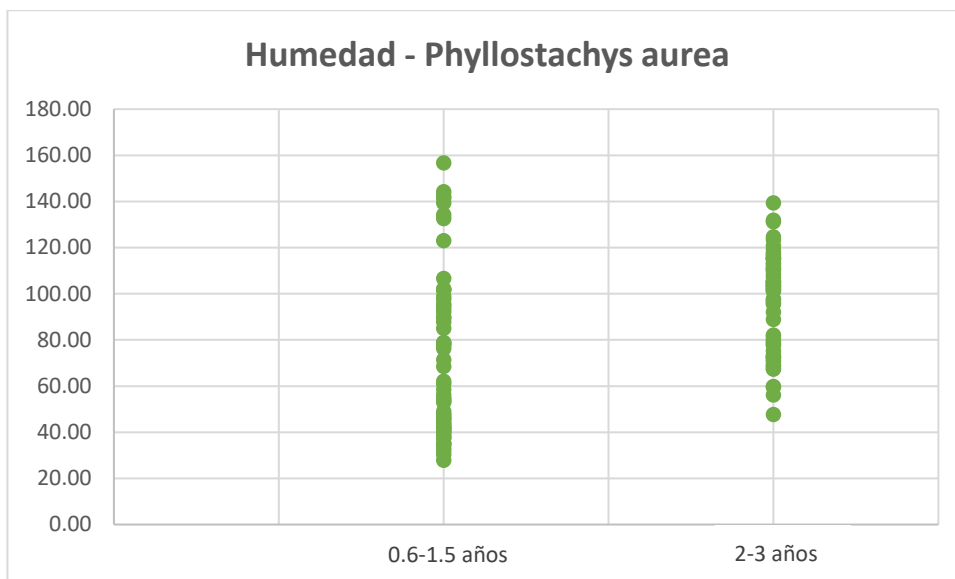
*Distribución del contenido de humedad en *Guadua angustifolia* por rango de edad*



El gráfico muestra que no hay una relación clara entre la edad del culmo y el contenido de humedad en *Guadua angustifolia*. Tanto en los culmos jóvenes (1–3 años) como en los maduros (4–6 años), los valores individuales se encuentran ampliamente dispersos, abarcando rangos similares y sin una tendencia de aumento, disminución ni agrupación definida. Esto sugiere que la edad no tiene un efecto consistente sobre esta propiedad física en la especie, y que el contenido de humedad se mantiene variable independientemente del estado de madurez.

Figura 13

Distribución del contenido de humedad en Phyllostachys aurea por rango de edad



En *Phyllostachys aurea*, los datos de los culmos jóvenes se dispersan ampliamente mientras que en los maduros se concentran en un rango más reducido. Esto sugiere que la madurez contribuye a una mayor uniformidad del contenido de humedad. Además, los valores más altos se presentan en los culmos maduros, lo que indica un posible efecto de la edad sobre esta propiedad. Esta tendencia es evaluada mediante pruebas estadísticas en el apartado 4.2.

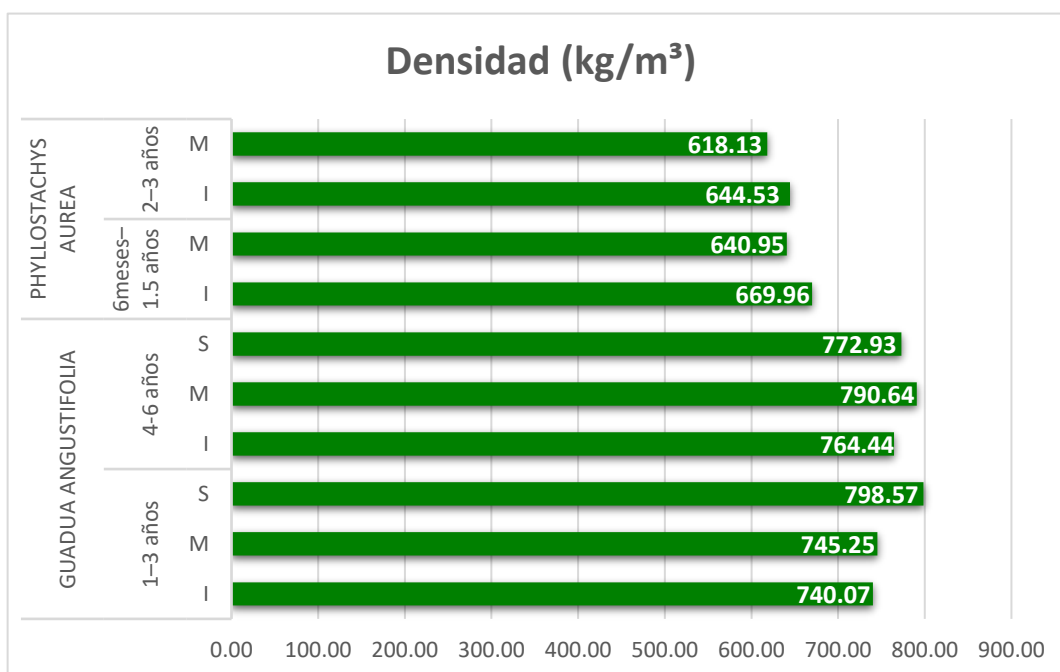
4.1.2. Densidad

Se determinó mediante el método de desplazamiento de agua en las probetas de flexión y por volumen geométrico en las de compresión, siguiendo la norma NTC 5525. Esta propiedad está directamente relacionada con el comportamiento mecánico del bambú y su capacidad de resistencia. Los valores promedio obtenidos se muestran en la Tabla 6 y se complementan con gráficos de barras y de dispersión, que permiten visualizar tanto la variación por sección del culmo como la distribución de los valores individuales según la edad.

Tabla 6*Densidad aparente del bambú según especie, sección del culmo y rango de edad*

DENSIDAD					
Especie	Edad	Sección	Media (%)	DE	CV
Guadua Angustifolia	1-3 años	I	740.07	165.77	22.40
		M	745.25	118.60	15.91
		S	798.57	122.86	15.38
	4-6 años	I	764.44	172.34	22.54
		M	790.64	150.68	19.06
		S	772.93	107.56	13.92
Phyllostachys Aurea	6 meses-	I	669.96	96.47	14.40
	1.5 años	M	640.95	114.63	17.88
	2-3 años	I	644.53	111.68	17.33
		M	618.13	73.98	11.97

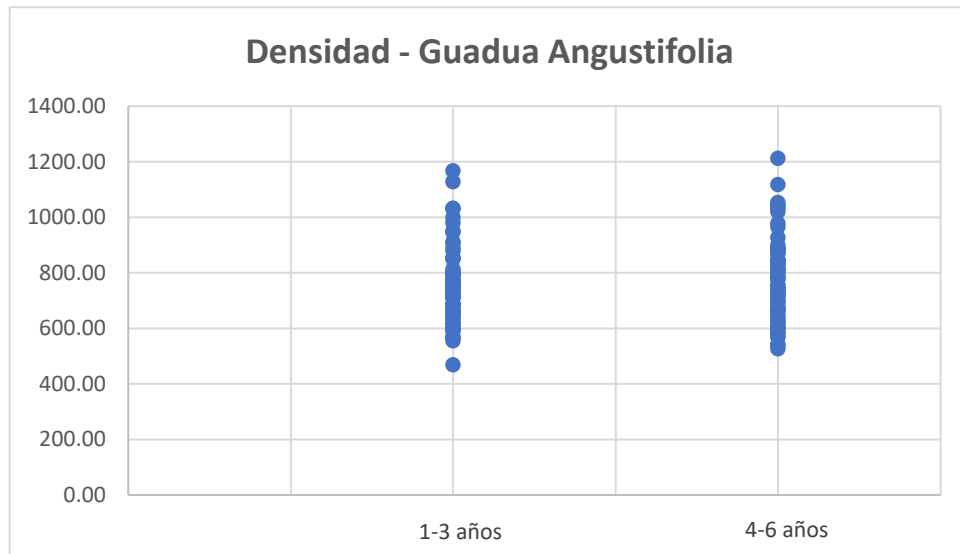
Guadua angustifolia presentó valores de densidad más altos que Phyllostachys aurea en todos los rangos de edad y secciones evaluadas. En ambas especies se observó, además, una ligera disminución del coeficiente de variación (CV) en los culmos maduros, lo que sugiere una mayor uniformidad estructural a medida que avanza la edad.

Figura 14*Densidad aparente promedio del bambú según edad y sección del culmo*

En *Guadua angustifolia*, la densidad promedio de los culmos jóvenes varía entre 740.07 kg/m³ (sección inferior) y 798.57 kg/m³ (superior), mientras que en los maduros oscila entre 764.44 kg/m³ y 790.64 kg/m³. Se observa una ligera variación entre secciones sin una tendencia uniforme con la edad. En *Phyllostachys aurea*, los valores son más bajos, con ligeras reducciones al pasar de culmos jóvenes (669.96 kg/m³ en inferior) a maduros (644.53 kg/m³), y sin un patrón claro por sección.

Figura 15

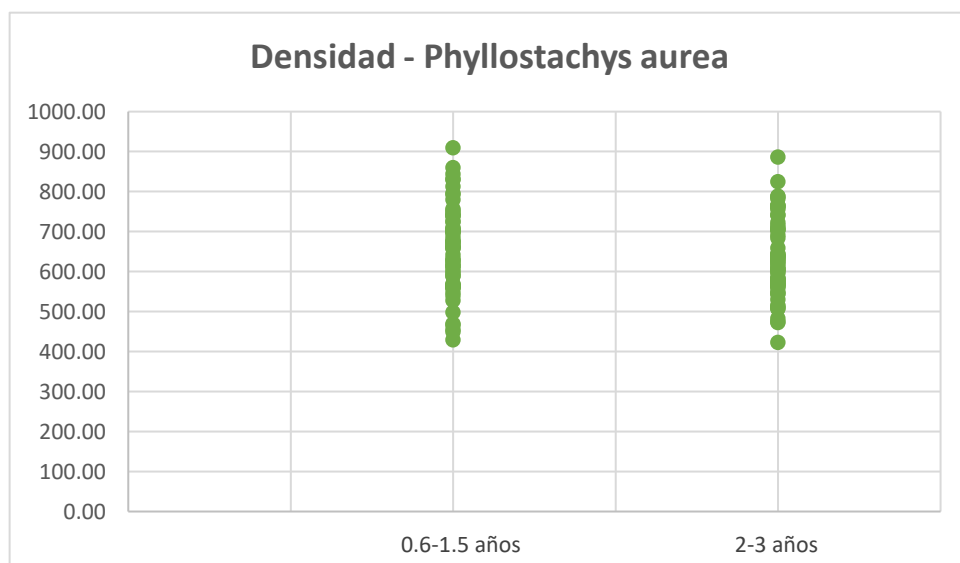
Distribución de la densidad aparente en Guadua angustifolia por rango de edad



El gráfico muestra una dispersión amplia y muy similar en ambos grupos de edad. La concentración de puntos es comparable, con valores que oscilan entre 500 kg/m³ y 1100 kg/m³ en ambos casos, sin indicios visuales claros de una variación sistemática por edad. Esta aparente estabilidad es evaluada mediante el análisis estadístico posterior.

Figura 16

Distribución de la densidad aparente en Phyllostachys aurea por rango de edad



En esta figura, los datos muestran una leve disminución en la mediana de densidad de los culmos maduros respecto a los jóvenes. Además, se observa una menor dispersión en los valores individuales del grupo maduro, lo que podría estar asociado a una mayor uniformidad estructural con el incremento de edad. Sin embargo, los rangos de los datos se mantienen relativamente próximos entre ambos grupos. Esta observación es verificada mediante análisis estadístico en el apartado 4.2.

4.1.3. Resistencia a la compresión paralela a la fibra

Se determinó aplicando carga axial creciente sobre probetas cilíndricas, de acuerdo con la norma NTC 5525. Esta propiedad permite evaluar la capacidad del bambú para soportar esfuerzos verticales sin fallar por aplastamiento. Los valores promedio obtenidos se muestran en la Tabla 7 y se complementan con gráficos de barras y de dispersión, que permiten visualizar la variación por sección del culmo y la distribución de los valores individuales según la edad.

Tabla 7

Resistencia a la compresión paralela a la fibra según especie, sección y edad del culmo

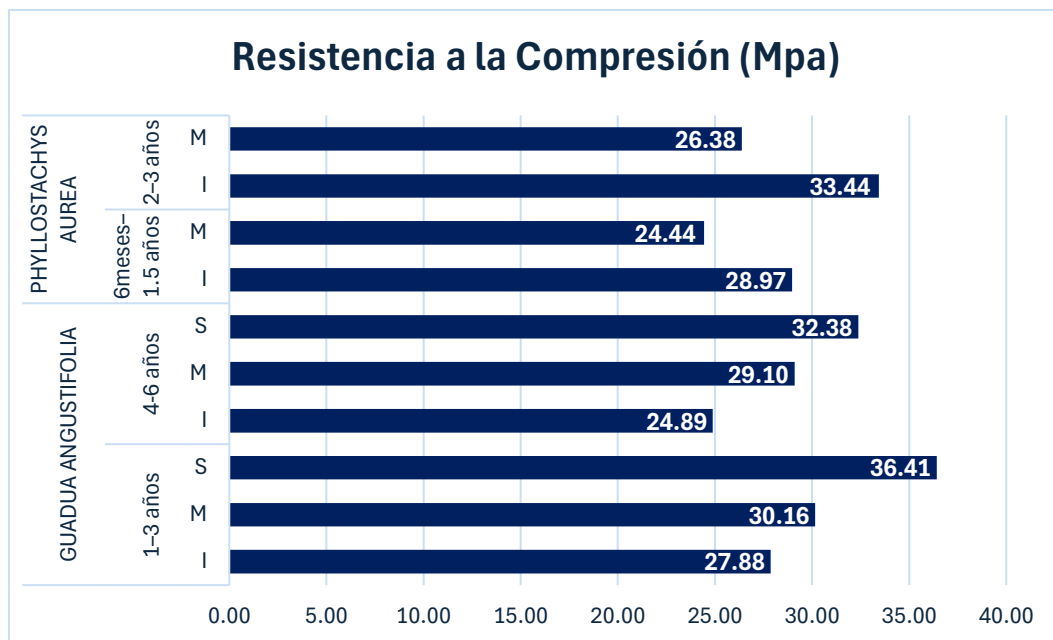
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
Especie	Edad	Sección	Media (%)	DE	CV
Guadua Angustifolia	1-3 años	I	27.88	2.17	7.78
		M	30.16	3.44	11.40
		S	36.41	2.48	6.81
	4-6 años	I	24.89	1.80	7.23
		M	29.10	3.99	13.71
		S	32.38	3.53	10.90
Phyllostachys Aurea	6 meses-	I	28.97	9.36	32.31
	1.5 años	M	24.44	12.54	51.32
		I	33.44	3.87	11.57
	2-3 años	M	26.38	7.40	28.05

En *Guadua angustifolia*, los culmos jóvenes (1-3 años) presentan mayores valores promedio de resistencia a la compresión en todas las secciones, alcanzando hasta 36.41 MPa en la parte superior. En los culmos maduros (4-6 años), los valores se reducen ligeramente, especialmente en la sección inferior. En *Phyllostachys aurea*, los valores son más variables. Los culmos jóvenes muestran una dispersión alta y valores menores en la sección media, mientras que los maduros alcanzan mayores resistencias en la base (33.44 MPa). En ambas especies, se

observan coeficientes de variación más bajos en los ejemplares maduros, aunque la magnitud de esta reducción varía. Estas diferencias son evaluadas en el apartado 4.2.

Figura 17

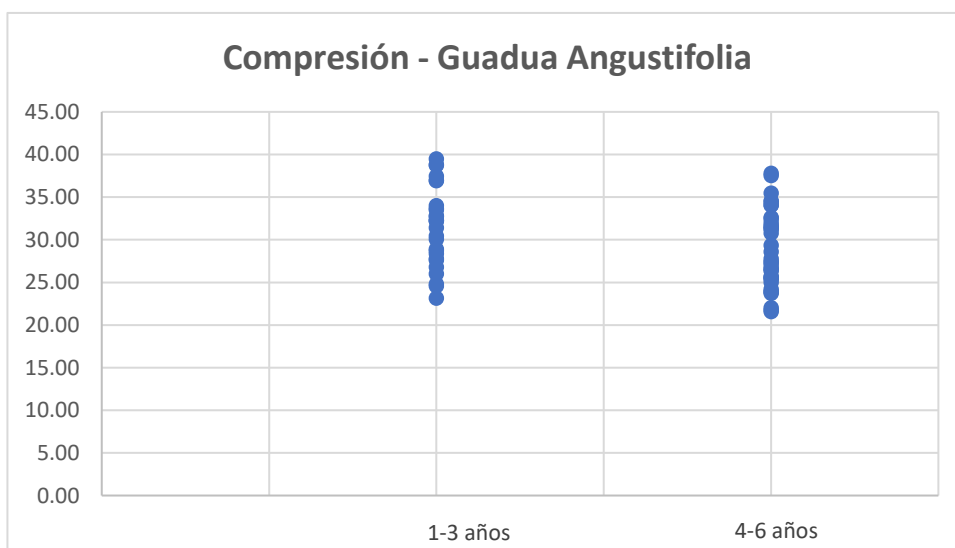
Resistencia a la compresión promedio del bambú según edad y sección del culmo



El gráfico muestra que en *Guadua angustifolia* la resistencia aumenta de la base hacia la parte superior en ambos grupos de edad, con valores mayores en los culmos jóvenes. En *Phyllostachys aurea*, los culmos maduros presentan mayores valores en la base respecto a los jóvenes, mientras que en la sección media los promedios son similares. No se identifica un patrón uniforme por especie, lo que sugiere que la edad puede influir de manera distinta en cada una.

Figura 18

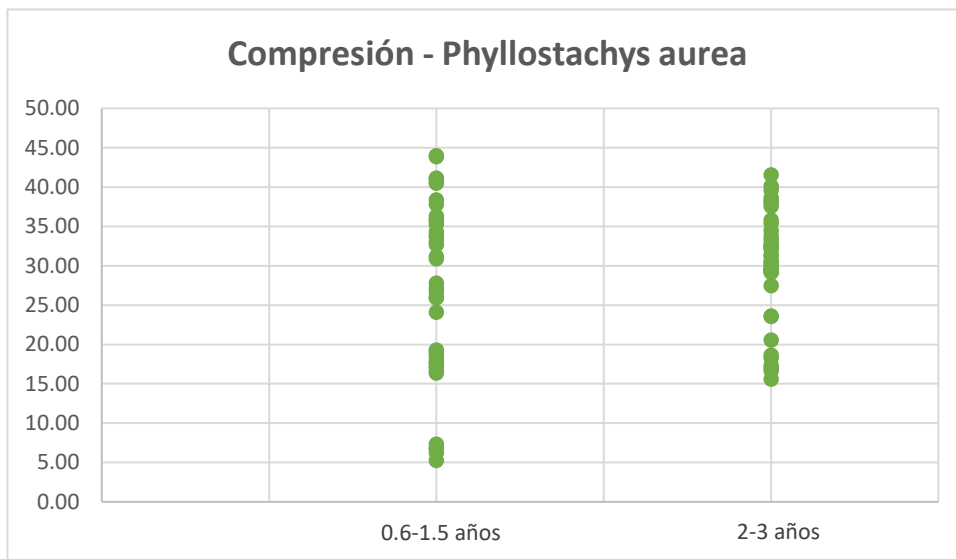
*Dispersión de la resistencia a la compresión en *Guadua angustifolia* por rango de edad*



El gráfico refleja los valores particulares de resistencia a la compresión en *Guadua angustifolia* se distribuyen entre 24 y 37 MPa en ambos rangos de edad. En los culmos jóvenes (1-3 años), los datos tienden a concentrarse ligeramente por encima de 30 MPa, mientras que en los maduros (4-6 años) la mayoría se agrupan entre 26 y 32 MPa. Si bien ambos grupos comparten un rango similar de valores, se observa una leve disminución en los registros máximos en los culmos maduros. No se aprecia una reducción clara en la dispersión, por lo que esta diferencia es evaluada en el apartado 4.2.

Figura 19

*Dispersión de la resistencia a la compresión en *Phyllostachys aurea* por rango de edad*



En *Phyllostachys aurea*, los valores de los culmos jóvenes (0.6-1.5 años) se encuentran ampliamente dispersos, con registros entre 6 y 44 MPa. En los culmos maduros (2-3 años), los datos se agrupan mayormente entre 26 y 41 MPa, mostrando una reducción en la variabilidad. Además, los valores mínimos son considerablemente más altos en los maduros. Esta diferencia en dispersión y magnitud es contrastada mediante pruebas estadísticas en la sección 4.2.

4.1.4. Resistencia a la flexión

Se evaluó mediante el ensayo de flexión a cuatro puntos, con base en la norma NTC 5525. Esta propiedad permite conocer la capacidad del bambú para soportar esfuerzos transversales, siendo esencial para su uso en elementos estructurales como vigas, marcos o cubiertas. Los datos promedio obtenidos se muestran en la Tabla 8 y se complementan con gráficos de barras y de dispersión para analizar la distribución de valores según edad.

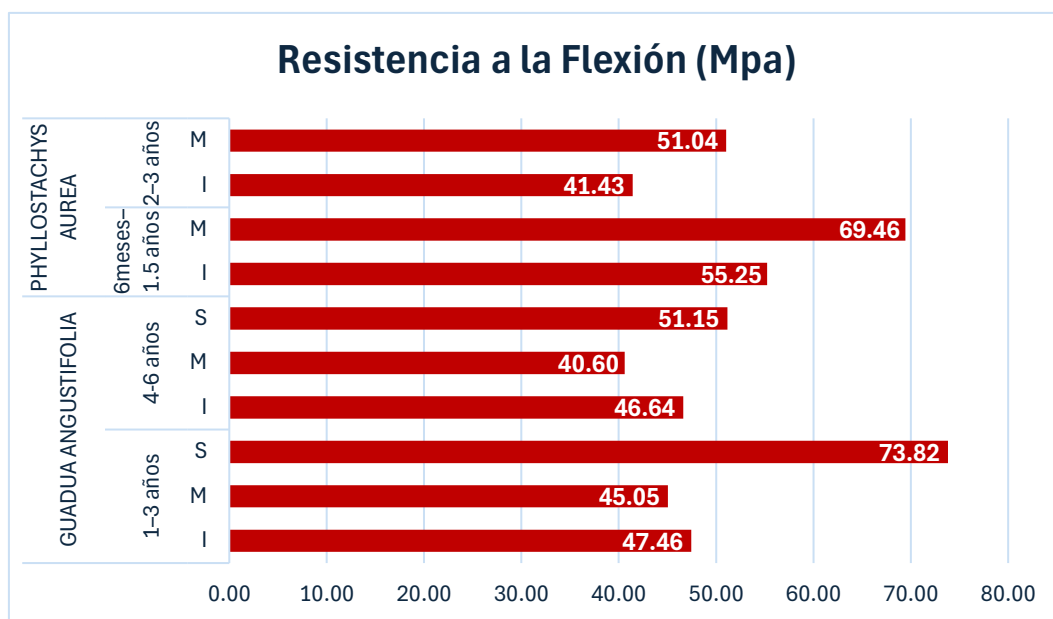
Tabla 8*Resistencia a la flexión del bambú según especie, sección y rango de edad*

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
Especie	Edad	Sección	Media (%)	DE	CV
Guadua Angustifolia	1-3 años	I	47.46	13.77	29.02
		M	45.05	21.64	48.03
		S	73.82	20.67	28.00
	4-6 años	I	46.64	7.91	16.96
		M	40.60	9.57	23.57
		S	51.15	7.51	14.68
Phyllostachys Aurea	6 meses-	I	55.25	14.20	25.70
	1.5 años	M	69.46	17.90	25.77
		I	41.43	5.86	14.14
	2-3 años	M	51.04	7.35	14.40

En *Guadua angustifolia*, los culmos jóvenes presentaron mayor resistencia a la flexión en la parte superior (73.82 MPa), en contraste con los maduros, donde el valor máximo fue de 51.15 MPa. Esta disminución con la edad se acompaña de una menor variabilidad (CV entre 14.68 % y 23.57 %), lo que sugiere una distribución estructural más uniforme. En *Phyllostachys aurea*, los valores más altos también se registraron en culmos jóvenes, especialmente en la sección media (69.46 MPa), mientras que en los maduros los promedios fueron menores, aunque más consistentes (CV cercano al 14 %).

Figura 20

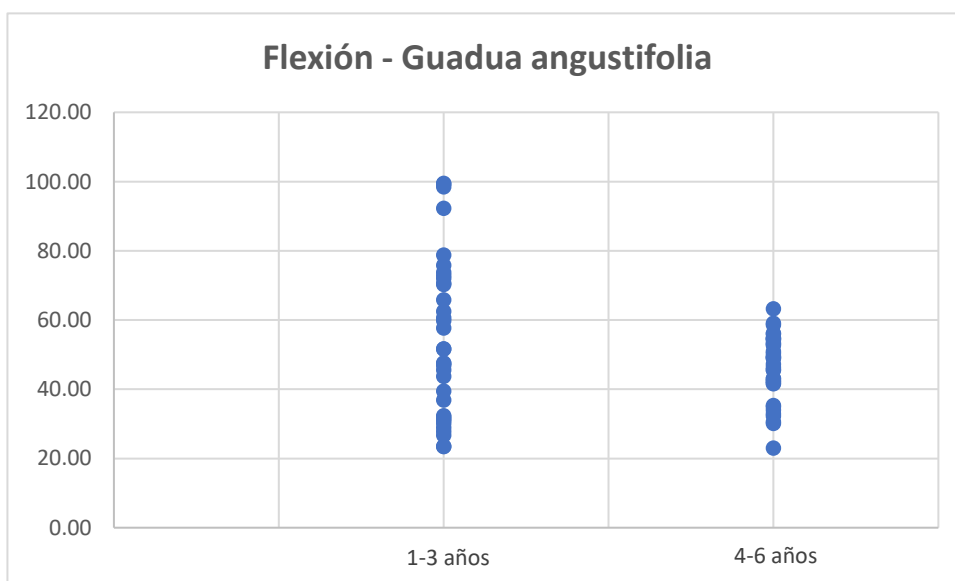
Resistencia a la flexión promedio del bambú según edad y sección del culmo



En *Guadua angustifolia*, los culmos jóvenes (1-3 años) presentan un aumento marcado de resistencia hacia la sección superior, pasando de 47.46 MPa en la base a 73.82 MPa en la parte superior. En los culmos maduros (4-6 años), la resistencia es más baja en todas las secciones y muestra menor variación entre ellas, con valores entre 40.60 MPa y 51.15 MPa. En *Phyllostachys aurea*, los culmos jóvenes muestran valores altos en ambas secciones evaluadas (55.25 MPa en inferior y 69.46 MPa en la media), mientras que los maduros presentan una reducción general en los valores promedio (41.43 MPa en inferior y 51.04 MPa en la media).

Figura 21

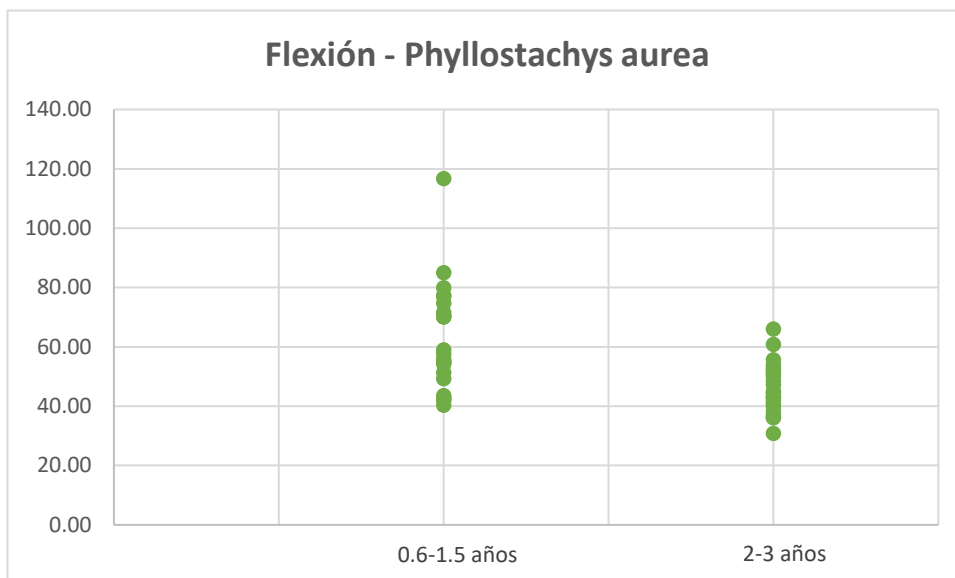
Dispersión de la resistencia a la flexión en Guadua angustifolia por rango de edad



El gráfico muestra que los culmos jóvenes (1-3 años) de *Guadua angustifolia* presentan una dispersión amplia, con valores que oscilan entre 25 y 80 MPa. En cambio, los culmos maduros (4-6 años) presentan una distribución más concentrada entre 40 y 55 MPa. Esta diferencia sugiere que, con la madurez, los valores se estabilizan en un rango más reducido, aunque no necesariamente con un aumento de resistencia. Esta variación visual es evaluada estadísticamente en la sección 4.2.

Figura 22

*Dispersión de la resistencia a la flexión en *Phyllostachys aurea* por rango de edad*



En *Phyllostachys aurea*, se observa una amplia dispersión de los datos en los culmos jóvenes (6 meses-1.5 años), con valores que se extienden desde 40 MPa hasta más de 75 MPa. En los culmos maduros (2-3 años), los valores se agrupan principalmente entre 40 y 55 MPa. La diferencia visual indica una posible reducción de la variabilidad estructural con la edad, aunque sin evidencia clara de incremento en la resistencia. Esta tendencia es contrastada estadísticamente en el apartado 4.2.

4.2. Prueba de hipótesis

Se presentan los resultados de las pruebas de hipótesis correspondientes a las variables físicas y mecánicas evaluadas en dos especies de bambú: *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*.

Para ello, se aplicaron pruebas estadísticas (prueba t de muestras independientes) con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre los valores obtenidos para bambú joven y bambú maduro en cada propiedad analizada.

Se consideró un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

4.2.1. Contenido de humedad

H₀: La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* no influye significativamente en sus propiedades físicas.

H₁: La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* influye significativamente en sus propiedades físicas.

H_{u0}=H_{u1}

Se evaluó si la edad influye en el contenido de humedad de la especie *Guadua angustifolia*. Para ello, se compararon dos grupos: culmos jóvenes (1-3 años) y maduros (4-6 años).

Tabla 9

Estadísticos descriptivos del contenido de humedad según edad - Guadua Angustifolia

Grupo de edad	N	Media (M)	Desviación estándar (DE)
1-3 años	62	49.84	21.24
4-6 años	72	50.10	22.33

Los resultados obtenidos muestran que el contenido de humedad medio fue ligeramente mayor en el grupo de culmos maduros (M = 50.10) respecto a los jóvenes (M = 49.84). Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

La prueba t de muestras independientes arrojó un valor de $t(132) = -0.070$, con un nivel de significancia de $p = 0.944$, superior al umbral de 0.05.

Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que la edad no influye significativamente en el contenido de humedad de los culmos de *Guadua Angustifolia*.

Por otra parte, se analizó si la edad influye en el contenido de humedad de la especie *Phyllostachys aurea*. Para ello, se compararon dos grupos: culmos jóvenes (0.6-1.5 años) y maduros (2-3 años).

Tabla 10

Estadísticos descriptivos del contenido de humedad según edad - Phyllostachys Aurea

Grupo de edad	N	Media (M)	Desviación estándar (DE)
0.6 – 1.5 años	63	71.11	34.64
2-3 años	64	96.27	21.03

Los resultados obtenidos muestran que el contenido de humedad promedio fue mayor en los culmos maduros ($M = 96.27$) en comparación con los culmos jóvenes ($M = 71.11$). Esta diferencia fue estadísticamente significativa.

La prueba t de muestras independientes arrojó un valor de $t(101.96) = -4.938$, con un nivel de significancia de $p < 0.001$.

Dado que el valor p es menor al nivel crítico ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que la edad sí influye significativamente en el contenido de humedad del bambú *Phyllostachys aurea*.

4.2.2. Densidad

H₀: La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* no influye significativamente en sus propiedades físicas.

H₁: La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* influye significativamente en sus propiedades físicas.

$$H_{u0} = H_{u1}$$

Se evaluó si la edad del bambú influye en la densidad de la especie *Guadua angustifolia*. Para ello, se compararon dos grupos: culmos jóvenes (1-3 años) y maduros (4-6 años), aplicando una prueba t para muestras independientes.

Tabla 11

Estadísticos descriptivos de densidad según edad – Guadua Angustifolia

Grupo de edad	N	Media (M)	Desviación estándar (DE)
1-3 años	62	758.89	141.77
4-6 años	72	776.00	147.47

La prueba de Levene para igualdad de varianzas arrojó un valor de $p = 0.519$, lo cual indica que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas. Por lo tanto, se utilizó la fila correspondiente a igualdad de varianzas asumida en la prueba t.

El análisis estadístico arrojó un valor de $t(132) = -0.682$, con un nivel de significancia de $p = 0.497$, el cual es superior al umbral establecido de $\alpha = 0.05$.

Por tanto, no se rechaza la hipótesis nula, concluyéndose que la edad no influye significativamente en la densidad del bambú *Guadua angustifolia*.

Por otra parte, se analizó si la edad influye en la densidad de la especie *Phyllostachys aurea*. Para ello, se compararon dos grupos: culmos jóvenes (0.6–1.5 años) y maduros (2-3 años), mediante una prueba t para muestras independientes.

Tabla 12

Estadísticos descriptivos de densidad según edad – Phyllostachys Aurea

Grupo de edad	N	Media (M)	Desviación estándar (DE)
0.6 – 1.5 años	63	655.23	107.93
2-3 años	64	631.33	96.40

Los resultados muestran que los culmos jóvenes presentaron, en promedio, una densidad ligeramente superior (655.23 kg/m³) respecto a los culmos maduros (631.33 kg/m³). Sin embargo, esta diferencia fue sometida a contraste estadístico para verificar su significancia.

La prueba de Levene para igualdad de varianzas no arrojó diferencias significativas ($p > 0.05$), por lo que se asumió la homogeneidad de varianzas y se utilizó la primera fila de la prueba t. El análisis arrojó un valor de $t(125) = 1.316$, con un nivel de significancia bilateral de $p = 0.190$.

Dado que el valor p es considerablemente superior al nivel de significancia convencional ($\alpha = 0.05$), no se rechaza la hipótesis nula, concluyéndose que la edad no influye significativamente en la densidad del bambú *Phyllostachys aurea*.

4.2.3. Resistencia a compresión

H₀: La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* no influye significativamente en sus propiedades de compresión.

H₁: La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* influye significativamente en sus propiedades de compresión.

$$H_{u0}=H_{u1}$$

Se evaluó si la edad del bambú influye significativamente en la resistencia a la compresión de la especie *Guadua angustifolia*. Para ello, se compararon culmos jóvenes (1-3 años) y maduros (4-6 años), aplicando una prueba t para muestras independientes.

Tabla 13*Estadísticos descriptivos de resistencia a la compresión según edad – Guadua Angustifolia*

Grupo de edad	N	Media (M)	Desviación estándar (DE)
1-3 años	27	31.48	4.62
4-6 años	36	28.79	4.52

La prueba de Levene indicó que se cumple el supuesto de igualdad de varianzas ($p = 0.827$), por lo que se utilizó la fila correspondiente en la prueba t. El análisis mostró una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos ($t(61) = 2.317, p = 0.024 < 0.05$).

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, concluyéndose que la edad si influye significativamente en la resistencia a la compresión del bambú *Guadua angustifolia*.

Por otra parte, se analizó si la edad del bambú influye significativamente en la resistencia a la compresión de la especie *Phyllostachys Aurea*. Para ello, se compararon dos grupos: culmos jóvenes (0.6-1.5 años) y maduros (2-3 años), mediante una prueba t para muestras independientes.

Tabla 14*Estadísticos descriptivos de resistencia a la compresión según edad – Phyllostachys Aurea*

Grupo de edad	N	Media (M)	Desviación estándar (DE)
0.6 – 1.5 años	40	26.70	11.44
2-3 años	40	29.91	6.97

La prueba de Levene arrojó un valor de $p = 0.000$, lo que indica que no se cumple el supuesto de igualdad de varianzas entre los grupos. En consecuencia, se aplicó la corrección de Welch en la prueba t.

El análisis resultó en un valor de $t(64.44) = -1.514$, con un nivel de significancia de $p = 0.135$, superior al umbral establecido ($\alpha = 0.05$).

Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que la edad no influye significativamente en la resistencia a la compresión del bambú *Phyllostachys aurea*.

4.2.3. Resistencia a la flexión

H0: La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* no influye significativamente en sus propiedades de flexión.

H1: La edad del bambú *Guadua Angustifolia* y *Phyllostachys Aurea* influye significativamente en sus propiedades de flexión.

H_{u0}=H_{u1}

Se evaluó si la edad del bambú influye significativamente en la resistencia a la flexión en la especie *Guadua angustifolia*. Para ello, se compararon culmos jóvenes (1-3 años) y maduros (4-6 años), aplicando una prueba t para muestras independientes.

Tabla 15

Estadísticos descriptivos de resistencia a la flexión según edad – Guadua Angustifolia

Grupo de edad	N	Media (M)	Desviación estándar (DE)
1-3 años	35	54.53	22.92
4-6 años	36	46.13	9.56

La prueba de Levene indicó que no se cumple el supuesto de igualdad de varianzas ($p = 0.000$), por lo cual se utilizó la corrección de Welch en la prueba t. El resultado fue $t(45.215) = 2.005$, con un valor de significancia de $p = 0.051$, apenas por encima del nivel crítico de $\alpha = 0.05$.

En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que la edad del bambú *Guadua angustifolia* no influye de manera significativa en su resistencia a la flexión. No obstante, el valor p ligeramente por encima del umbral convencional ($\alpha = 0.05$) sugiere una posible tendencia que podría considerarse en estudios futuros.

Por otra parte, se analizó si la edad del bambú influye significativamente en la resistencia a la flexión de la especie *Phyllostachys aurea*. Para ello, se compararon dos grupos: culmos jóvenes (0.6–1.5 años) y maduros (2-3 años), mediante una prueba t para muestras independientes.

Tabla 16

Estadísticos descriptivos de resistencia a la flexión según edad – Phyllostachys Aurea

Grupo de edad	N	Media (M)	Desviación estándar (DE)
0.6 – 1.5 años	23	62.67	18.12
2-3 años	24	46.24	8.38

La prueba de Levene arrojó un valor de $p = 0.002$, indicando que no se cumple el supuesto de igualdad de varianzas. Por ello, se aplicó la corrección de Welch en la prueba t. El resultado mostró una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos, con un valor de $t(30.708) = 3.963$ y un nivel de significancia de $p < 0.001$.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la edad sí influye en la resistencia a la flexión del bambú *Phyllostachys aurea*.

4.2.4. Interpretación de los resultados de las pruebas de hipótesis

Las pruebas de hipótesis permitieron determinar la influencia de la edad en las propiedades físicas y mecánicas del bambú en las especies *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*. Para cada variable se aplicó la prueba t para muestras independientes, considerando el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

En *Guadua angustifolia*, la edad no mostró un efecto significativo sobre el contenido de humedad ni sobre la resistencia a la flexión ($p > 0.05$). Sin embargo, sí tuvo una influencia estadísticamente significativa en la resistencia a la compresión ($p = 0.024$), con valores medios más altos en los tallos jóvenes, lo que sugiere una pérdida de estas propiedades con el avance de la madurez.

En *Phyllostachys aurea*, se presentó una diferencia estadísticamente significativa en el contenido de humedad y la resistencia a la flexión (ambos $p < 0.001$), con valores considerablemente mayores en los tallos jóvenes, lo que indica un efecto notable de la edad sobre estas propiedades.

Por lo tanto, los resultados muestran que el efecto de la edad varía según la especie y la propiedad evaluada. En *Guadua angustifolia*, la edad afecta principalmente la resistencia a la compresión, mientras que en *Phyllostachys aurea* su impacto se concentra en el contenido de humedad y la resistencia a la flexión. Estos resultados resaltan la importancia de considerar tanto la especie como el estado de desarrollo del material en función de su aplicación técnica y estructural.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Contenido de humedad

En *Guadua angustifolia*, el análisis del contenido de humedad no evidenció diferencias significativas entre los culmos jóvenes (1-3 años) y maduros (4-6 años). Los valores promedio fueron 49.84 % (DE = 21.24) para los jóvenes y 50.10 % (DE = 22.33) para los maduros, con una distribución similar entre las secciones del culmo. El resultado estadístico ($t(132) = -0.070$,

$p = 0.944$) indica que la edad no tiene una influencia significativa sobre esta propiedad bajo las condiciones evaluadas.

En cambio, *Phyllostachys aurea* sí presentó diferencias asociadas a la edad. Los culmos jóvenes (0.6-1.5 años) alcanzaron un promedio de 71.11 % (DE = 34.64), mientras que los maduros (2-3 años) registraron 96.27 % (DE = 21.03). El análisis estadístico confirmó una diferencia significativa ($t(101.96) = -4.938$, $p < 0.001$), lo que sugiere que la madurez incrementa la capacidad de retención de humedad, especialmente en la parte inferior del tallo.

En estudios previos, Benítez (2022) reportó un contenido de humedad del 85 % en la parte inferior de culmos de *Phyllostachys aurea* cultivados en Colombia. Por su parte, Sánchez et al. (2020) documentaron para *Guadua angustifolia* una amplia variación entre 19 % y 126.78 % en distintas regiones del mismo país, reflejando una elevada sensibilidad a factores ambientales y de manejo.

Este ensayo se realizó conforme a la NTC 5525, que establece el procedimiento estándar por secado en horno a 103 ± 2 °C hasta alcanzar masa constante, asegurando precisión en los valores obtenidos y permitiendo su comparación con estudios similares.

4.3.2. Densidad

En *Guadua angustifolia*, la densidad aparente promedio fue de 758.89 kg/m³ (DE = 141.77) en culmos jóvenes (1-3 años) y 776.00 kg/m³ (DE = 147.47) en maduros (4-6 años). Aunque los valores en culmos maduros fueron ligeramente superiores, el análisis estadístico ($t(132) = -0.682$, $p = 0.497$) no evidenció diferencias significativas según la edad. En ambas condiciones, la densidad se distribuyó de forma relativamente uniforme a lo largo del culmo, con una leve tendencia al incremento hacia la parte superior.

En *Phyllostachys aurea*, los culmos jóvenes (0.6-1.5 años) presentaron un promedio de 655.23 kg/m³ (DE = 107.93), mientras que los maduros (2-3 años) registraron 631.33 kg/m³ (DE = 96.40). Aunque se observó una disminución con la edad, la prueba t ($t(129) = 1.318$, $p = 0.190$) no mostró diferencias estadísticamente significativas. En ambos casos, la sección inferior del culmo concentró los mayores valores.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de rangos previamente reportados. Sánchez et al. (2020) documentaron para *Guadua angustifolia* densidades entre 531.26 kg/m³ y 620.41 kg/m³ en diferentes regiones de Colombia. Por su parte, Benítez (2022) indicó para *Phyllostachys aurea* un promedio general de 641.52 kg/m³, con valores de 617.56 kg/m³ en la base, 658.67 kg/m³ en la sección media y 648.33 kg/m³ en la superior.

Este ensayo se realizó conforme a la NTC 5525, empleando el método de masa seca sobre volumen, mediante probetas acondicionadas por secado en horno a 103 ± 2 °C hasta alcanzar masa constante, garantizando así la validez técnica de los resultados.

4.3.3. Resistencia a compresión

En *Guadua angustifolia*, los culmos jóvenes (1-3 años) presentaron una resistencia promedio a la compresión paralela a la fibra de 31.48 MPa (DE = 4.62), mientras que los maduros (4–6 años) alcanzaron 28.79 MPa (DE = 4.52). El análisis estadístico ($t(61) = 2.317$, $p = 0.024$) indicó una diferencia significativa, por lo que se concluye que la edad influye en esta propiedad, con una disminución moderada de la resistencia en culmos maduros. En ambos grupos, la sección superior del culmo presentó los valores más altos.

En *Phyllostachys aurea*, los culmos jóvenes (0.6-1.5 años) registraron una resistencia media de 26.70 MPa (DE = 11.44), mientras que los maduros (2-3 años) alcanzaron 29.91 MPa (DE = 6.97). Si bien los valores fueron mayores en los culmos maduros, la diferencia no fue significativa ($t(64.44) = -1.514$, $p = 0.135$), por lo que la edad no tuvo una influencia estadísticamente comprobable en esta especie. En ambos casos, los valores más altos se encontraron en la parte inferior del culmo.

En estudios anteriores, Lozano (2020) reportó para *Guadua angustifolia* una resistencia media de 29.5 MPa, con un rango de 28 MPa en la base hasta 34.5 MPa en la parte superior del culmo. Para *Phyllostachys aurea*, Caiza (2020) indicó valores entre 22.6 MPa y 26.3 MPa, situando los resultados de este estudio dentro de un rango similar o ligeramente superior.

Según la Norma E.100, elaborada por el MVCS (2020), el valor admisible de resistencia a compresión paralela a la fibra para el diseño de elementos estructurales en bambú es de 13 MPa. Todas las muestras evaluadas en ambas especies superaron ampliamente este valor, lo que confirma su capacidad para resistir esfuerzos de compresión axial en aplicaciones constructivas.

4.3.4. Resistencia a la flexión

En *Guadua angustifolia*, los culmos jóvenes (1-3 años) presentaron una resistencia promedio a la flexión de 54.53 MPa (DE = 22.92), mientras que los maduros (4-6 años) alcanzaron 46.13 MPa (DE = 9.56). El análisis estadístico ($t(35.37) = 2.005$, $p = 0.051$) no evidenció una diferencia significativa, por lo que se concluye que la edad no influye de manera significativa en esta propiedad. En ambos grupos, los valores más altos se registraron en la sección superior del culmo.

En *Phyllostachys aurea*, los culmos jóvenes (0.6-1.5 años) registraron una resistencia media de 62.67 MPa (DE = 18.12), mientras que los maduros (2-3 años) alcanzaron 46.24 MPa (DE = 8.38). El resultado del análisis estadístico ($t(30.71) = 3.963$, $p < 0.001$) indicó una diferencia significativa, por lo que se concluye que la edad influye en esta propiedad, con una reducción considerable de la resistencia en culmos maduros. En ambos grupos, la sección media del culmo presentó los valores más altos.

En estudios anteriores, Sánchez et al. (2020) reportaron para *Guadua angustifolia* valores de resistencia a la flexión en la sección media entre 38.88 MPa (Tolima) y 72.82 MPa (Cundinamarca), en un rango comparable al de los culmos jóvenes evaluados. Para *Phyllostachys aurea*, Caiza (2020) informó resistencias de 50.08 MPa, 53.88 MPa y 55.69 MPa, con un promedio de 53.22 MPa, lo cual guarda correspondencia con los valores de los culmos jóvenes del presente estudio.

Según la Norma E.100, el esfuerzo admisible para flexión en elementos de bambú estructural es de 5 MPa. Todas las muestras evaluadas superaron ampliamente este valor, lo que respalda su uso en componentes sometidos a esfuerzos flexionales en estructuras ligeras.

Los ensayos realizados evidencian que la edad influye en el comportamiento estructural del bambú. En *Guadua angustifolia*, la humedad y la densidad no varían significativamente con la edad, pero se registra una disminución moderada en la resistencia a compresión y flexión en culmos maduros. En *Phyllostachys aurea*, la edad afecta principalmente el contenido de humedad y la resistencia a flexión, con mejor desempeño en culmos jóvenes. En ambos casos, todos los valores superaron los esfuerzos admisibles establecidos por la Norma E.100, lo que confirma su viabilidad para estructuras ligeras.

Los resultados obtenidos en esta investigación no solo respaldan la viabilidad estructural del bambú, sino que también refuerzan su valor como material aplicable a la construcción sostenible. La identificación de edades óptimas de corte permite maximizar el rendimiento mecánico del bambú sin recurrir a procesos industriales de alta demanda energética, lo que contribuye a la reducción de la huella de carbono. El control del contenido de humedad y la implementación de tratamientos preservantes prolongan la vida útil del material y disminuyen la necesidad de mantenimiento, aspectos determinantes para la eficiencia del ciclo de vida de las edificaciones. Al emplear un recurso natural, renovable y disponible localmente como *Guadua angustifolia* o *Phyllostachys aurea*, bajo criterios técnicos definidos, se promueve el desarrollo de soluciones constructivas más responsables, accesibles y con menor impacto ambiental.

CONCLUSIONES

1. La edad del bambú influye de forma específica según la especie y la propiedad evaluada. En *Guadua angustifolia*, la resistencia a la compresión se redujo conforme aumentó la edad de los culmos. En *Phyllostachys aurea*, la edad afectó principalmente al contenido de humedad y a la resistencia a la flexión. Estos resultados confirman que la influencia de la edad varía según la especie y la propiedad considerada, por lo que no puede establecerse un efecto generalizado.
2. Las propiedades físicas presentaron comportamientos diferenciados entre especies. En *Guadua angustifolia*, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad ni en la densidad aparente entre los grupos de edad evaluados. En cambio, *Phyllostachys aurea* mostró un aumento en el contenido de humedad de 75.78 % en culmos jóvenes a 98.61 % en maduros, sin variaciones en la densidad aparente.
3. La resistencia a la compresión presentó diferencias en función de la edad en *Guadua angustifolia*, donde los culmos jóvenes alcanzaron valores superiores (31.48 MPa) a los maduros (28.79 MPa), con una diferencia significativa. En *Phyllostachys aurea*, los valores fueron similares entre grupos de edad, con 24.19 MPa en culmos jóvenes y 23.94 MPa en maduros, sin diferencias estadísticamente significativas. Esto evidencia un comportamiento estable frente a cargas axiales en esta especie.
4. La resistencia a la flexión disminuyó con la edad en *Phyllostachys aurea*, pasando de 62.67 MPa en culmos jóvenes a 46.24 MPa en maduros. En *Guadua angustifolia*, los culmos maduros registraron un valor promedio menor (35.89 MPa) frente a los jóvenes (41.14 MPa), aunque sin diferencia estadística significativa. Esto demuestra que la resistencia a la flexión es una propiedad que puede verse afectada por la edad en función de la especie.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seleccionar culmos de *Guadua angustifolia* con una edad cercana a los 3 años para aplicaciones estructurales que requieran buena resistencia a la compresión, como columnas y vigas principales. En el caso de *Phyllostachys aurea*, es preferible emplear culmos entre 1.5 y 2 años, ya que en ese rango se obtienen mejores resultados en resistencia a la flexión y un menor contenido de humedad, siendo adecuados para elementos secundarios.
2. Para garantizar la estabilidad dimensional y prevenir daños por agentes biológicos, se recomienda controlar el contenido de humedad de los culmos antes de su uso estructural, especialmente en *Phyllostachys aurea*, donde se detectaron valores superiores al 90 % en culmos maduros. Se sugiere reducir este contenido hasta un máximo del 12 % mediante secado natural o controlado, aplicable también en *Guadua angustifolia* para mantener condiciones óptimas de desempeño.
3. Dado que la resistencia a la compresión en *Guadua angustifolia* presentó variación con la edad, se recomienda mantener criterios estrictos de uniformidad en las dimensiones de los culmos utilizados tanto en ensayos como en aplicaciones constructivas. Para futuras investigaciones, se sugiere realizar ensayos estructurales a escala real que permitan validar el comportamiento observado en laboratorio y establecer factores de diseño más representativos.
4. Considerando que la resistencia a la flexión disminuyó con la edad en *Phyllostachys aurea*, se recomienda el uso de tratamientos preservantes que no alteren las propiedades mecánicas del material, especialmente en ambientes expuestos a humedad. Además, se sugiere que futuras investigaciones evalúen el comportamiento del bambú frente a condiciones de intemperismo prolongado, con el objetivo de analizar su durabilidad y desempeño estructural a largo plazo.
5. Los resultados obtenidos brindan evidencia técnica para actualizar la Norma E.100, demostrando que la edad del culmo influye significativamente en la resistencia del bambú. Esta información permite incorporar la edad de cosecha como criterio de clasificación estructural y ajustar los valores de diseño y factores de seguridad de acuerdo con el comportamiento real de *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*.

REFERENCIAS

- Adier, M., Sevilla, M., Valerio, D., y Ongpeng, J. (2023). Bamboo as Sustainable Building Materials: A Systematic Review of Properties, Treatment Methods, and Standards. *Buildings*, 13(2449), 1–38. <https://doi.org/10.3390/buildings13102449>
- Aguilar, P. (2019). *Análisis del comportamiento estructural del bambú del Tipo Guadúa Angustifolia como material de construcción en sustitución del hormigón armado* [Tesis, de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17760/1/UPS-ST004332.pdf>
- Aldama, Z. (2019). El bambú no es solo comida para osos panda. *Diario El País*. https://elpais.com/elpais/2019/09/11/planeta_futuro/1568199403_231153.html
- Barnet, Y. (2020). Logros y desafíos de la construcción con Bambú en el Perú. *BAMBUCYT: Bambú para la Ciencia, Innovación y Tecnología*, 3, 23–30.
- Benítez, D. (2022). *Estudio de los esfuerzos admisibles de compresión y corte paralelos a las fibras del bambú Phyllostachys aurea proveniente del municipio de Pacho Cundinamarca* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital. <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/9247ffab-3df6-4322-8dd9-93950e9fa8b2/content>
- Caiza, N. (2020). *Phyllostachys aurea en estructuras ligeras. Estudio de caso: cubierta de flexión inactiva para espacio público urbano* [Tesis de pregrado, Universidad Central de Ecuador]. Archivo digital. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/525fc01b-36cf-4f52-a789-83d9263cba85>
- Castro, J., Gómez, L., y Camargo, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140–174. <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Cervantes, R., Echavaudis, Y., Pajuelo, J., Sutta, C., y Torres, D. (2021). *El Bambú , el Acero Vegetal . Tipos , Características Físicas, Mecánicas y sus Ventajas en el Diseño y Construcción de Viviendas Sostenibles en el Perú y en el Mundo. Norma E100 RNE. Procesos y Costos de Construcción el Perú* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital. <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b272c289-8bb5-4cfc-88ee-2892521846c1/content>

- Césare, M., Hilario, F., Callupe, N., Cruz, L., Calle, J., y Gonzales, H. (2019). Caracterización Química y Física del Bambú. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 10(4). <https://www.executivebs.org/publishing.cl/aci/2019/Vol10/Nro4/1-ACI1336-19-full.pdf>
- Coronel, C. (2023). Los Objetivos de la Investigación. *Arch Méd Camagüey*, 1–11. <https://doi.org/10.2307/jj.8500868.5>
- Correal, J., y Arbeláez, J. (2010). Influence of age and height position on colombian Guadua angustifolia bambo mechanical properties. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 12(2), 105–113. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2010000200005>
- De la Lama, P., De la Lama, M., y De la Lama, A. (2021). Los instrumentos de la investigación científica. Hacia una plataforma teórica que clarifique y gratifique. *Horizonte de La Ciencia*, 12(22), 189–202. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2022.22.1078>
- Echezuría, H. (2018). El Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo. *Rev. Tekhné*, 21(2), 52–67. <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/3673>
- Enshassi, A., Ghoul, H. Al, y AlKilani, S. (2018). Exploring sustainable factors during construction projects' life cycle. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(1), 51–68.
- Fernández, A. (2022). *Estudio del bambú y su uso en la construcción. Caracterización mecánica*. [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/10481/75423>
- Fiad, S., Lema, E., Quevedo, A., y Falaguerra, T. (2022). *Química General I*.
- Flores, J. (2020). *Características Físico Mecánicas del Bambú Guadua como material estructural alternativo para la construcción en el Valle del Alto Mayo* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Archivo digital. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77387/Flores_TJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gauss, C., Savastano, H., y Harries, K. A. (2019). Use of ISO 22157 mechanical test methods and the characterisation of Brazilian P. edulis bamboo. *Construction and Building Materials*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116728>
- Gómez, H., Rodríguez, S., y Ramal, R. (2020). El Bambú: Una Solución Ecológica Sustentable como Material de Construcción. *Tzhoecoen*, 12(2), 253–262. <https://doi.org/10.26495/tzh.v12i2.1264>

- Gutierrez, M., y Takeuchi, C. (2014). Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú *Guadua Angustifolia* Kunth. *Scientia et Technica*, 19(3), 245–250. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4847445>
- Han, G., Li, R., y Wang, C. (2021). Effects of Three-layer Structure and Age on Mechanical Properties of Moso Bamboo. *BioResources*, 16(2), 2406–2415. <https://doi.org/10.15376/biores.16.2.2406-2415>
- Hartono, R., Iswanto, A. H., Priadi, T., Herawati, E., Farizky, F., Sutiawan, J., y Sumardi, I. (2022). Physical, Chemical, and Mechanical Properties of Six Bamboo from Sumatera Island Indonesia and Its Potential Applications for Composite Materials. *Polymers*, 14(4868), 1–15. <https://doi.org/10.3390/polym14224868>
- Hernández, S., Ávalos, A., Zamudio, F., Orozco, G., y Borja, A. (2021). Colorimetría de los tallos del bambú (*Guadua angustifolia*) en tres estados de madurez. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 23(8), 1–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2021000100408>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2007a). *Norma Técnica Colombiana NTC 5525: Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth*.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2007b). NTC 5525 - Método de Ensayo para determinar las Propiedades Físicas y Mecánicas de la *Guadua Angustifolia* Kunth. *Icontec*.
- International Organization for Standardization [ISO] 22157. (2019). *Bamboo structures - Determination of physical and mechanical properties of bamboo culms - Test methods*.
- León, L., y Rodríguez, C. (2022). Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. Estado del arte. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 16(3). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193972950003%0APDF>
- Londoño, X. (2021). Diversidad de Bambúes En los departamentos de Junín , Pasco y San Martín - Perú: Guía Técnica. *Organización Internacional Del Bambú y Ratán (INBAR)*, 1–52. <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2022/03/Guia-Especies-de-Bambu-Amazonia-Peru.pdf>
- López, D., y Rojas, A. (2018). Factores que influyen las propiedades mecánicas, físicas y térmicas de materiales compuestos madero plásticos. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(23), 93–102. <https://doi.org/10.31908/19098367.3708>

- Lozano, J. (2020). *Determinación de los esfuerzos últimos de la Guadua Angustifolia en la región andina de Colombia correlacionada con variables de clima* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]. Archivo digital. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/165379>
- Macuri, J., y Torres, E. (2023). *Flexibilidad Constructiva del Bambú en Espacios Culturales Sostenibles en San Ramón-Chanchamayo. Aplicación: Centro Cultural-San Ramón* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Centro Del Peru]. Archivo digital. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10148/T010_76411592_T%20-%20T010_71561046_T.pdf?sequence=10&isAllowed=y
- Maya, E. (2014). *Métodos y Técnicas de investigación. Universidad Nacional Autónoma de México*. https://librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2418/metodos_y_tecnicas.pdf?sequence=3
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2020). Norma Técnica E.100 Bambú. *Sencico*.
- Miranda, L., Neira, E., Torres, R., y Valdivia, R. (2018). Construcción sostenible en el Perú. *Economía Y Sociedad*, 1(95), 38–47. https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2018/12/la_construccion_sostenible_en_el_peru.pdf
- Molina, A. (2020). *Efectos del Intemperismo sobre las propiedades físico-mecánicas del Tallo de Bambú Guadua angustifolia Kunth proveniente de Cajamarca, Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Archivo digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/95d92f29-ce60-4248-bf09-695d11ac8e60/content>
- Muciño, A., López, H., Guillén, C., Alonso, E., y Llaven, H. (2022). Effect of culm height and presence of nodes on the mechanical properties of the bamboo *Otatea fimbriata* sondesrt, species native to southern Mexico. *Informes de La Construccion*, 74(565). <https://doi.org/10.3989/ic.81403>
- Murrell, M., Montero, E., Campos, S., Bermúdez, L., y Vetrani, K. (2023). Calibración de equipos de laboratorio en entornos universitarios: estrechando la brecha en materia de gestión metrológica. *Revista Tecnología En Marcha*, 36(3), 24–33. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i3.6316>
- Murugan, S. (2020). *Mechanical Properties of Materials: Definition, Testing and Application*.

International Journal of Modern Studies in Mechanical Engineering (IJMSME), 6(2), 28–38. <https://doi.org/10.20431/2454-9711.0602003>

Organización Internacional del Bambú y el Ratán [INBAR]. (2019). *¿Por qué bambú y ratán?* <https://www.inbar.int/es/faqs/>

Pérez, D., Castro, J., Flores, J., Mendoza, J., Michua, A., y Aparicio, M. (2021). Evaluación y comparación de resistencia a la tracción y flexión de Quiote del Maguey Manso (Agave Salmiana) contra bambú Guadua. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 22(3), 1–6. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.3.019>

Raviolo, A. (2023). Densidad: un concepto para razonar. *Novedades Educativas*, 1(386), 26–29. [https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/10198/3/Densidad Novedades Educativas 2023 Andrés Raviolo.pdf](https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/10198/3/Densidad%20Novedades%20Educativas%202023%20Andr%C3%A9s%20Raviolo.pdf)

Raviolo, A., Carabelli, P., y Ekkert, T. (2022). Aprendizaje del concepto de densidad: la comprensión de las relaciones entre las variables. *Am. J. Phys. Educ.*, 16(2). <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/9270>

Rodríguez, J., Abanto, C., Flores, M., Rodríguez, K., Del Castillo, D., Guerra, W., García, D., Guerra, H., y Revilla, J. (2023). Propiedades físicas y mecánicas de Guadua lynnclarkiae, Guadua weberbaueri y Guadua superba en Ucayali, Perú. *Ciencia Florestal*, 33(1), 1–23. <https://doi.org/10.5902/1980509868029>

Rodríguez, R. (2018). Caracterización de las Propiedades Mecánicas del Bambú (Bambusa Vulgaris). *Polytechnic University of Puerto Rico*. <http://hdl.handle.net/20.500.12475/352>

Sánchez, L., Guerra, A., y Lozano, J. (2020). Comparación de las propiedades físico-mecánicas del bambú Guadua angustifolia Kunth de diferentes municipios de Colombia. *Revista Ciencia*, 22(1), 34–56. <http://dx.doi.org/10.24133/ciencia.v22i1.1289>

Sánchez, M., Espuna, J., y Roux, R. (2016). El bambú como elemento estructural: la especie Guadua Amplexifolia. *Nova Scientia*, 8(2), 657–677. <https://doi.org/10.21640/ns.v8i17.451>

Schubnell, M., De Caro, C., y Kunz, R. (2020). Moisture content, water content, loss on drying, Part 1: What exactly is meant and how are these quantities determined? *METTLER TOLEDO*, 51. https://www.researchgate.net/publication/342420649_Moisture_content_water_content_loss_on_drying_-

- Siddique, R., y Mehta, A. (2014). Effect of carbon nanotubes on properties of cement mortars. *Construction and Building Materials*, 50, 116–129. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.915-916.768>
- Torres, B., Segarra, M., y Bragança, L. (2019). El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica - Claves Para El Desarrollo*, 5(1), 389–400. <https://doi.org/10.30972/eitt.503787>
- Trento, C. (2025). *Flexión Resistencia en materiales avanzados*. <https://www.samaterials.es/content/flexural-strength-in-advanced-materials.html>
- Varela, J., Fernández, L., Oliva, J., y Gómez, W. (2022). Propiedades Mecánicas del Bambú *Dendrocalamus Strictus* del Sureste de México. *Ingeniería*, 26(2), 1–14.
- Villa, Y. (2018). *Estudio del estado actual del uso del bambú como un material sostenible en la construcción* [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Catalunya]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/2117/130791>
- Villasís, M., Márquez, H., Zurita, J., Miranda, G., y Escamilla, A. (2018). El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones. *Revista Alergia Mexico*, 65(4), 414–421. <https://doi.org/10.29262/ram.v65i4.560>
- Zhang, K., Yu, L., Dai, F., Chen, Y., Jiang, Z., Wang, Y., y Tian, G. (2024). Bamboo Structure and Its Impact on Mechanical Properties: A Case Study of *Bambusa arundinaceae*. *Forests*, 15(762), 1–13. <https://doi.org/10.3390/f15050762>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

TITULO	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
“Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2024”	¿Cuál es la influencia de la edad del bambú en sus propiedades físicas y mecánicas?	Evaluar la influencia de la edad del bambú en sus propiedades físicas y mecánicas.	La edad del bambú influye significativamente en sus propiedades físicas y mecánicas.	VI. Edad del Bambú	Edad cronológica de Guadua Angustifolia	1–3 años 4–6 años	<p>NIVEL: Explicativo TIPO : Aplicada DISEÑO: Experimental POBLACIÓN: 16 culmos de bambú (8 Guadua angustifolia y 8 Phyllostachys aurea) recolectados en Chanchamayo. MUESTRA: 8 culmos por especie, en dos rangos de edad, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. TÉCNICAS: Ensayos físicos, de flexión y compresión en laboratorio. Aplicación de estándares técnicos como NTC 5525 (Colombia), ISO 22157 (Internacional) y E.100 Bambú (Perú). INSTRUMENTOS: Ficha Recolección de Datos - Laboratorio PROCEDIMIENTO: Selección y rotulación de culmos en campo; preparación de probetas; medición de parámetros físicos; ensayos mecánicos; registro y análisis estadístico de los resultados.</p>
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS		Edad cronológica de Phyllostachys Aurea	0.6–1.5 años 2–3 años	
	PE1 - ¿Cuál es la influencia de la edad del bambú Guadua angustifolia y Phyllostachys Aurea en sus propiedades físicas?	OE1 - Determinar la influencia de la edad del bambú Guadua Angustifolia y Phyllostachys Aurea en sus propiedades físicas.	HE1 - La edad del bambú Guadua Angustifolia y Phyllostachys Aurea influye significativamente en sus propiedades físicas.	VD. Propiedades Físicas y Mecánicas	Condición inicial	Contenido de Humedad (%) Densidad (kg/m ³)	
	PE2 - ¿Cuál es la influencia de la edad del bambú Guadua angustifolia y Phyllostachys Aurea en su resistencia a la compresión?	OE2 - Analizar la influencia de la edad del bambú Guadua Angustifolia y Phyllostachys Aurea en su resistencia a la compresión.	HE2 - La edad del bambú Guadua Angustifolia y Phyllostachys Aurea influye significativamente en su resistencia a la compresión.		Resistencia a la Compresión	Carga de rotura (Mpa)	
PE3 - ¿Cuál es la influencia de la edad del bambú Guadua angustifolia y Phyllostachys Aurea en su resistencia a la flexión?	OE3 - Evaluar la influencia de la edad del bambú Guadua Angustifolia y Phyllostachys Aurea en su resistencia a la flexión.	HE3 - La edad del bambú Guadua Angustifolia y Phyllostachys Aurea influye significativamente en su resistencia a la flexión.		Resistencia a la Flexión	Carga de rotura (Mpa)		

Anexo 2: Operacionalización de Variables

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Edad del Bambú	Es una característica biológica que indica el tiempo de desarrollo de la caña, desde que emerge hasta su corte o recolección. Es un factor importante porque influye en su resistencia, ya que las cañas alcanzan su mayor capacidad estructural entre los dos y tres años (Correal y Arbeláez, 2010).	La edad del bambú se medirá como el número de años o meses transcurridos desde la emergencia del culmo hasta la fecha de recolección, obtenida mediante registro de campo.	Edad Cronológica de Guadua Angustifolia	1-3 años 4-6 años	razón
			Edad Cronológica de Phyllostachys Aurea	0.6-1.5 años 2-3 años	razón
Propiedades Físicas y Mecánicas	Son el conjunto de características que determinan su comportamiento como material estructural. Las propiedades físicas, como la densidad y el contenido de humedad, influyen directamente en su respuesta mecánica ante esfuerzos de compresión, tracción o flexión. Estas propiedades varían entre especies y estados de conservación del bambú (Hartono, 2022).	Las propiedades físicas y mecánicas del bambú se medirán mediante ensayos de laboratorio conforme a la norma NTC 5525. Se evaluarán el contenido de humedad, la densidad, y la resistencia a la compresión y a la flexión mediante pruebas de carga controlada.	Condición inicial	Contenido de humedad (%) Densidad (kg/m ³)	razón
			Resistencia a la Compresión	Carga de rotura (Mpa)	razón
			Resistencia a la Flexión	Carga de rotura (Mpa)	razón

Anexo 3: Instrumento de recolección de datos validado por expertos

CUESTIONARIO DE VALIDACIÓN
TESIS: "INFLUENCIA DE LA EDAD DEL BAMBÚ EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, CHANCHAMAYO, 2024"

Objetivo: Evaluar la idoneidad y la adecuación de la ficha de registro de datos para las propiedades físicas y mecánicas del bambú.

Instrucciones: A continuación, encontrará una serie de afirmaciones relacionadas con la ficha de registro de datos. Evalúe cada afirmación en una escala del 1 al 5 (Deficiente – Muy bueno).

1. DATOS GENERALES

Apellido y Nombre del Experto:	ORTIZ LLANTO DENNYS
Actividad Laboral/Cargo:	INGENIERO CIVIL
Autor del Instrumento:	SINCHE VILLAZAN ALIONKA FIORELLA

2. VALIDACIÓN

ÍTEM	Deficiente 1	Malo 2	Regular 3	Bueno 4	Muy bueno 5
Identificación de la Especie					
La ficha permite identificar de forma clara la especie de bambú (Guadua angustifolia / Phyllostachys aurea).					X
Edad de las Muestras					
Se incluye un campo con rangos definidos por especie, permitiendo clasificar la edad de la caña.					X
Propiedades Físicas					
La ficha contiene campos definidos para registrar masa húmeda, masa seca, volumen, contenido de humedad (%) y densidad (kg/m ³).					X
Propiedades Mecánicas					
Contiene campos adecuados para registrar variables del ensayo de compresión y flexión, como dimensiones, carga y esfuerzo.					X
Método de Ensayo					
Se especifican las normas técnicas aplicadas (NTC 5525, ISO 22157), garantizando estandarización en los procedimientos.					X
Unidades de Medida					
Todas las unidades están correctamente especificadas en cada campo, según estándares de ingeniería civil.					X
Revisión Técnica					

Se incluye un campo para firma, nombre y fecha del responsable técnico o especialista del laboratorio.				X	
Claridad					
La ficha presenta un diseño claro, sin ambigüedades, facilitando su uso por parte del personal técnico.					X
Accesibilidad					
La estructura y contenido de la ficha son adecuados para estudios de propiedades del bambú en construcción sostenible.					X
Trazabilidad					
La ficha contiene el código/ID de la muestra para identificarla en todas las etapas.					X
CONTEO TOTAL				1	9
	A	B	C	D	E

COEFICIENTE DE VALIDEZ: $1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E$

$$49/50 = 0.98$$

3. CALIFICACIÓN

CATEGORÍA	INTERVALO	PUNTAJE
DESAPROBADO	[0.00-0.60]	
OBSERVADO	<0.60-0.70]	
APROBADO	<0.70-1.00]	"APROBADO"

Sugerencias:


FIRMA DEL EXPERTO

CUESTIONARIO DE VALIDACIÓN
TESIS: "INFLUENCIA DE LA EDAD DEL BAMBÚ EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, CHANCHAMAYO, 2024"

Objetivo: Evaluar la idoneidad y la adecuación de la ficha de registro de datos para las propiedades físicas y mecánicas del bambú.

Instrucciones: A continuación, encontrará una serie de afirmaciones relacionadas con la ficha de registro de datos. Evalúe cada afirmación en una escala del 1 al 5 (Deficiente – Muy bueno).

1. DATOS GENERALES

Apellido y Nombre del Experto:	DIONISIO ACUÑA SAUL
Actividad Laboral/Cargo:	INGENIERO CIVIL
Autor del Instrumento:	SINCHE VILLAZAN ALIONKA FIORELLA

2. VALIDACIÓN

ÍTEM	Deficiente 1	Malo 2	Regular 3	Bueno 4	Muy bueno 5
Identificación de la Especie					
La ficha permite identificar de forma clara la especie de bambú (Guadua angustifolia / Phyllostachys aurea).					X
Edad de las Muestras					
Se incluye un campo con rangos definidos por especie, permitiendo clasificar la edad de la caña.					X
Propiedades Físicas					
La ficha contiene campos definidos para registrar masa húmeda, masa seca, volumen, contenido de humedad (%) y densidad (kg/m ³).					X
Propiedades Mecánicas					
Contiene campos adecuados para registrar variables del ensayo de compresión y flexión, como dimensiones, carga y esfuerzo.					X
Método de Ensayo					
Se especifican las normas técnicas aplicadas (NTC 5525, ISO 22157), garantizando estandarización en los procedimientos.					X
Unidades de Medida					
Todas las unidades están correctamente especificadas en cada campo, según estándares de ingeniería civil.					X
Revisión Técnica					

Se incluye un campo para firma, nombre y fecha del responsable técnico o especialista del laboratorio.					X
Claridad					
La ficha presenta un diseño claro, sin ambigüedades, facilitando su uso por parte del personal técnico.				X	
Accesibilidad					
La estructura y contenido de la ficha son adecuados para estudios de propiedades del bambú en construcción sostenible.					X
Trazabilidad					
La ficha contiene el código/ID de la muestra para identificarla en todas las etapas.					X
CONTEO TOTAL				1	9
	A	B	C	D	E

COEFICIENTE DE VALIDEZ: $1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E$

$$49/50 = 0.98$$

3. CALIFICACIÓN

CATEGORÍA	INTERVALO	PUNTAJE
DESAPROBADO	[0.00-0.60]	
OBSERVADO	<0.60-0.70]	
APROBADO	<0.70-1.00]	"APROBADO"

Sugerencias:

  SAUL F. DIONISIO ACUÑA INGENIERO CIVIL CIP. N° 229951
FIRMA DEL EXPERTO

CUESTIONARIO DE VALIDACIÓN	
TESIS: "INFLUENCIA DE LA EDAD DEL BAMBÚ EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, CHANCHAMAYO, 2024"	

Objetivo: Evaluar la idoneidad y la adecuación de la ficha de registro de datos para las propiedades físicas y mecánicas del bambú.

Instrucciones: A continuación, encontrará una serie de afirmaciones relacionadas con la ficha de registro de datos. Evalúe cada afirmación en una escala del 1 al 5 (Deficiente – Muy bueno).

1. DATOS GENERALES

Apellido y Nombre del Experto:	CHAVEZ LICARES KLINTON
Actividad Laboral/Cargo:	INGENIERO CIVIL
Autor del Instrumento:	SINCHE VILLAIZAN ALIONKA FIORELLA

2. VALIDACIÓN

ÍTEM	Deficiente 1	Malo 2	Regular 3	Bueno 4	Muy bueno 5
Identificación de la Especie					
La ficha permite identificar de forma clara la especie de bambú (Guadua angustifolia / Phyllostachys aurea).					X
Edad de las Muestras					
Se incluye un campo con rangos definidos por especie, permitiendo clasificar la edad de la caña.					X
Propiedades Físicas					
La ficha contiene campos definidos para registrar masa húmeda, masa seca, volumen, contenido de humedad (%) y densidad (kg/m ³).				X	
Propiedades Mecánicas					
Contiene campos adecuados para registrar variables del ensayo de compresión y flexión, como dimensiones, carga y esfuerzo.					X
Método de Ensayo					
Se especifican las normas técnicas aplicadas (NTC 5525, ISO 22157), garantizando estandarización en los procedimientos.					X
Unidades de Medida					
Todas las unidades están correctamente especificadas en cada campo, según estándares de ingeniería civil.					X
Revisión Técnica					

Se incluye un campo para firma, nombre y fecha del responsable técnico o especialista del laboratorio.				X	
Claridad					
La ficha presenta un diseño claro, sin ambigüedades, facilitando su uso por parte del personal técnico.					X
Accesibilidad					
La estructura y contenido de la ficha son adecuados para estudios de propiedades del bambú en construcción sostenible.					X
Trazabilidad					
La ficha contiene el código/ID de la muestra para identificarla en todas las etapas.					X

CONTEO TOTAL				2	8
	A	B	C	D	E

COEFICIENTE DE VALIDEZ: $1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E$

$$48/50 = 0.96$$

3. CALIFICACIÓN

CATEGORÍA	INTERVALO	PUNTAJE
DESAPROBADO	[0.00-0.60]	
OBSERVADO	<0.60-0.70]	
APROBADO	<0.70-1.00]	"APROBADO"

Sugerencias:


FIRMA DEL EXPERTO

Anexo 4: Memorias de cálculo y procesamiento de resultados

➤ Resultados del ensayo de contenido de humedad - *Guadua angustifolia*

CONTENIDO DE HUMEDAD GUADUA ANGUSTIFOLIA																			
EDAD	# CAÑA	INFERIOR						MEDIO						SUPERIOR					
ESTADO VERDE	(1V)	23.11	88.36	31.49	69.60	25.41	28.80	56.69	58.23	57.78	22.18	30.82	26.47	57.42	75.75	64.48	25.55	27.94	40.12
	(2V)	38.88	96.51	51.50	64.83	42.72	39.39	76.45	64.04	106.00	33.64	27.37	24.72	61.26	45.29	44.86	27.79	19.01	19.06
	(3V)	85.46	35.18	82.02	59.56	86.40	53.19	68.43	61.54	59.84	65.94	65.93	30.46	30.46	50.68	62.51	21.67	37.02	28.52
	(4V)	57.01	80.17	41.63	38.27			61.35	51.75	44.31	37.04			51.44					
ESTADO MADURO	(1M)	42.51	105.26	37.31	58.82	76.89	74.79	45.89	68.78	58.17	75.74	82.89	50.00	54.38	64.06	61.93	53.41	22.09	32.77
	(2M)	47.16	118.41	52.61	51.61	48.11	26.51	29.32	63.10	75.17	23.76	18.80	24.91	47.55	51.35	54.66	39.75	42.70	38.68
	(3M)	34.09	99.50	31.61	31.09	73.19	60.32	69.53	52.50	49.57	31.02	30.46	46.57	67.52	67.07	46.29	62.01	22.05	29.18
	(4M)	43.86	79.13	86.67	37.38	85.71	19.76	26.39	36.57	60.74	22.87	22.79	21.51	71.32	50.69	56.45	24.73	20.00	17.23

➤ Resultados del ensayo de contenido de humedad - *Phyllostachys Aurea*

CONTENIDO DE HUMEDAD PHYLLOSTACHYS AUREA																	
EDAD	# CAÑA	INFERIOR						MEDIO									
ESTADO VERDE	(1V)	42.45	40.82	49.11	43.21	37.50	53.33	35.04	77.86	41.46	39.74	41.25	40.00	54.21	78.95	53.19	61.06
	(2V)	42.11	47.71	43.88	44.33	45.71	32.11	37.84	46.21	46.07	54.81	38.37	33.33	34.94	35.16	47.62	27.91
	(3V)	97.65	101.69	87.76	93.57	94.85	56.36	58.54	78.81	92.17	106.71	95.61	90.00	85.09	68.52	98.90	89.47
	(4V)	141.57	142.31	144.21	156.73	139.47	102.13	134.29		123.08	101.85	76.32	78.18	71.43	30.36	62.22	132.56
ESTADO MADURO	(1M)	107.14	108.46	97.58	97.87	82.14	139.37	78.08	88.97	104.00	117.35	132.00	124.74	131.25	79.67	81.74	77.78
	(2M)	101.75	119.18	110.40	111.39	123.46	72.41	72.27	70.61	78.85	111.33	117.39	120.77	114.84	69.01	73.38	80.17
	(3M)	104.85	102.70	101.73	92.18	105.33	75.34	71.13	67.61	105.36	95.65	101.12	96.72	102.31	59.82	96.06	59.73
	(4M)	103.68	105.46	115.49	115.52	115.31	68.75	113.15	116.32	56.16	103.70	103.52	112.96	110.20	67.44	72.79	47.79

➤ Resultados del ensayo de densidad - *Guadua angustifolia*

DENSIDAD GUADUA ANGUSTIFOLIA																			
EDAD	# CAÑA	INFERIOR						MEDIO						SUPERIOR					
ESTADO VERDE	(1V)	1032.71	637.47	999.99	601.43	740.00	790.00	981.46	469.49	950.58	796.67	762.50	793.33	879.78	607.39	946.62	792.50	650.00	668.00
	(2V)	1167.74	730.77	1031.67	590.00	686.67	710.91	851.85	594.77	804.28	713.33	760.00	890.00	912.05	715.29	751.75	775.56	855.00	851.11
	(3V)	567.07	771.71	686.81	621.25	555.56	658.00	813.77	756.58	800.81	614.67	675.00	656.67	1128.63	747.72	907.50	751.43	724.00	710.00
	(4V)	656.00	569.41	734.29	742.00			616.67	635.56	686.00	771.43								
ESTADO MADURO	(1M)	1053.37	788.01	1118.43	637.50	595.00	605.00	841.00	666.90	744.52	582.86	584.62	750.00	978.94	526.49	602.04	660.00	830.00	740.00
	(2M)	1047.11	690.51	1039.07	667.69	672.73	745.00	1212.26	570.29	733.67	757.50	886.67	732.50	868.79	722.21	820.72	796.67	702.50	810.00
	(3M)	965.49	743.24	884.58	714.00	568.75	622.86	835.02	603.70	1020.70	722.00	742.00	700.00	815.67	873.76	631.09	620.00	846.67	776.67
	(4M)	889.26	645.59	539.39	724.00	542.50	847.50	928.54	874.90	1033.37	835.56	780.00	836.67	883.43	675.68	847.98	808.57	900.00	812.50

➤ Resultados del ensayo de densidad - *Phyllostachys aurea*

DENSIDAD PHYLLOSTACHYS AUREA																		
EDAD	# CAÑA	INFERIOR								MEDIO								
ESTADO VERDE	(1V)	628.97	675.15	548.45	596.41	568.02	675.00	780.00	560.00	673.68	658.18	665.11	665.11	796.46	633.33	626.67	565.00	
	(2V)	724.51	793.21	698.06	739.03	844.00	726.67	740.00	660.00	747.32	832.60	700.35	705.33	752.94	910.00	700.00	860.00	
	(3V)	614.43	679.46	742.83	565.20	813.01	660.00	615.00	590.00	560.19	707.31	588.89	564.48	620.13	540.00	455.00	570.00	
	(4V)	608.60	757.23	687.99	710.77	830.04	470.00	466.67		600.66	527.77	702.32	498.93	642.76	560.00	450.00	430.00	
ESTADO MADURO	(1M)	716.08	644.41	887.18	741.30	760.79	423.33	584.00	483.33	723.12	508.02	580.41	563.00	710.68	615.00	575.00	600.00	
	(2M)	787.38	515.94	619.38	560.38	625.42	580.00	550.00	570.00	631.00	545.87	530.22	703.14	606.96	570.00	513.33	580.00	
	(3M)	742.86	606.56	756.58	640.16	705.48	584.00	568.00	608.57	765.54	635.04	659.56	572.21	782.33	625.71	508.00	596.00	
	(4M)	764.07	705.50	825.12	691.77	789.03	640.00	473.33	475.00	604.27	637.54	684.57	765.73	634.03	645.00	544.00	565.00	

➤ Resultados del ensayo de compresión paralela a la fibra - *Guadua angustifolia*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN GUADUA ANGUSTIFOLIA										
EDAD	# CAÑA	INFERIOR			MEDIO			SUPERIOR		
ESTADO VERDE	(1V)	24.58	27.75	28.90	33.99	23.15	32.78	33.65	37.45	36.93
	(2V)	30.41	26.77	28.70	30.07	25.98	32.70	33.49	36.95	38.72
	(3V)	24.78	27.61	31.39	32.25	32.19	28.36	32.26	39.49	38.79
ESTADO MADURO	(1M)	25.58	26.35	26.54	21.55	27.43	24.19	31.28	25.35	25.52
	(2M)	25.00	23.95	25.68	31.56	29.35	30.78	37.52	34.54	32.62
	(3M)	23.84	27.75	26.58	32.04	26.98	27.32	31.25	34.43	32.50
	(4M)	21.74	23.69	22.00	37.77	31.65	28.59	34.02	35.46	34.06

➤ Resultados del ensayo de compresión paralela a la fibra - *Phyllostachys aurea*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PHYLLOSTACHYS AUREA											
EDAD	# CAÑA	INFERIOR					MEDIO				
ESTADO VERDE	(1V)	33.8	33.67	25.93	30.89	32.66	33.03	31.17	35.83	34.31	36.3
	(2V)	43.84	40.62	43.97	41.12	41.07	40.47	35.26	38.35	35.7	37.81
	(3V)	27.81	17.72	24.09	26.69	27.16	25.96	19.28	18.79	17.68	16.36
	(4V)	17.27	19.09	17.06	16.6	18.3	6.25	6.78	6.81	5.25	7.34
ESTADO MADURO	(1M)	29.44	29.47	29.42	29.9	30.46	18.63	15.58	17.02	17.33	18.32
	(2M)	38.19	29.49	31.46	31.16	29.37	23.62	27.46	32.67	32.63	30.11
	(3M)	35.79	40.12	38.61	41.54	37.54	34.48	30.48	39.6	32.49	38.07
	(4M)	33.73	32.18	32.24	35.41	33.23	23.58	16.65	29.19	20.53	29.19

➤ Resultados del ensayo de flexión - *Guadua angustifolia*

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN GUADUA ANGUSTIFOLIA												
EDAD	# CAÑA	INFERIOR				MEDIO				SUPERIOR		
ESTADO VERDE	(1V)	32.03	36.87	43.74		28.92	23.5	32.32		75.84	62.54	72.01
	(2V)	57.7	59.86	65.79		78.81	70.28	92.25		98.47	99.27	99.48
	(3V)	70.64	60.66	45.62		47.43	46.85	51.69		73.82	51.62	72.88
	(4V)	26.75	39.48	30.15	47.65	31.38	23.5	27.84	30.94	32.24		
ESTADO MADURO	(1M)	54.8	30.58	34.99		50.9	49.24	32.9		33.98	43.09	54.73
	(2M)	46.34	59.07	49.6		56.03	50.39	32.25		53.36	63.26	58.64
	(3M)	48.87	42.37	41.72		35.28	23.06	30.15		47.21	54.59	49.09
	(4M)	52.71	53.07	45.55		42.37	41.57	43.09		45.55	54.23	56.1

➤ Resultados del ensayo de flexión - *Phyllostachys aurea*

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PHYLLOSTACHYS AUREA							
EDAD	# CAÑA	INFERIOR			MEDIO		
ESTADO VERDE	(1V)	59.01	54.23	71.62	70.11	70.72	116.75
	(2V)	76.97	79.9	54.95	51.35	84.95	70.13
	(3V)	40.36	43.61	42.97	49.3	54.81	57.55
	(4V)	42.15	42.02		55.84	74.69	77.34
ESTADO MADURO	(1M)	36.2	47.07	50.13	41.85	51.57	53.92
	(2M)	51.01	40.07	37.06	55.6	52.38	65.99
	(3M)	30.79	36.1	38.35	43.04	40.9	44.93
	(4M)	42.76	43.31	44.34	48.55	52.92	60.8

➤ Base de datos y resultados del análisis estadístico en SPSS

*Sin título2.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

2: Visible: 9 de 9 variables

ID	Edad	Especie	Humedad	Densidad	Compresion	Flexion	EdadNum	filter_\$	var	var	var	var
214	2-3 años	Phyllostachys Aurea	111,330000000000	545,870000000000	27,460000000000	.	4,00	1				
215	2-3 años	Phyllostachys Aurea	117,390000000000	530,220000000000	32,670000000000	.	4,00	1				
216	2-3 años	Phyllostachys Aurea	120,770000000000	703,140000000000	32,630000000000	.	4,00	1				
217	2-3 años	Phyllostachys Aurea	114,840000000000	606,960000000000	30,110000000000	.	4,00	1				
218	2-3 años	Phyllostachys Aurea	104,850000000000	742,860000000000	35,790000000000	.	4,00	1				
219	2-3 años	Phyllostachys Aurea	102,700000000000									
220	2-3 años	Phyllostachys Aurea	101,730000000000									
221	2-3 años	Phyllostachys Aurea	92,180000000000									
222	2-3 años	Phyllostachys Aurea	105,330000000000									
223	2-3 años	Phyllostachys Aurea	105,360000000000									
224	2-3 años	Phyllostachys Aurea	95,650000000000									
225	2-3 años	Phyllostachys Aurea	101,120000000000									
226	2-3 años	Phyllostachys Aurea	96,720000000000									
227	2-3 años	Phyllostachys Aurea	102,310000000000									
228	2-3 años	Phyllostachys Aurea	103,680000000000									
229	2-3 años	Phyllostachys Aurea	105,460000000000									
230	2-3 años	Phyllostachys Aurea	115,490000000000									
231	2-3 años	Phyllostachys Aurea	115,520000000000									
232	2-3 años	Phyllostachys Aurea	115,310000000000									
233	2-3 años	Phyllostachys Aurea	56,160000000000									
234	2-3 años	Phyllostachys Aurea	103,700000000000									
235	2-3 años	Phyllostachys Aurea	103,520000000000									
236	2-3 años	Phyllostachys Aurea	112,960000000000									
237	2-3 años	Phyllostachys Aurea	110,200000000000									
238	2-3 años	Phyllostachys Aurea	139,370000000000									
239	2-3 años	Phyllostachys Aurea	78,080000000000									
240	2-3 años	Phyllostachys Aurea	88,970000000000									

*Resultado1 [Documento1] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado

- Registro
 - Prueba T
 - Título
 - Conjunto de d
 - Advertencias
 - Estadísticas c
 - Registro
 - Prueba T
 - Título
 - Notas
 - Estadísticas c
 - Prueba de mu

Estadísticas de grupo

| Edad recodificada como número | N | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
|-------------------------------|----|-------------|------------------|----------------------|
| Humedad 6 meses-1.5 años | 63 | 71,10634921 | 34,64328731 | 4,364643944 |
| 2-3 años | 64 | 96,26921875 | 21,03663202 | 2,629579002 |

Prueba de muestras independientes

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

| | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) |
|-------------------------------------|--------|------|--------|---------|------------------|
| Humedad Se asumen varianzas iguales | 18,780 | ,000 | -4,956 | 125 | ,000 |
| No se asumen varianzas iguales | | | -4,938 | 101,958 | ,000 |

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ON

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ON Filtro activado

Anexo 5: Registro fotográfico del trabajo de investigación

- Reunión de coordinación técnica con especialistas en bambú



- Inspección de la plantación junto al equipo técnico en el Fundo Santa Rosa



- Selección de culmos *Phyllostachys Aurea* según los parámetros definidos



- Corte y segmentación de culmos en campo previo al traslado



- Transporte de culmos rotulados hacia el laboratorio



- Preparación de probetas en laboratorio para ensayos físicos y mecánicos



- Ensayo de compresión paralela probetas Phyllostachys Aurea en prensa universal con sistema digital.

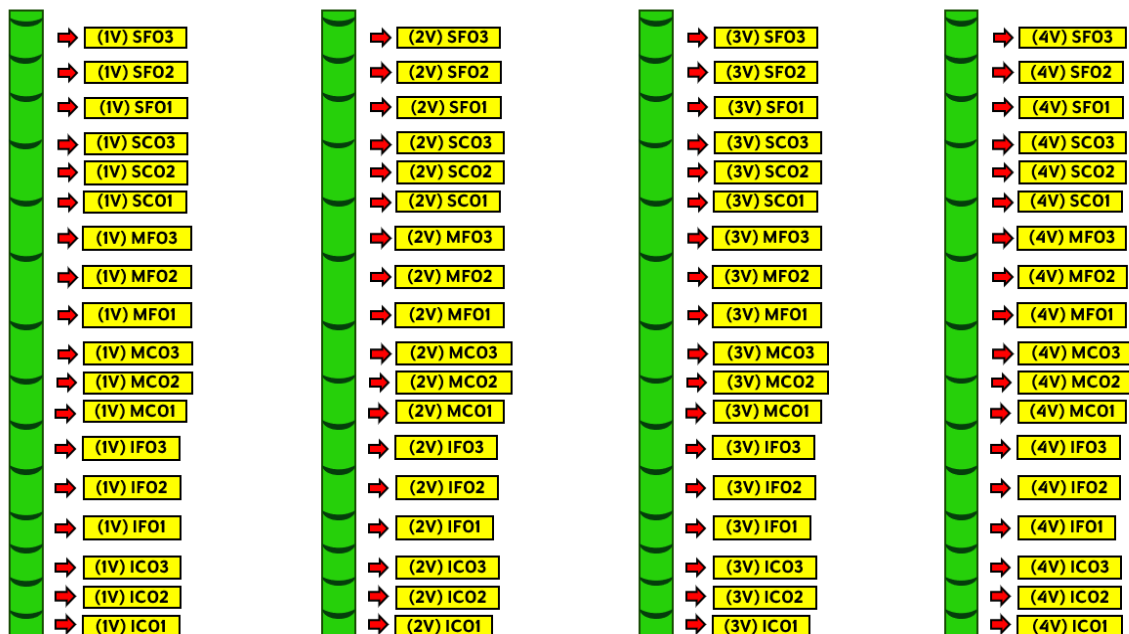


- Ensayo de flexión en máquina universal con participación del equipo de investigación y laboratorio

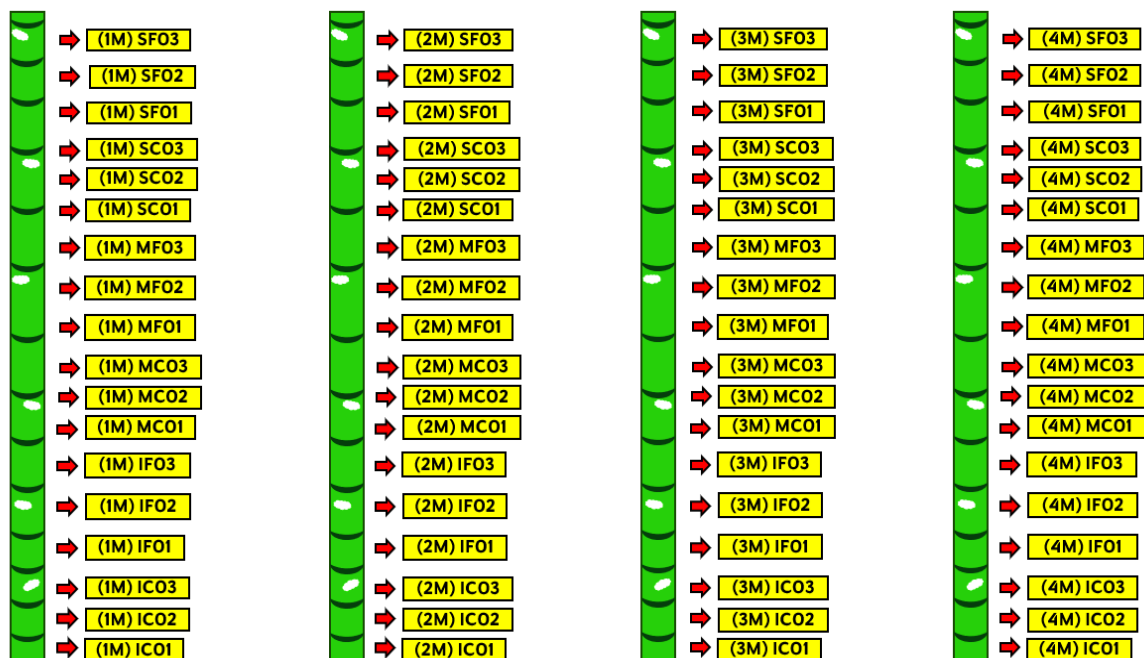


Anexo 6: Diagrama de codificación de probetas

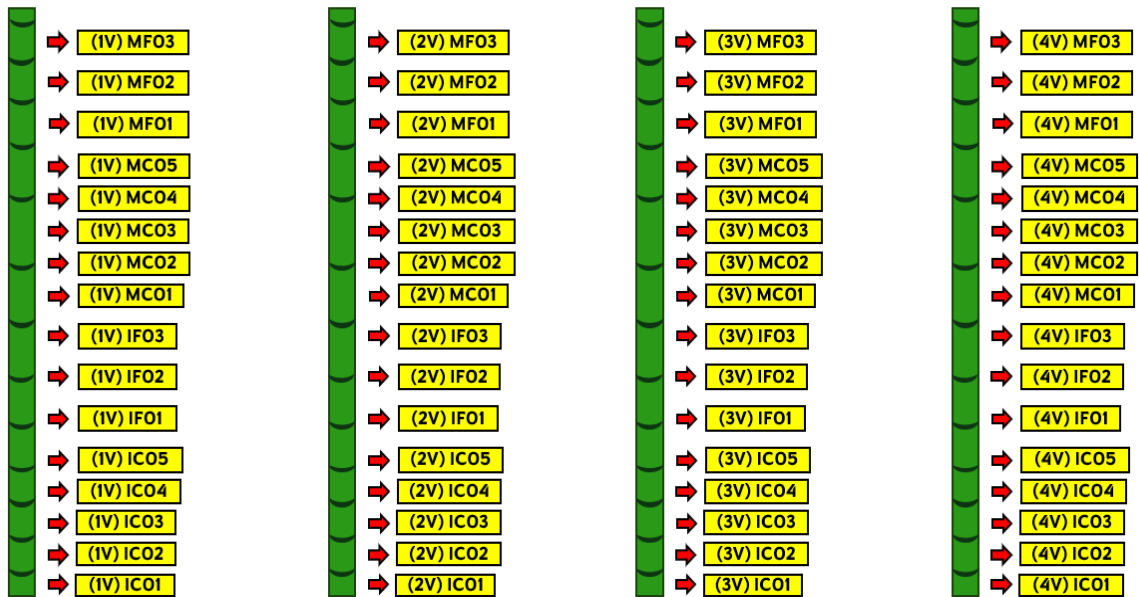
BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA – ESTADO VERDE



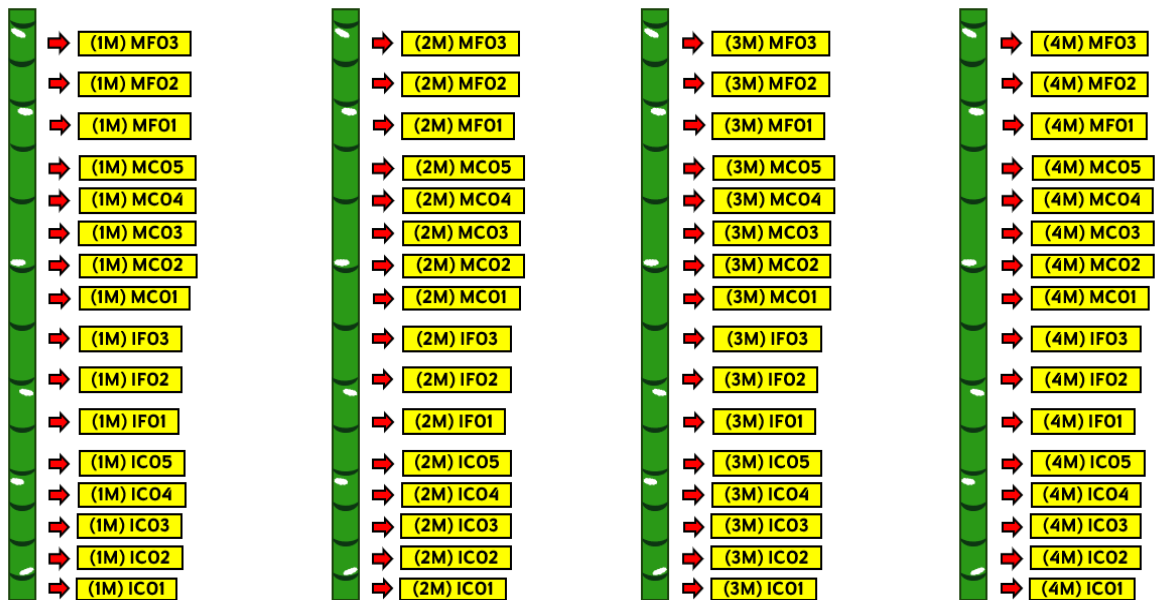
BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA – ESTADO MADURO



BAMBÚ PHYLLOSTACHYS AUREA – ESTADO VERDE



BAMBÚ PHYLLOSTACHYS AUREA – ESTADO MADURO



Anexo 7: Informe técnico de validación de edad y selección de cañas de bambú



“UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA”



INFORME DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO Y TRASLADO/ALMACENAMIENTO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Propietario de la plantación: ING. EFRAÍN CÁCERES PALOMINO

Ubicación de la plantación: SECTOR SANTA ROSA

Fecha de recolección: 02/04/2025

Hora de recolección: 9:00 a.m.

1. Parámetros Ambientales

| Parámetro | Datos Registrados |
|-----------------------------|--|
| Ubicación GPS | Lat:-11.06859874
Long:-75.3536173 |
| Altitud (m.s.n.m.) | 1134.9 m.s.n.m. |
| Temperatura (°C) | 22 °C |
| Humedad (%) | 96 % |
| Precipitación (%) | 60 % |
| Velocidad del viento (km/h) | 1 km /h |
| Tipo de suelo | ARCILLOSO - LIMOSO |
| Naturaleza del Bambú | () Natural (X) Cultivada |
| Estado Fitosanitario | SE OBSERVARON ALGUNAS CAÑAS CON DAÑOS CAUSADOS POR INSECTOS. SIN EMBARGO LA AFECTACIÓN ES MÍNIMA Y NO COMPROMETE TODA LA PLANTACIÓN. |

2. Identificación del Sitio de Muestreo

| Parámetro | Datos Registrados |
|--------------------------------|---|
| Especie de bambú | <i>Phyllostachys aurea</i> |
| Edad de la plantación | 40 AÑOS |
| Edad de las cañas | (X) 6 meses - 1.5 años () 2 - 3 años |
| Estado de maduración del culmo | () Brote (X) Verde () Maduro () Seco |

3. Caracterización de las Cañas de Bambú

| Parámetro | Caña 1 | Caña 2 | Caña 3 | Caña 4 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Número de nudos | 19 | 18 | 20 | 19 |
| Número de entrenudos | 19 | 18 | 20 | 19 |



"UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA"



| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Distanciamiento entre nudos (prom) | 22.19 | 22.20 | 20.42 | 21.50 |
| DAP (Diámetro a la altura del pecho) (cm) | 3.58 | 3.48 | 3.95 | 3.60 |
| Diámetro Base (cm) | 3.25 | 3.15 | 4.35 | 3.48 |
| Diámetro Medio (cm) | 3.55 | 3.43 | 4.08 | 3.40 |
| Espesor Base (mm) | 6.3 | 5.0 | 5.3 | 4.4 |
| Espesor Medio (mm) | 3.4 | 3.6 | 4.4 | 3.3 |
| Color y textura externa | CULMO DE VERDE CLARO, TEXTURA LISA, LIQUENES DISPERSOS | CULMO DE VERDE CLARO, TEXTURA LISA, LIQUENES DISPERSOS | CULMO DE VERDE CLARO, TEXTURA LISA, LIQUENES DISPERSOS | CULMO DE VERDE CLARO, TEXTURA LISA, LIQUENES DISPERSOS |
| Fisuras o defectos visibles | NO SE EVIDENCIAN DAÑOS NI IRREGULARIDADES | NO SE EVIDENCIAN DAÑOS NI IRREGULARIDADES | NO SE EVIDENCIAN DAÑOS NI IRREGULARIDADES | NO SE EVIDENCIAN DAÑOS NI IRREGULARIDADES |
| Herramienta de corte utilizada | ARCO SIERRA | ARCO SIERRA | ARCO SIERRA | ARCO SIERRA |

3. Datos del Traslado y Almacenamiento

| Parámetro | Datos Registrados |
|------------------------------------|-------------------|
| Fecha de traslado | 02/04/2025 |
| Hora de salida de la plantación | 12:00 p.m. |
| Hora de llegada al laboratorio | 1:00 p.m. |
| Tiempo transcurrido (h:min) | 1 hora |
| Temperatura de almacenamiento (°C) | 26°C |
| Humedad relativa (%) | 63% |

Firma del Ingeniero Forestal responsable:

Nombre: LUIS LLERENA SUÁREZ - ESPECIALISTA EN PLANTACIONES DE BAMBÚ/SERFOR
CIP: 116066



INFORME DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO Y TRASLADO/ALMACENAMIENTO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Propietario de la plantación: ING. EFRAÍN CÁCERES PALOMINO

Ubicación de la plantación: SECTOR SANTA ROSA

Fecha de recolección: 02/04/2025

Hora de recolección: 9:00 a.m.

1. Parámetros Ambientales

| Parámetro | Datos Registrados |
|-----------------------------|--|
| Ubicación GPS | Lat:-11.06859874
Long:-75.3536173 |
| Altitud (m.s.n.m.) | 1134.9 m.s.n.m. |
| Temperatura (°C) | 22 °C |
| Humedad (%) | 96 % |
| Precipitación (%) | 60 % |
| Velocidad del viento (km/h) | 1 km/h |
| Tipo de suelo | ARCILLOSO - LIMOSO |
| Naturaleza del Bambú | () Natural (X) Cultivada |
| Estado Fitosanitario | SE OBSERVARON ALCUNAS CAÑAS CON DAÑOS CAUSADOS POR INSECTOS. SIN EMBARGO LA AFECTACION ES MINIMA Y NO COMPROMETE TODA LA PLANTACION. |

2. Identificación del Sitio de Muestreo

| Parámetro | Datos Registrados |
|--------------------------------|---|
| Especie de bambú | <i>Phyllostachys aurea</i> |
| Edad de la plantación | 40 AÑOS |
| Edad de las cañas | () 6 meses - 1.5 años (X) 2 - 3 años |
| Estado de maduración del culmo | () Brote () Verde (X) Maduro () Seco |

3. Caracterización de las Cañas de Bambú

| Parámetro | Caña 1 | Caña 2 | Caña 3 | Caña 4 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Número de nudos | 20 | 21 | 20 | 18 |
| Número de entrenudos | 19 | 20 | 19 | 18 |



| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Distanciamiento entre nudos (prom) | 20.71 | 19.63 | 20.83 | 22.17 |
| DAP (Diámetro a la altura del pecho) (cm) | 3.63 | 4.65 | 4.63 | 4.15 |
| Diámetro Base (cm) | 3.65 | 4.70 | 4.85 | 4.05 |
| Diámetro Medio (cm) | 4.00 | 4.26 | 4.78 | 4.25 |
| Espesor Base (mm) | 5.5 | 6 | 6.5 | 5.6 |
| Espesor Medio (mm) | 3.8 | 4.9 | 4.5 | 4.8 |
| Color y textura externa | VERDE OSCURO, TEXTURA LISA, LIQUENES MAS ABUNDANTES. | VERDE OSCURO, TEXTURA LISA, LIQUENES MAS ABUNDANTES. | VERDE OSCURO, TEXTURA LISA, LIQUENES MAS ABUNDANTES. | VERDE OSCURO, TEXTURA LISA, LIQUENES MAS ABUNDANTES. |
| Fisuras o defectos visibles | NO SE EVIDENCIAN DAÑOS NI IRREGULARIDADES | NO SE EVIDENCIAN DAÑOS NI IRREGULARIDADES | NO SE EVIDENCIAN DAÑOS NI IRREGULARIDADES | NO SE EVIDENCIAN DAÑOS NI IRREGULARIDADES |
| Herramienta de corte utilizada | ARCO SIERRA | ARCO SIERRA | ARCO SIERRA | ARCO SIERRA |

3. Datos del Traslado y Almacenamiento

| Parámetro | Datos Registrados |
|------------------------------------|-------------------|
| Fecha de traslado | 02/04/2025 |
| Hora de salida de la plantación | 12:00 p.m. |
| Hora de llegada al laboratorio | 1:00 p.m. |
| Tiempo transcurrido (h:min) | 1 hora |
| Temperatura de almacenamiento (°C) | 26 °C |
| Humedad relativa (%) | 63 % |

Firma del Ingeniero Forestal responsable:

Nombre: LUIS LLERENA SUÁREZ - ESPECIALISTA EN PLANTACIONES DE BAMBÚ /SERFOR.
CIP: 11 60 66



INFORME DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO Y TRASLADO/ALMACENAMIENTO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Propietario de la plantación: SRA. LORENA BROCCO TREMOLADA

Ubicación de la plantación: FUNDO SAN JOSÉ - LA MERCED

Fecha de recolección: 03/04/2025

Hora de recolección: 1:00 p.m.

1. Condiciones Ambientales

| Parámetro | Datos Registrados |
|-----------------------------|--|
| Ubicación GPS | Lat: -11.06928216
Long: -75.34238018 |
| Altitud (m.s.n.m.) | 828.9 m.s.n.m. |
| Temperatura (°C) | 24 °C |
| Humedad (%) | 77 % |
| Precipitación (%) | 50 % |
| Velocidad del viento (km/h) | 2 km/h |
| Tipo de suelo | ARCILLOSO |
| Naturaleza del Bambú | () Natural (X) Cultivada |
| Estado Fitosanitario | CONDICIÓN NORMAL. SIN PRESENCIA DE AFECTACIONES, |

2. Identificación del Sitio de Muestreo

| Parámetro | Datos Registrados |
|--------------------------------|---|
| Especie de bambú | <i>Guadua Angustifolia</i> |
| Edad de la plantación | 40 AÑOS |
| Edad de las cañas | (X) 1 - 3 años () 4 - 6 años |
| Estado de maduración del culmo | () Brote (X) Verde () Maduro () Seco |

3. Caracterización de las Cañas de Bambú

| Parámetro | Caña 1 | Caña 2 | Caña 3 | Caña 4 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Número de nudos | 29 | 30 | 30 | 29 |
| Número de entrenudos | 28 | 29 | 29 | 28 |



**“UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS
ATAHUALPA”**



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Distanciamiento entre nudos (prom) | 31.80 | 28.80 | 27.60 | 30.10 |
| DAP (Diámetro a la altura del pecho) (cm) | 15.5 | 12.4 | 14.3 | 13.5 |
| Diámetro Base (cm) | 14.0 | 12.2 | 13.3 | 13.3 |
| Diámetro Medio (cm) | 14.6 | 12.5 | 13.8 | 13.2 |
| Diámetro Superior (cm) | 14.4 | 11.0 | 12.9 | 11.9 |
| Espesor Base (mm) | 20 | 13 | 28 | 15 |
| Espesor Medio (mm) | 11 | 10 | 13 | 10 |
| Espesor Superior (cm) | 13 | 9 | 10 | 9 |
| Color y textura externa | CULMO DE VERDE CLARO, TEXTURA LISA, LIQUENES DISPERSOS. | CULMO DE VERDE CLARO, TEXTURA LISA, LIQUENES DISPERSOS. | CULMO DE VERDE CLARO, TEXTURA LISA, LIQUENES DISPERSOS. | CULMO DE VERDE CLARO, TEXTURA LISA, LIQUENES DISPERSOS. |
| Fisuras o defectos visibles | NO PRESENTA | NO PRESENTA | NO PRESENTA | NO PRESENTA |
| Herramienta de corte utilizada | ARLO SIERRA | ARLO SIERRA | ARLO SIERRA | ARLO SIERRA |

3. Datos del Traslado y Almacenamiento

| Parámetro | Datos Registrados |
|------------------------------------|-------------------|
| Fecha de traslado | 03 / 04 / 2025 |
| Hora de salida de la plantación | 4:00 p.m. |
| Hora de llegada al laboratorio | 4:30 p.m. |
| Tiempo transcurrido (h:min) | 30 minutos |
| Temperatura de almacenamiento (°C) | 23 °C |
| Humedad relativa (%) | 84 % |

Firma del Ingeniero Forestal responsable:

Nombre: LUIS LLERENA SUÁREZ - ESPECIALISTA EN PLANTACIONES DE BAMBÚ / SERFOR
CIP: 11 60 66



INFORME DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO Y TRASLADO/ALMACENAMIENTO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Propietario de la plantación: SRA. LORENA BROCG TREMOLADA

Ubicación de la plantación: FUNDO SAN JOSÉ - LA MERCED

Fecha de recolección: 03/04/2025

Hora de recolección: 1:00 p.m.

1. Condiciones Ambientales

| Parámetro | Datos Registrados |
|-----------------------------|--|
| Ubicación GPS | Lat: -11.06928216
Long: -75.34238018 |
| Altitud (m.s.n.m.) | 828.9 m.s.n.m. |
| Temperatura (°C) | 24 °C |
| Humedad (%) | 77 % |
| Precipitación (%) | 50 % |
| Velocidad del viento (km/h) | 2 km/h |
| Tipo de suelo | ARCILLOSO |
| Naturaleza del Bambú | () Natural (X) Cultivada |
| Estado Fitosanitario | CONDICIÓN NORMAL. SIN PRESENCIA DE AFECTACIONES. |

2. Identificación del Sitio de Muestreo

| Parámetro | Datos Registrados |
|--------------------------------|---|
| Especie de bambú | <i>Guadua Angustifolia</i> |
| Edad de la plantación | 40 AÑOS |
| Edad de las cañas | () 1 - 3 años (X) 4 - 6 años |
| Estado de maduración del culmo | () Brote () Verde (X) Maduro () Seco |

3. Caracterización de las Cañas de Bambú

| Parámetro | Caña 1 | Caña 2 | Caña 3 | Caña 4 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Número de nudos | 29 | 27 | 30 | 30 |
| Número de entrenudos | 28 | 26 | 29 | 29 |



| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Distanciamiento entre nudos (prom) | 27.80 | 29.40 | 24.70 | 25.20 |
| DAP (Diámetro a la altura del pecho) (cm) | 12.5 | 10.4 | 11.0 | 11.1 |
| Diámetro Base (cm) | 11.2 | 10.3 | 11.0 | 11.5 |
| Diámetro Medio (cm) | 12.5 | 10.1 | 11.5 | 12.0 |
| Diámetro Superior (cm) | 11.4 | 9.3 | 10.8 | 10.3 |
| Espesor Base (mm) | 16 | 12 | 17 | 16 |
| Espesor Medio (mm) | 10 | 7 | 9 | 9 |
| Espesor Superior (cm) | 7 | 6 | 8 | 7 |
| Color y textura externa | VERDE OSCURO, TEXTURA LISA, LIQUENES MÁS ABUNDANTES. | VERDE OSCURO, TEXTURA LISA, LIQUENES MÁS ABUNDANTES. | VERDE OSCURO, TEXTURA LISA, LIQUENES MÁS ABUNDANTES. | VERDE OSCURO, TEXTURA LISA, LIQUENES MÁS ABUNDANTES. |
| Fisuras o defectos visibles | NO PRESENTA | NO PRESENTA | NO PRESENTA | NO PRESENTA |
| Herramienta de corte utilizada | ARCO SIERRA | ARCO SIERRA | ARCO SIERRA | ARCO SIERRA |

3. Datos del Traslado y Almacenamiento

| Parámetro | Datos Registrados |
|------------------------------------|-------------------|
| Fecha de traslado | 03/04/2025 |
| Hora de salida de la plantación | 4:00 p.m. |
| Hora de llegada al laboratorio | 4:30 p.m. |
| Tiempo transcurrido (h:min) | 30 minutos |
| Temperatura de almacenamiento (°C) | 23 °C |
| Humedad relativa (%) | 84 % |

Firma del Ingeniero Forestal responsable:

Nombre: LUIS LLERENA SUÁREZ - ESPECIALISTA EN PLANTACIONES DE BAMBÚ/SERFOR

CIP: 116066

Anexo 8: Fichas de recolección de datos de laboratorio



"UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA"



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ **Especie de Bambú:** *Guadua Angustifolia*

Edad de la caña: (X) 1-3 años () 4-6 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|-----------|---------|---------|----------------------|--------|------------------------|
| (1V) IC01 | 1342.00 | 1090.10 | 1055575.13 | 23.11 | 1032.71 |
| (1V) IC02 | 1329.00 | 704.50 | 1105149.46 | 88.36 | 637.47 |
| (1V) IC03 | 1329.00 | 1010.80 | 1010807.44 | 31.49 | 999.99 |
| (1V) MC01 | 1047.50 | 668.50 | 681128.70 | 56.69 | 981.46 |
| (1V) MC02 | 815.50 | 515.40 | 1097798.14 | 58.23 | 469.49 |
| (1V) MC03 | 1090.40 | 691.10 | 727027.37 | 57.78 | 950.58 |
| (1V) SC01 | 1067.00 | 677.80 | 770419.05 | 57.42 | 879.78 |
| (1V) SC02 | 742.90 | 422.70 | 695925.60 | 75.75 | 607.39 |
| (1V) SC03 | 800.20 | 486.50 | 513933.14 | 64.48 | 946.62 |
| (1V) IF01 | 71.40 | 42.10 | 70000.00 | 69.60 | 601.43 |
| (1V) IF02 | 46.40 | 37.00 | 50000.00 | 25.41 | 740.00 |
| (1V) IF03 | 40.70 | 31.60 | 40000.00 | 28.80 | 790.00 |
| (1V) MF01 | 29.20 | 23.90 | 30000.00 | 22.18 | 796.67 |
| (1V) MF02 | 39.90 | 30.50 | 40000.00 | 30.82 | 762.50 |
| (1V) MF03 | 60.20 | 47.60 | 60000.00 | 26.47 | 793.33 |
| (1V) SF01 | 39.80 | 31.70 | 40000.00 | 25.55 | 792.50 |
| (1V) SF02 | 31.60 | 24.70 | 38000.00 | 27.94 | 650.00 |
| (1V) SF03 | 70.20 | 50.10 | 75000.00 | 40.12 | 668.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|-----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (1V) IC01 | 140 | 20 | 185316.27 | 7539.82 | 24.58 |
| (1V) IC02 | 143 | 20 | 214461.63 | 7728.32 | 27.45 |
| (1V) IC03 | 143 | 18 | 204252.91 | 7068.58 | 28.90 |
| (1V) MC01 | 146 | 11 | 158563.72 | 4665.27 | 33.99 |
| (1V) MC02 | 156 | 16 | 162878.65 | 7037.17 | 23.15 |
| (1V) MC03 | 145 | 12 | 164359.45 | 5013.98 | 32.78 |
| (1V) SC01 | 144 | 13 | 180020.67 | 5350.13 | 33.65 |
| (1V) SC02 | 142 | 12 | 183560.87 | 4900.88 | 37.45 |
| (1V) SC03 | 133 | 10 | 142706.37 | 3864.16 | 36.93 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|-----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (1V) IF01 | 450 | 157 | 17 | 14000 | 18588733.1 | 32.03 |
| (1V) IF02 | 450 | 155 | 16 | 15000 | 17097622.7 | 36.87 |
| (1V) IF03 | 450 | 147 | 11 | 12000 | 10931074.7 | 43.74 |
| (1V) MF01 | 450 | 148 | 12 | 8600 | 11946094.6 | 28.72 |
| (1V) MF02 | 450 | 147 | 12 | 6900 | 11683852.9 | 23.50 |
| (1V) MF03 | 450 | 145 | 11 | 8600 | 10463662.6 | 32.32 |
| (1V) SF01 | 450 | 135 | 10 | 16000 | 7718991.32 | 75.84 |
| (1V) SF02 | 450 | 138 | 11 | 14900 | 8914760.03 | 62.54 |
| (1V) SF03 | 450 | 130 | 11 | 15000 | 7371563.52 | 72.01 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 -PIC-UNISCJSA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

Fecha de Ensayo:

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ **Especie de Bambú:** *Guadua Angustifolia*

Edad de la caña: (X) 1-3 años () 4-6 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|--------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (2V)1C01 | 880.80 | 634.20 | 543099.69 | 39.88 | 1167.74 |
| (2V)1C02 | 849.10 | 432.10 | 591291.72 | 96.51 | 730.77 |
| (2V)1C03 | 819.60 | 541.00 | 524394.65 | 51.50 | 1031.67 |
| (2V)M01 | 678.80 | 384.70 | 451603.94 | 76.45 | 851.85 |
| (2V)M02 | 496.70 | 302.80 | 509101.37 | 64.04 | 594.77 |
| (2V)M03 | 645.80 | 313.50 | 389789.97 | 106.00 | 804.28 |
| (2V)S01 | 462.00 | 286.50 | 314127.85 | 61.26 | 912.05 |
| (2V)S02 | 309.90 | 213.30 | 298199.77 | 45.29 | 715.29 |
| (2V)S03 | 301.30 | 208.00 | 276686.35 | 44.86 | 751.75 |
| (2V)1F01 | 77.80 | 47.20 | 80000.00 | 64.83 | 590.00 |
| (2V)1F02 | 44.10 | 30.90 | 45000.00 | 42.72 | 686.67 |
| (2V)1F03 | 54.50 | 39.10 | 55000.00 | 39.39 | 710.91 |
| (2V)MF01 | 42.90 | 32.10 | 45000.00 | 33.64 | 713.33 |
| (2V)MF02 | 24.20 | 19.00 | 25000.00 | 27.37 | 760.00 |
| (2V)MF03 | 33.30 | 26.70 | 30000.00 | 24.72 | 890.00 |
| (2V)SF01 | 44.60 | 34.90 | 45000.00 | 27.79 | 775.56 |
| (2V)SF02 | 40.70 | 34.20 | 40000.00 | 19.01 | 855.00 |
| (2V)SF03 | 45.60 | 38.30 | 45000.00 | 49.06 | 851.11 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (2V)1C01 | 122 | 13 | 135361.19 | 4451.64 | 30.41 |
| (2V)1C02 | 127 | 13 | 124652.33 | 4655.84 | 26.77 |
| (2V)1C03 | 120 | 13 | 125436.86 | 4369.96 | 28.70 |
| (2V)M01 | 125 | 10 | 108647.88 | 3612.83 | 30.07 |
| (2V)M02 | 127 | 11 | 104136.82 | 4008.67 | 25.98 |
| (2V)M03 | 122 | 9 | 104480.05 | 3195.00 | 32.70 |
| (2V)S01 | 110 | 9 | 95634.45 | 2855.71 | 33.49 |
| (2V)S02 | 113 | 8 | 97497.71 | 2638.94 | 36.95 |
| (2V)S03 | 109 | 8 | 98282.25 | 2538.41 | 38.72 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (2V)1F01 | 450 | 126 | 13 | 12600 | 7463608.1 | 57.70 |
| (2V)1F02 | 450 | 124 | 11 | 11200 | 6291930.7 | 59.86 |
| (2V)1F03 | 450 | 127 | 10 | 12100 | 6335465.3 | 65.79 |
| (2V)MF01 | 450 | 121 | 9 | 12000 | 4997488.5 | 70.81 |
| (2V)MF02 | 450 | 122 | 9 | 10900 | 5131968.3 | 70.28 |
| (2V)MF03 | 450 | 117 | 8 | 11900 | 4090369.3 | 92.25 |
| (2V)SF01 | 450 | 111 | 8 | 11300 | 3453612.5 | 98.47 |
| (2V)SF02 | 450 | 107 | 8 | 10500 | 3068189.3 | 99.27 |
| (2V)SF03 | 450 | 104 | 7 | 8900 | 2521906.4 | 99.48 |



Fuente: Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
TÉCNICA DE LABORATORIO
 -EPIC- UNISCJA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ **Especie de Bambú:** *Guadua Angustifolia*

Edad de la caña: 1-3 años () 4-6 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|---------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (3V)IC01 | 1291.90 | 696.60 | 1228425.56 | 85.46 | 567.07 |
| (3V)IC02 | 1176.90 | 870.60 | 1128145.92 | 35.18 | 771.71 |
| (3V)IC03 | 1142.20 | 627.50 | 913637.98 | 82.02 | 686.81 |
| (3V)MC01 | 965.60 | 573.30 | 704502.15 | 68.43 | 813.77 |
| (3V)MC02 | 777.00 | 481.00 | 635757.82 | 61.54 | 756.58 |
| (3V)MC03 | 801.30 | 501.30 | 625993.75 | 59.84 | 800.81 |
| (3V)SC01 | 710.10 | 544.30 | 482265.89 | 30.46 | 1128.63 |
| (3V)SC02 | 534.60 | 354.80 | 474506.15 | 50.68 | 747.72 |
| (3V)SC03 | 677.20 | 416.70 | 459175.18 | 62.51 | 907.50 |
| (3V)IF01 | 79.30 | 49.70 | 80000.00 | 59.56 | 621.25 |
| (3V)IF02 | 93.20 | 50.00 | 90000.00 | 86.40 | 555.56 |
| (3V)IF03 | 50.40 | 32.90 | 50000.00 | 53.19 | 658.00 |
| (3V)MF01 | 76.50 | 46.10 | 75000.00 | 65.94 | 614.67 |
| (3V)MF02 | 67.20 | 40.50 | 60000.00 | 65.93 | 675.00 |
| (3V)MF03 | 25.70 | 19.70 | 30000.00 | 30.46 | 656.67 |
| (3V)SF01 | 32.00 | 26.30 | 35000.00 | 21.67 | 751.43 |
| (3V)SF02 | 49.60 | 36.20 | 50000.00 | 37.02 | 724.00 |
| (3V)SF03 | 36.50 | 28.40 | 40000.00 | 28.52 | 710.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (3V)IC01 | 133 | 28 | 228897.02 | 9236.28 | 24.78 |
| (3V)IC02 | 133 | 25 | 234192.61 | 8482.30 | 27.61 |
| (3V)IC03 | 131 | 20 | 218913.85 | 6974.34 | 31.39 |
| (3V)MC01 | 138 | 13 | 164634.04 | 5105.09 | 32.25 |
| (3V)MC02 | 136 | 12 | 150473.24 | 4674.69 | 32.19 |
| (3V)MC03 | 135 | 12 | 131507.18 | 4636.99 | 28.36 |
| (3V)SC01 | 129 | 10 | 120621.79 | 3738.50 | 32.26 |
| (3V)SC02 | 128 | 10 | 146393.67 | 3707.08 | 39.49 |
| (3V)SC03 | 126 | 10 | 141362.86 | 3644.25 | 38.79 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (3V)IF01 | 450 | 136 | 15 | 20300 | 10595724 | 70.64 |
| (3V)IF02 | 450 | 143 | 15 | 19600 | 12522894 | 60.66 |
| (3V)IF03 | 450 | 140 | 14.8 | 13900 | 11565418 | 45.62 |
| (3V)MF01 | 450 | 138 | 11 | 11300 | 8914760 | 47.43 |
| (3V)MF02 | 450 | 136 | 11 | 10800 | 85022276 | 46.85 |
| (3V)MF03 | 450 | 131 | 10 | 10200 | 70044204 | 51.69 |
| (3V)SF01 | 450 | 126 | 9 | 12300 | 56940624 | 73.82 |
| (3V)SF02 | 450 | 124 | 9 | 8300 | 54081379 | 51.62 |
| (3V)SF03 | 450 | 117 | 9 | 10300 | 44831077 | 72.88 |



Fiorella Sinche
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UNISCJSA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

Especie de Bambú: *Guadua Angustifolia*

Edad de la caña: () 1-3 años 4-6 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|--------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (1M)IC01 | 811.30 | 569.30 | 540454.47 | 42.51 | 1053.37 |
| (1M)IC02 | 812.20 | 395.70 | 502152.17 | 105.26 | 788.01 |
| (1M)IC03 | 814.00 | 592.80 | 530030.66 | 37.31 | 1118.43 |
| (1M)MC01 | 554.10 | 379.80 | 451603.94 | 45.89 | 841.00 |
| (1M)MC02 | 491.50 | 291.20 | 436649.96 | 68.78 | 666.90 |
| (1M)MC03 | 505.50 | 319.60 | 429267.22 | 58.17 | 744.52 |
| (1M)SC01 | 405.40 | 262.60 | 268248.03 | 54.38 | 978.94 |
| (1M)SC02 | 308.60 | 188.10 | 357274.48 | 64.06 | 526.49 |
| (1M)SC03 | 336.00 | 207.50 | 344664.13 | 61.93 | 602.04 |
| (1M)IF01 | 40.50 | 25.50 | 40000.00 | 58.82 | 637.50 |
| (1M)IF02 | 84.20 | 47.60 | 80000.00 | 76.89 | 595.00 |
| (1M)IF03 | 42.30 | 24.20 | 40000.00 | 74.79 | 605.00 |
| (1M)MF01 | 71.70 | 40.80 | 70000.00 | 75.74 | 582.86 |
| (1M)MF02 | 55.60 | 30.40 | 52000.00 | 82.89 | 584.62 |
| (1M)MF03 | 22.50 | 15.00 | 20000.00 | 50.00 | 750.00 |
| (1M>SF01 | 40.50 | 26.40 | 40000.00 | 53.41 | 660.00 |
| (1M>SF02 | 30.40 | 24.90 | 30000.00 | 22.09 | 830.00 |
| (1M>SF03 | 39.30 | 29.60 | 40000.00 | 32.77 | 740.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (1M)IC01 | 112 | 16 | 123426.5 | 4825.49 | 25.58 |
| (1M)IC02 | 111 | 15 | 119199.83 | 4523.89 | 26.35 |
| (1M)IC03 | 117 | 14 | 120239.34 | 4530.18 | 26.54 |
| (1M)MC01 | 125 | 10 | 77864.8 | 3612.83 | 21.55 |
| (1M)MC02 | 123 | 10 | 97380.03 | 3550.00 | 27.43 |
| (1M)MC03 | 122 | 10 | 85102.11 | 3518.58 | 24.19 |
| (1M)SC01 | 114 | 7 | 73598.91 | 2353.05 | 31.28 |
| (1M)SC02 | 117 | 9 | 77423.5 | 3053.68 | 25.35 |
| (1M)SC03 | 115 | 9 | 76491.87 | 2997.08 | 25.52 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (1M)IF01 | 450 | 121 | 13 | 10900 | 6524118.76 | 54.80 |
| (1M)IF02 | 450 | 125 | 14 | 6900 | 7638553.99 | 30.58 |
| (1M)IF03 | 450 | 125 | 12 | 7100 | 6876171.92 | 34.99 |
| (1M)MF01 | 450 | 122 | 9 | 7900 | 5131968.31 | 50.90 |
| (1M)MF02 | 450 | 121 | 9 | 7500 | 4997488.51 | 49.24 |
| (1M)MF03 | 450 | 122 | 9 | 5100 | 5131968.31 | 32.90 |
| (1M>SF01 | 450 | 116 | 8 | 4300 | 379216.65 | 33.98 |
| (1M>SF02 | 450 | 107 | 7 | 4100 | 2762363.15 | 43.09 |
| (1M>SF03 | 450 | 105 | 7 | 5000 | 2600436.83 | 54.73 |



Nuria E. Vera Román
NURIA E. VERA ROMÁN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 ...IC - UNISCJSA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

Fecha de Ensayo:

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ Especie de Bambú: *Guadua Angustifolia*

Edad de la caña: () 1-3 años 4-6 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|--------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (2M)1C01 | 544.50 | 370.00 | 353353.78 | 47.16 | 1047.11 |
| (2M)1C02 | 555.20 | 254.20 | 368131.83 | 118.41 | 690.51 |
| (2M)1C03 | 530.00 | 347.30 | 334240.33 | 52.61 | 1039.07 |
| (2M)MCO1 | 327.30 | 253.10 | 208783.96 | 29.32 | 1212.26 |
| (2M)MCO2 | 233.40 | 143.10 | 250925.29 | 63.10 | 570.29 |
| (2M)MCO3 | 303.40 | 173.20 | 236071.84 | 75.17 | 733.67 |
| (2M)SCO1 | 195.50 | 132.50 | 152511.76 | 47.55 | 868.79 |
| (2M)SCO2 | 174.20 | 115.10 | 159373.00 | 51.35 | 722.21 |
| (2M)SCO3 | 202.30 | 130.80 | 159373.00 | 54.66 | 820.72 |
| (2M)1FO1 | 65.80 | 43.40 | 65000.00 | 51.61 | 667.69 |
| (2M)1FO2 | 54.80 | 37.00 | 55000.00 | 48.11 | 672.73 |
| (2M)1FO3 | 37.70 | 29.80 | 40000.00 | 26.51 | 745.00 |
| (2M)MFO1 | 37.50 | 30.30 | 40000.00 | 23.76 | 757.50 |
| (2M)MFO2 | 31.60 | 26.60 | 30000.00 | 48.80 | 886.67 |
| (2M)MFO3 | 36.60 | 29.30 | 40000.00 | 24.91 | 732.50 |
| (2M)SFO1 | 33.40 | 23.90 | 30000.00 | 39.75 | 796.67 |
| (2M)SFO2 | 40.10 | 28.10 | 40000.00 | 42.70 | 702.50 |
| (2M)SFO3 | 33.70 | 24.30 | 30000.00 | 38.68 | 810.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (2M)1C01 | 103 | 12 | 85759.15 | 3430.62 | 25.00 |
| (2M)1C02 | 105 | 12 | 83974.31 | 3506.02 | 23.95 |
| (2M)1C03 | 104 | 11 | 82542.57 | 3213.85 | 25.68 |
| (2M)MCO1 | 101 | 7 | 65233.84 | 2067.17 | 31.56 |
| (2M)MCO2 | 104 | 8 | 70813.82 | 2412.74 | 29.35 |
| (2M)MCO3 | 101 | 8 | 71941.58 | 2337.34 | 30.78 |
| (2M)SCO1 | 93 | 6 | 61536.73 | 1639.91 | 37.52 |
| (2M)SCO2 | 95 | 6 | 57947.49 | 1677.61 | 34.54 |
| (2M)SCO3 | 95 | 6 | 54721.11 | 1677.61 | 32.62 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (2M)1FO1 | 450 | 103 | 12 | 6000 | 3612870.8 | 46.34 |
| (2M)1FO2 | 450 | 105 | 12 | 8000 | 3853551.4 | 59.07 |
| (2M)1FO3 | 450 | 104 | 11 | 6200 | 3523182.3 | 49.60 |
| (2M)MFO1 | 450 | 101 | 7 | 4700 | 2295848.4 | 56.03 |
| (2M)MFO2 | 450 | 104 | 8 | 5000 | 2198782.1 | 50.39 |
| (2M)MFO3 | 450 | 101 | 8 | 5000 | 2515660.8 | 32.25 |
| (2M)SFO1 | 450 | 93 | 6 | 3300 | 1558940.7 | 53.36 |
| (2M)SFO2 | 450 | 95 | 6 | 4100 | 1668593.3 | 63.26 |
| (2M)SFO3 | 450 | 95 | 6 | 3800 | 1668593.3 | 58.64 |



Fiorella Sinche
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UNISCJSA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

Fecha de Ensayo:

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ **Especie de Bambú:** *Guadua Angustifolia*

Edad de la caña: () 1-3 años 4-6 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|--------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (3M)IC01 | 707.30 | 527.50 | 546354.38 | 34.09 | 965.49 |
| (3M)IC02 | 675.30 | 338.50 | 455436.69 | 99.50 | 743.24 |
| (3M)IC03 | 551.30 | 418.90 | 473657.39 | 31.61 | 884.58 |
| (3M)MC01 | 487.90 | 287.80 | 344664.13 | 69.53 | 835.02 |
| (3M)MC02 | 368.60 | 241.70 | 400364.57 | 52.50 | 603.70 |
| (3M)MC03 | 526.20 | 351.80 | 344664.13 | 49.57 | 1020.70 |
| (3M)SC01 | 370.90 | 221.40 | 271433.61 | 67.52 | 815.67 |
| (3M)SC02 | 343.50 | 205.60 | 235305.29 | 67.07 | 873.76 |
| (3M)SC03 | 250.60 | 171.30 | 271433.61 | 46.29 | 631.09 |
| (3M)IF01 | 46.80 | 35.70 | 50000.00 | 31.09 | 714.00 |
| (3M)IF02 | 78.80 | 45.50 | 80000.00 | 73.19 | 568.75 |
| (3M)IF03 | 69.90 | 43.60 | 70000.00 | 60.32 | 622.86 |
| (3M)MF01 | 47.30 | 36.10 | 50000.00 | 31.02 | 722.00 |
| (3M)MF02 | 48.40 | 37.10 | 50000.00 | 30.46 | 742.00 |
| (3M)MF03 | 51.30 | 35.00 | 50000.00 | 46.57 | 700.00 |
| (3M)SF01 | 45.20 | 27.90 | 45000.00 | 62.01 | 620.00 |
| (3M)SF02 | 31.00 | 25.40 | 30000.00 | 22.05 | 846.67 |
| (3M)SF03 | 30.10 | 23.30 | 30000.00 | 29.18 | 776.67 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (3M)IC01 | 110 | 17 | 118425.11 | 4966.86 | 23.84 |
| (3M)IC02 | 109 | 14 | 115934.22 | 4178.32 | 27.75 |
| (3M)IC03 | 111 | 14 | 113413.91 | 4266.28 | 26.58 |
| (3M)MC01 | 115 | 9 | 96016.91 | 2997.08 | 32.04 |
| (3M)MC02 | 118 | 10 | 91545.08 | 3392.92 | 26.98 |
| (3M)MC03 | 115 | 9 | 81885.53 | 2997.08 | 27.32 |
| (3M)SC01 | 108 | 8 | 78551.27 | 2513.27 | 31.25 |
| (3M)SC02 | 107 | 7 | 75707.34 | 2199.11 | 34.43 |
| (3M)SC03 | 108 | 8 | 81689.39 | 2513.27 | 32.50 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (3M)IF01 | 450 | 110 | 17 | 9100 | 5549222.1 | 48.87 |
| (3M)IF02 | 450 | 109 | 14 | 6900 | 4816034.1 | 42.37 |
| (3M)IF03 | 450 | 111 | 14 | 7100 | 5122205.8 | 41.72 |
| (3M)MF01 | 450 | 115 | 9 | 4800 | 4239743.4 | 35.28 |
| (3M)MF02 | 450 | 118 | 10 | 3600 | 4989289 | 23.06 |
| (3M)MF03 | 450 | 115 | 9 | 4100 | 4239743.4 | 30.15 |
| (3M)SF01 | 450 | 108 | 8 | 5100 | 3161698.9 | 47.21 |
| (3M)SF02 | 450 | 107 | 7 | 5200 | 2762363.2 | 54.59 |
| (3M)SF03 | 450 | 108 | 8 | 5300 | 3161698.9 | 49.09 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 PIC - UNISCJSA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

Fecha de Ensayo:

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ **Especie de Bambú:** *Guadua Angustifolia*

Edad de la caña: () 1-3 años 4-6 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|--------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (4M)IC01 | 732.10 | 508.90 | 572272.52 | 43.86 | 889.26 |
| (4M)IC02 | 603.50 | 336.90 | 521849.96 | 79.13 | 645.59 |
| (4M)IC03 | 555.90 | 297.80 | 552103.49 | 86.67 | 539.39 |
| (4M)MC01 | 442.00 | 349.70 | 376614.13 | 26.39 | 928.54 |
| (4M)MC02 | 450.00 | 329.50 | 376615.13 | 36.57 | 874.90 |
| (4M)MC03 | 468.40 | 291.40 | 281989.36 | 60.74 | 1033.37 |
| (4M)SC01 | 329.10 | 192.10 | 217448.48 | 71.32 | 883.43 |
| (4M)SC02 | 230.40 | 152.90 | 226288.92 | 50.69 | 675.68 |
| (4M)SC03 | 282.70 | 180.70 | 213094.23 | 56.45 | 847.98 |
| (4M)IF01 | 74.60 | 54.30 | 75000.00 | 37.38 | 724.00 |
| (4M)IF02 | 80.60 | 43.40 | 80000.00 | 85.71 | 572.50 |
| (4M)IF03 | 40.60 | 33.90 | 40000.00 | 19.76 | 847.50 |
| (4M)MF01 | 46.20 | 37.60 | 45000.00 | 22.87 | 835.56 |
| (4M)MF02 | 43.10 | 35.10 | 45000.00 | 22.79 | 780.00 |
| (4M)MF03 | 30.50 | 25.10 | 30000.00 | 21.51 | 836.67 |
| (4M)SF01 | 35.30 | 28.30 | 35000.00 | 24.73 | 608.57 |
| (4M)SF02 | 32.40 | 27.00 | 30000.00 | 20.00 | 900.00 |
| (4M)SF03 | 38.10 | 32.50 | 40000.00 | 17.23 | 812.50 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (4M)IC01 | 115 | 16 | 108186.96 | 4976.28 | 21.74 |
| (4M)IC02 | 113 | 15 | 109383.37 | 4618.14 | 23.69 |
| (4M)IC03 | 116 | 15 | 104695.8 | 4759.51 | 22.00 |
| (4M)MC01 | 120 | 9 | 118552.59 | 3138.45 | 37.77 |
| (4M)MC02 | 120 | 9 | 99341.36 | 3138.45 | 31.65 |
| (4M)MC03 | 110 | 8 | 73285.1 | 2563.51 | 28.59 |
| (4M)SC01 | 103 | 7 | 71814.1 | 2111.15 | 34.02 |
| (4M)SC02 | 105 | 7 | 76413.42 | 2155.13 | 35.46 |
| (4M)SC03 | 102 | 7 | 7147.25 | 2089.16 | 34.06 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (4M)IF01 | 450 | 113 | 12.5 | 8700 | 5059820.9 | 52.71 |
| (4M)IF02 | 450 | 111 | 9.8 | 7100 | 4026068.5 | 53.07 |
| (4M)IF03 | 450 | 115 | 10.4 | 6900 | 4720200.7 | 45.55 |
| (4M)MF01 | 450 | 111 | 8.3 | 5000 | 3553666.7 | 42.37 |
| (4M)MF02 | 450 | 111 | 8.5 | 5000 | 3619318.2 | 41.57 |
| (4M)MF03 | 450 | 111 | 7.5 | 4700 | 3282590.5 | 43.09 |
| (4M)SF01 | 450 | 104 | 7.5 | 4300 | 2662677.2 | 45.55 |
| (4M)SF02 | 450 | 99 | 6.5 | 4100 | 2030194.6 | 54.23 |
| (4M)SF03 | 450 | 100 | 7 | 4600 | 2223618.5 | 56.10 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UINCSJA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

o **Especie de Bambú:** *Phyllostachys aurea*

Edad de la caña: (X) 6 meses-1.5 años () 2-3 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS (CONTENIDO DE HUMEDAD, DENSIDAD)

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|-------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (1V)IC01 | 15.10 | 10.60 | 16852.92 | 42.45 | 628.97 |
| (1V)IC02 | 13.80 | 9.80 | 14515.26 | 40.82 | 675.15 |
| (1V)IC03 | 16.70 | 11.20 | 20421.14 | 49.11 | 548.45 |
| (1V)IC04 | 11.60 | 8.10 | 13581.29 | 43.21 | 596.41 |
| (1V)IC05 | 11.00 | 8.00 | 14083.92 | 37.50 | 568.02 |
| (1V)MC01 | 11.60 | 8.20 | 12172.01 | 41.46 | 673.68 |
| (1V)MC02 | 10.90 | 7.80 | 11850.81 | 39.74 | 658.18 |
| (1V)MC03 | 11.30 | 8.00 | 12028.02 | 41.25 | 665.11 |
| (1V)MC04 | 11.20 | 8.00 | 12028.02 | 40.00 | 665.11 |
| (1V)MC05 | 16.50 | 10.70 | 13434.49 | 54.21 | 796.46 |
| (1V)IF01 | 20.70 | 13.50 | 20000.00 | 53.33 | 675.00 |
| (1V)IF02 | 15.80 | 11.70 | 15000.00 | 35.04 | 780.00 |
| (1V)IF03 | 24.90 | 14.00 | 25000.00 | 77.86 | 560.00 |
| (1V)MF01 | 17.00 | 9.50 | 15000.00 | 78.95 | 633.33 |
| (1V)MF02 | 14.40 | 9.40 | 15000.00 | 53.19 | 626.67 |
| (1V)MF03 | 18.20 | 11.30 | 20000.00 | 61.06 | 565.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (1V)IC01 | 32.5 | 6.3 | 11524.48 | 518.55 | 33.80 |
| (1V)IC02 | 35.0 | 4.3 | 13964.67 | 414.72 | 33.67 |
| (1V)IC03 | 37.5 | 5.4 | 14121.58 | 544.56 | 25.93 |
| (1V)IC04 | 36.5 | 3.6 | 11493.39 | 372.09 | 30.89 |
| (1V)IC05 | 36.3 | 3.8 | 12670.19 | 387.99 | 32.66 |
| (1V)MC01 | 35.5 | 3.4 | 11326.68 | 342.87 | 33.03 |
| (1V)MC02 | 35.5 | 3.3 | 10404.86 | 333.83 | 31.17 |
| (1V)MC03 | 35.3 | 3.4 | 12209.28 | 340.74 | 35.83 |
| (1V)MC04 | 35.3 | 3.4 | 11689.53 | 340.74 | 34.31 |
| (1V)MC05 | 35.5 | 3.8 | 13739.12 | 378.44 | 36.30 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (1V)IF01 | 450 | 33.5 | 4.6 | 2100 | 44707.15 | 59.01 |
| (1V)IF02 | 450 | 36.0 | 4.0 | 2100 | 52276.10 | 54.23 |
| (1V)IF03 | 450 | 35.8 | 3.5 | 2500 | 46860.31 | 71.62 |
| (1V)MF01 | 450 | 34.8 | 3.3 | 2200 | 40949.25 | 70.11 |
| (1V)MF02 | 450 | 33.5 | 3.0 | 1900 | 33749.1 | 70.72 |
| (1V)MF03 | 450 | 31.0 | 2.5 | 2300 | 22901.47 | 116.75 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UNISCJSA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ **Especie de Bambú:** *Phyllostachys aurea* **Edad de la caña:** (X) 6 meses-1.5 años () 2-3 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS (CONTENIDO DE HUMEDAD, DENSIDAD)

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|-------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (2V)1C01 | 13.50 | 9.50 | 13112.22 | 42.11 | 724.51 |
| (2V)1C02 | 16.10 | 10.90 | 13741.61 | 47.41 | 793.21 |
| (2V)1C03 | 14.10 | 9.80 | 14038.99 | 43.88 | 698.06 |
| (2V)1C04 | 14.00 | 9.70 | 13125.32 | 44.33 | 739.03 |
| (2V)1C05 | 15.30 | 10.50 | 12440.71 | 45.71 | 844.00 |
| (2V)M01 | 13.00 | 8.90 | 11909.26 | 46.07 | 747.32 |
| (2V)M02 | 16.10 | 10.40 | 12490.97 | 54.81 | 832.60 |
| (2V)M03 | 11.90 | 8.60 | 12279.66 | 38.37 | 700.35 |
| (2V)M04 | 11.20 | 8.40 | 11909.26 | 33.33 | 705.33 |
| (2V)M05 | 11.20 | 8.30 | 11023.50 | 34.94 | 752.94 |
| (2V)1F01 | 14.40 | 10.90 | 15000.00 | 32.11 | 726.67 |
| (2V)1F02 | 20.40 | 14.80 | 20000.00 | 37.81 | 740.00 |
| (2V)1F03 | 19.30 | 13.20 | 20000.00 | 46.21 | 660.00 |
| (2V)MF01 | 12.30 | 9.10 | 10000.00 | 35.16 | 910.00 |
| (2V)MF02 | 15.50 | 10.50 | 15000.00 | 47.62 | 700.00 |
| (2V)MF03 | 11.00 | 8.60 | 10000.00 | 27.91 | 860.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (2V)1C01 | 31.50 | 5.0 | 18250.18 | 416.26 | 43.84 |
| (2V)1C02 | 31.5 | 5.3 | 17720.62 | 436.24 | 40.62 |
| (2V)1C03 | 32.5 | 5.0 | 18995.48 | 431.97 | 43.97 |
| (2V)1C04 | 32.0 | 4.8 | 16867.44 | 410.17 | 41.12 |
| (2V)1C05 | 32.0 | 4.5 | 15965.23 | 388.77 | 41.07 |
| (2V)M01 | 34.3 | 3.6 | 14052.93 | 347.21 | 40.47 |
| (2V)M02 | 35.5 | 3.5 | 12405.41 | 351.86 | 35.26 |
| (2V)M03 | 34.8 | 3.6 | 13533.18 | 352.86 | 38.35 |
| (2V)M04 | 34.3 | 3.6 | 12395.61 | 347.21 | 35.70 |
| (2V)M05 | 34.3 | 3.3 | 12150.44 | 321.38 | 37.81 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (2V)1F01 | 450 | 34.3 | 4.6 | 2900 | 48459.86 | 76.97 |
| (2V)1F02 | 450 | 35.0 | 3.8 | 2800 | 45994.12 | 79.90 |
| (2V)1F03 | 450 | 34.8 | 3.8 | 1900 | 45123.81 | 54.95 |
| (2V)MF01 | 450 | 31.0 | 2.8 | 1100 | 24901.52 | 51.35 |
| (2V)MF02 | 450 | 32.3 | 3.0 | 2100 | 29944.24 | 84.95 |
| (2V)MF03 | 450 | 33.5 | 3.5 | 2100 | 37615.17 | 70.13 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 UNISCJSA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ Especie de Bambú: *Phyllostachys aurea* Edad de la caña: 6 meses-1.5 años () 2-3 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS (CONTENIDO DE HUMEDAD, DENSIDAD)

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|-------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (3V)IC01 | 33.60 | 17.00 | 27668.04 | 97.65 | 614.43 |
| (3V)IC02 | 35.70 | 17.70 | 26049.93 | 101.69 | 679.46 |
| (3V)IC03 | 27.60 | 14.70 | 19789.13 | 87.76 | 742.83 |
| (3V)IC04 | 27.10 | 14.00 | 21769.82 | 93.57 | 565.20 |
| (3V)IC05 | 37.80 | 19.40 | 23862.03 | 94.85 | 813.01 |
| (3V)MC01 | 22.10 | 11.50 | 20528.83 | 92.17 | 560.19 |
| (3V)MC02 | 30.80 | 14.90 | 21065.85 | 106.71 | 707.31 |
| (3V)MC03 | 22.30 | 11.40 | 19358.37 | 95.61 | 588.89 |
| (3V)MC04 | 20.90 | 11.00 | 19486.95 | 90.00 | 564.48 |
| (3V)MC05 | 21.10 | 11.40 | 18383.22 | 85.09 | 620.13 |
| (3V)IF01 | 25.80 | 16.50 | 25000.00 | 56.36 | 660.00 |
| (3V)IF02 | 19.50 | 12.30 | 20000.00 | 58.54 | 615.00 |
| (3V)IF03 | 21.10 | 11.80 | 20000.00 | 78.81 | 590.00 |
| (3V)MF01 | 18.20 | 10.80 | 20000.00 | 68.52 | 540.00 |
| (3V)MF02 | 18.10 | 9.10 | 20000.00 | 98.90 | 455.00 |
| (3V)MF03 | 21.60 | 11.40 | 20000.00 | 89.47 | 570.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{c,ult} (N) | A (mm ²) | σ _{c,ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|------------------------|----------------------|--------------------------|
| (3V)IC01 | 43.5 | 5.3 | 17691.20 | 636.05 | 27.81 |
| (3V)IC02 | 43.3 | 5.0 | 10659.83 | 601.61 | 17.72 |
| (3V)IC03 | 41.3 | 4.1 | 11542.43 | 479.16 | 24.09 |
| (3V)IC04 | 43.0 | 4.8 | 15376.83 | 576.04 | 26.69 |
| (3V)IC05 | 43.0 | 4.6 | 15072.82 | 554.93 | 27.16 |
| (3V)MC01 | 40.8 | 4.4 | 13062.46 | 503.16 | 25.96 |
| (3V)MC02 | 41.3 | 4.4 | 9836.07 | 510.07 | 19.28 |
| (3V)MC03 | 41.3 | 4.0 | 8806.37 | 468.73 | 18.79 |
| (3V)MC04 | 41.0 | 4.1 | 8404.30 | 475.29 | 17.68 |
| (3V)MC05 | 40.3 | 4.0 | 7462.86 | 456.16 | 16.36 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{c,ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|--------------------------|
| (3V)IF01 | 450 | 41.8 | 4.8 | 2500 | 97085.54 | 40.36 |
| (3V)IF02 | 450 | 41.0 | 4.3 | 2400 | 84615.11 | 43.61 |
| (3V)IF03 | 450 | 39.5 | 4.1 | 2100 | 72383.65 | 42.97 |
| (3V)MF01 | 450 | 37.5 | 4.0 | 2100 | 59896.62 | 49.30 |
| (3V)MF02 | 450 | 37.0 | 4.1 | 2300 | 58226.98 | 54.81 |
| (3V)MF03 | 450 | 36.5 | 3.5 | 2100 | 49949.11 | 57.55 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UNISGISA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

o Especie de Bambú: *Phyllostachys aurea* Edad de la caña: (X) 6 meses-1.5 años () 2-3 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS (CONTENIDO DE HUMEDAD, DENSIDAD)

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|-------|--------|----------------------|--------|-----------------------------|
| (4V)IC01 | 21.50 | 8.90 | 14623.64 | 141.57 | 608.60 |
| (4V)IC02 | 25.20 | 10.40 | 13734.26 | 142.31 | 757.23 |
| (4V)IC03 | 23.20 | 9.50 | 13808.24 | 144.21 | 687.99 |
| (4V)IC04 | 26.70 | 10.40 | 14631.97 | 156.73 | 710.77 |
| (4V)IC05 | 27.30 | 11.40 | 13734.26 | 139.47 | 830.04 |
| (4V)MC01 | 14.50 | 6.50 | 10821.34 | 123.08 | 600.66 |
| (4V)MC02 | 10.90 | 5.40 | 10231.73 | 101.85 | 527.77 |
| (4V)MC03 | 13.40 | 7.60 | 10821.34 | 76.32 | 702.32 |
| (4V)MC04 | 9.80 | 5.50 | 11023.50 | 78.18 | 498.93 |
| (4V)MC05 | 9.60 | 5.60 | 8712.45 | 71.43 | 642.76 |
| (4V)IF01 | 19.00 | 9.40 | 20000.00 | 102.13 | 470.00 |
| (4V)IF02 | 16.40 | 7.00 | 15000.00 | 134.29 | 466.67 |
| (4V)MF01 | 7.30 | 5.60 | 10000.00 | 30.36 | 560.00 |
| (4V)MF02 | 7.30 | 4.50 | 10000.00 | 62.22 | 450.00 |
| (4V)MF03 | 10.00 | 4.30 | 10000.00 | 132.56 | 430.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ_{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|
| (4V)IC01 | 34.8 | 4.4 | 7256.92 | 420.22 | 17.27 |
| (4V)IC02 | 33.5 | 4.5 | 7825.71 | 409.98 | 19.09 |
| (4V)IC03 | 32.5 | 4.9 | 7217.11 | 424.87 | 17.06 |
| (4V)IC04 | 34.5 | 4.5 | 7041.17 | 424.12 | 16.60 |
| (4V)IC05 | 33.5 | 4.5 | 7502.09 | 409.98 | 18.30 |
| (4V)MC01 | 34.0 | 3.3 | 1990.75 | 318.27 | 6.25 |
| (4V)MC02 | 34.0 | 3.1 | 2039.78 | 300.93 | 6.78 |
| (4V)MC03 | 34.0 | 3.3 | 2167.27 | 318.27 | 6.81 |
| (4V)MC04 | 34.3 | 3.3 | 1686.74 | 321.38 | 5.25 |
| (4V)MC05 | 31.5 | 3.1 | 2029.98 | 276.59 | 7.34 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ_{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|----------------------|
| (4V)IF01 | 450 | 35.0 | 4.3 | 1600 | 49817.4 | 42.15 |
| (4V)IF02 | 450 | 36.0 | 3.9 | 1600 | 51404.77 | 42.02 |
| (4V)MF01 | 450 | 32.5 | 3.0 | 1400 | 30557.34 | 55.84 |
| (4V)MF02 | 450 | 31.0 | 2.8 | 1600 | 24901.52 | 74.69 |
| (4V)MF03 | 450 | 28.8 | 2.8 | 1400 | 19549.96 | 77.34 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UNISCJSA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

o Especie de Bambú: *Phyllostachys aurea* Edad de la caña: () 6 meses-1.5 años (X) 2-3 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS (CONTENIDO DE HUMEDAD, DENSIDAD)

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|-------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (1M)IC01 | 29.00 | 14.00 | 19550.92 | 107.14 | 716.08 |
| (1M)IC02 | 27.10 | 13.00 | 20173.64 | 108.46 | 644.41 |
| (1M)IC03 | 32.60 | 16.50 | 18598.23 | 97.58 | 887.18 |
| (1M)IC04 | 27.90 | 14.10 | 19020.76 | 97.67 | 741.30 |
| (1M)IC05 | 25.50 | 14.00 | 18401.88 | 82.14 | 760.79 |
| (1M)MC01 | 25.50 | 12.50 | 17286.30 | 104.00 | 723.12 |
| (1M)MC02 | 21.30 | 9.80 | 19290.64 | 117.35 | 508.02 |
| (1M)MC03 | 23.20 | 10.00 | 17229.06 | 132.00 | 580.41 |
| (1M)MC04 | 21.80 | 9.70 | 17229.06 | 124.74 | 563.00 |
| (1M)MC05 | 29.60 | 12.80 | 18010.84 | 131.25 | 710.68 |
| (1M)IF01 | 30.40 | 12.70 | 30000.00 | 139.37 | 423.33 |
| (1M)IF02 | 26.00 | 14.60 | 25000.00 | 78.08 | 584.00 |
| (1M)IF03 | 27.40 | 14.50 | 30000.00 | 88.97 | 483.33 |
| (1M)MF01 | 22.10 | 12.30 | 20000.00 | 79.67 | 615.00 |
| (1M)MF02 | 20.90 | 11.50 | 20000.00 | 81.71 | 575.00 |
| (1M)MF03 | 16.00 | 9.00 | 15000.00 | 77.78 | 600.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (1M)IC01 | 36.5 | 5.5 | 15769.09 | 535.64 | 29.44 |
| (1M)IC02 | 36.3 | 5.8 | 16377.11 | 555.75 | 29.47 |
| (1M)IC03 | 37.0 | 5.0 | 14788.43 | 502.65 | 29.42 |
| (1M)IC04 | 35.8 | 5.6 | 15886.77 | 531.31 | 29.90 |
| (1M)IC05 | 35.5 | 5.5 | 15788.71 | 518.36 | 30.46 |
| (1M)MC01 | 40.0 | 3.8 | 8051.26 | 432.16 | 18.63 |
| (1M)MC02 | 40.0 | 4.3 | 7511.89 | 482.21 | 15.58 |
| (1M)MC03 | 39.5 | 3.9 | 7423.63 | 436.18 | 17.02 |
| (1M)MC04 | 39.5 | 3.9 | 7560.93 | 436.18 | 17.33 |
| (1M)MC05 | 39.5 | 4.1 | 8355.27 | 455.97 | 18.32 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (1M)IF01 | 450 | 40.8 | 5.1 | 2200 | 92984.09 | 36.20 |
| (1M)IF02 | 450 | 38.5 | 4.8 | 2400 | 73606.01 | 47.07 |
| (1M)IF03 | 450 | 36.3 | 5.1 | 2300 | 62451.91 | 50.13 |
| (1M)MF01 | 450 | 37.3 | 3.8 | 1700 | 56823.81 | 41.85 |
| (1M)MF02 | 450 | 35.8 | 3.5 | 1800 | 46860.31 | 51.57 |
| (1M)MF03 | 450 | 35.0 | 3.0 | 1600 | 38943.18 | 53.92 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UNISCJA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ Especie de Bambú: *Phyllostachys aurea* Edad de la caña: () 6 meses-1.5 años (X) 2-3 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS (CONTENIDO DE HUMEDAD, DENSIDAD)

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|-------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (2M)1C01 | 57.70 | 28.60 | 36323.09 | 101.75 | 787.38 |
| (2M)1C02 | 53.70 | 24.50 | 47486.37 | 119.18 | 515.94 |
| (2M)1C03 | 52.60 | 25.00 | 40362.93 | 110.40 | 619.38 |
| (2M)1C04 | 50.10 | 23.70 | 42292.67 | 111.39 | 560.38 |
| (2M)1C05 | 54.30 | 24.30 | 38853.65 | 123.46 | 625.42 |
| (2M)M01 | 27.90 | 15.60 | 24722.76 | 78.85 | 631.00 |
| (2M)M02 | 31.70 | 15.00 | 27478.88 | 111.33 | 545.87 |
| (2M)M03 | 30.00 | 13.80 | 26026.83 | 117.39 | 530.22 |
| (2M)M04 | 40.40 | 18.30 | 26026.26 | 120.77 | 703.14 |
| (2M)M05 | 33.30 | 15.50 | 25537.23 | 114.84 | 606.96 |
| (2M)1F01 | 35.00 | 20.30 | 35000.00 | 72.41 | 580.00 |
| (2M)1F02 | 37.90 | 22.00 | 40000.00 | 72.27 | 550.00 |
| (2M)1F03 | 38.90 | 22.90 | 40000.00 | 70.61 | 570.00 |
| (2M)MF01 | 28.90 | 17.10 | 30000.00 | 69.01 | 570.00 |
| (2M)MF02 | 26.70 | 15.40 | 30000.00 | 73.38 | 513.33 |
| (2M)MF03 | 20.90 | 11.60 | 20000.00 | 80.17 | 580.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (2M)1C01 | 47.0 | 6.0 | 29518.02 | 772.83 | 38.19 |
| (2M)1C02 | 49.3 | 7.3 | 28409.87 | 963.21 | 29.49 |
| (2M)1C03 | 47.0 | 6.8 | 27017.32 | 858.79 | 31.46 |
| (2M)1C04 | 48.3 | 6.7 | 27282.10 | 875.62 | 31.16 |
| (2M)1C05 | 48.5 | 6.0 | 23526.15 | 801.11 | 29.37 |
| (2M)M01 | 42.6 | 4.9 | 13709.70 | 580.35 | 23.62 |
| (2M)M02 | 44.4 | 5.0 | 16994.92 | 618.89 | 27.46 |
| (2M)M03 | 44.4 | 4.7 | 19152.39 | 586.19 | 32.67 |
| (2M)M04 | 44.8 | 4.6 | 18956.25 | 580.94 | 32.63 |
| (2M)M05 | 44.4 | 4.6 | 17318.54 | 575.16 | 30.11 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (2M)1F01 | 450 | 46.8 | 6.1 | 4800 | 165127.96 | 51.01 |
| (2M)1F02 | 450 | 46.5 | 5.8 | 3600 | 156675.97 | 40.07 |
| (2M)1F03 | 450 | 46.5 | 6.0 | 3400 | 159957.63 | 37.06 |
| (2M)MF01 | 450 | 41.8 | 4.5 | 3300 | 93041.01 | 55.60 |
| (2M)MF02 | 450 | 39.3 | 3.8 | 2400 | 67526.84 | 52.38 |
| (2M)MF03 | 450 | 34.8 | 3.6 | 2200 | 43508.09 | 65.99 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UNISC/JSA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizan

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

○ Especie de Bambú: *Phyllostachys aurea* Edad de la caña: () 6 meses-1.5 años (X) 2-3 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS (CONTENIDO DE HUMEDAD, DENSIDAD)

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|-----------|-------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (3M) 1C01 | 63.30 | 30.90 | 41596.26 | 104.85 | 742.86 |
| (3M) 1C02 | 52.50 | 25.90 | 42699.82 | 102.70 | 606.56 |
| (3M) 1C03 | 58.30 | 28.90 | 38198.27 | 101.73 | 756.58 |
| (3M) 1C04 | 46.70 | 24.30 | 37959.01 | 92.18 | 640.16 |
| (3M) 1C05 | 61.60 | 30.00 | 42523.99 | 105.33 | 705.48 |
| (3M) M01 | 46.00 | 22.40 | 29260.26 | 105.36 | 765.54 |
| (3M) M02 | 36.00 | 18.40 | 28974.78 | 95.65 | 635.04 |
| (3M) M03 | 35.80 | 17.80 | 26987.85 | 101.12 | 659.56 |
| (3M) M04 | 36.00 | 18.30 | 31981.12 | 96.72 | 572.21 |
| (3M) M05 | 43.70 | 21.60 | 27609.89 | 102.31 | 782.33 |
| (3M) IF01 | 51.20 | 29.20 | 50000.00 | 75.34 | 564.00 |
| (3M) IF02 | 24.30 | 14.20 | 25000.00 | 71.13 | 568.00 |
| (3M) IF03 | 35.70 | 21.30 | 35000.00 | 67.61 | 608.57 |
| (3M) MF01 | 35.00 | 21.90 | 35000.00 | 59.82 | 625.71 |
| (3M) MF02 | 24.90 | 12.70 | 25000.00 | 96.06 | 508.00 |
| (3M) MF03 | 23.80 | 14.90 | 25000.00 | 59.73 | 596.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|-----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (3M) 1C01 | 48.5 | 6.5 | 30694.81 | 857.65 | 35.79 |
| (3M) 1C02 | 48.8 | 6.6 | 35107.81 | 875.00 | 40.12 |
| (3M) 1C03 | 47.8 | 6.1 | 30851.72 | 799.13 | 38.61 |
| (3M) 1C04 | 48.3 | 5.9 | 32646.34 | 785.90 | 41.54 |
| (3M) 1C05 | 49.3 | 6.4 | 32381.56 | 862.56 | 37.54 |
| (3M) M01 | 47.8 | 4.5 | 21103.91 | 612.14 | 34.48 |
| (3M) M02 | 46.3 | 4.8 | 19073.93 | 625.81 | 30.48 |
| (3M) M03 | 46.0 | 4.5 | 23231.95 | 586.69 | 39.60 |
| (3M) M04 | 47.3 | 5.1 | 21966.9 | 676.13 | 32.49 |
| (3M) M05 | 46.5 | 4.5 | 22604.33 | 593.76 | 38.07 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|-----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (3M) IF01 | 450 | 51.5 | 6.0 | 3600 | 225804.43 | 30.79 |
| (3M) IF02 | 450 | 48.0 | 5.3 | 3300 | 164535.34 | 36.10 |
| (3M) IF03 | 450 | 46.3 | 5.0 | 3100 | 140345.74 | 38.35 |
| (3M) MF01 | 450 | 45.8 | 4.8 | 3300 | 131693.63 | 43.04 |
| (3M) MF02 | 450 | 42.3 | 4.0 | 2300 | 89212.89 | 40.90 |
| (3M) MF03 | 450 | 40.3 | 4.1 | 2300 | 77357.97 | 44.93 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UNISCJA



FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS LABORATORIO

Investigación: Influencia de la Edad del Bambú en sus Propiedades Físicas y Mecánicas para la Construcción Sostenible, Chanchamayo, 2025.

Investigador Responsable: Bach. Alionka Fiorella Sinche Villaizán

Fecha de Ensayo:

Referencia Normativa: NTC 5525, ISO 22157

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑA:

o Especie de Bambú: *Phyllostachys aurea* Edad de la caña: () 6 meses-1.5 años (X) 2-3 años

2. PROPIEDADES FÍSICAS (CONTENIDO DE HUMEDAD, DENSIDAD)

| ID | m (g) | mo (g) | V (mm ³) | CH (%) | ρ (kg/m ³) |
|----------|-------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| (4M)IC01 | 38.70 | 19.00 | 24866.71 | 103.68 | 764.07 |
| (4M)IC02 | 37.60 | 18.30 | 25939.18 | 105.46 | 705.50 |
| (4M)IC03 | 45.90 | 21.30 | 25814.47 | 115.49 | 825.12 |
| (4M)IC04 | 37.50 | 17.40 | 25152.90 | 115.52 | 691.77 |
| (4M)IC05 | 45.00 | 20.90 | 26488.34 | 115.31 | 789.03 |
| (4M)MC01 | 22.80 | 14.60 | 24161.36 | 56.16 | 604.27 |
| (4M)MC02 | 27.50 | 13.50 | 21175.12 | 103.70 | 637.54 |
| (4M)MC03 | 28.90 | 14.20 | 20742.81 | 103.52 | 684.57 |
| (4M)MC04 | 34.50 | 16.20 | 21156.27 | 112.96 | 765.73 |
| (4M)MC05 | 30.90 | 14.70 | 23184.95 | 110.20 | 634.03 |
| (4M)IF01 | 32.40 | 19.20 | 30000.00 | 68.75 | 640.00 |
| (4M)IF02 | 45.40 | 21.30 | 45000.00 | 113.15 | 473.33 |
| (4M)IF03 | 41.10 | 19.00 | 40000.00 | 116.32 | 475.00 |
| (4M)MF01 | 21.60 | 12.90 | 20000.00 | 67.44 | 645.00 |
| (4M)MF02 | 23.50 | 13.60 | 25000.00 | 72.79 | 544.00 |
| (4M)MF03 | 16.70 | 11.30 | 20000.00 | 47.79 | 565.00 |

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

| ID | D (mm) | t (mm) | F _{ult} (N) | A (mm ²) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
| (4M)IC01 | 40.5 | 5.6 | 20711.64 | 613.99 | 33.73 |
| (4M)IC02 | 41.3 | 5.6 | 20211.51 | 628.07 | 32.18 |
| (4M)IC03 | 41.5 | 5.5 | 20054.60 | 622.04 | 32.24 |
| (4M)IC04 | 41.3 | 5.4 | 21564.82 | 609.03 | 35.41 |
| (4M)IC05 | 42.0 | 5.5 | 20956.81 | 630.67 | 33.23 |
| (4M)MC01 | 42.5 | 4.8 | 13405.69 | 568.50 | 23.58 |
| (4M)MC02 | 41.8 | 4.3 | 8433.72 | 506.58 | 16.65 |
| (4M)MC03 | 41.0 | 4.4 | 14768.81 | 505.92 | 29.19 |
| (4M)MC04 | 41.0 | 4.5 | 10591.18 | 516.01 | 20.53 |
| (4M)MC05 | 41.0 | 5.0 | 16504.59 | 565.49 | 29.19 |

4. ENSAYO DE FLEXIÓN

| ID | L (mm) | D (mm) | t (mm) | F (N) | IB (mm ⁴) | σ _{ult} (MPa) |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------------------|------------------------|
| (4M)IF01 | 450 | 42.3 | 5.3 | 2900 | 107587.51 | 42.76 |
| (4M)IF02 | 450 | 42.5 | 5.1 | 2900 | 106720.15 | 43.31 |
| (4M)IF03 | 450 | 41.5 | 4.8 | 2700 | 94768.84 | 44.34 |
| (4M)MF01 | 450 | 40.0 | 4.5 | 2600 | 80330.48 | 48.55 |
| (4M)MF02 | 450 | 38.8 | 4.4 | 2600 | 71488.39 | 52.92 |
| (4M)MF03 | 450 | 37.3 | 4.1 | 2600 | 59817.92 | 60.80 |



Nuria E. Vera Roman
NURIA E. VERA ROMAN
 TÉCNICA DE LABORATORIO
 EPIC - UNISCASA

Anexo 9: Certificado del ensayo de flexión



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

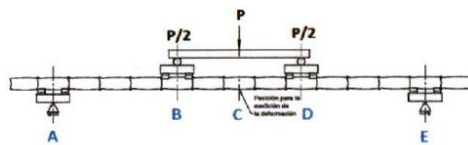
INFORME

Del : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
 A : ALIONKA FIORELLA SINCHE VILLAIZAN
 Obra : INFLUENCIA DE LA EDAD DEL BAMBÚ EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS PARA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE, CHANCHAMAYO, 2025
 Ubicación : LA MERCED CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO DE JUNIN - PROVINCIA DE CHANCHAMAYO - DISTRITO DE CHANCHAMAYO
 Asunto : Ensayo de Flexión en Bambú
 Expediente N° : 25-0693
 Recibo N° : 85362
 Fecha de emisión : 05/05/2025

- 1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en una muestra de BAMBÚ.
 2.0. DEL EQUIPO : Máquina Universal Alfred Amsler con celda de carga: LF-B-068-2024
 Vernier digital INSIZE. Certificado de calibración: MT-LL-225-2023
 Balanza Digital A&D GF-20K. Certificado de calibración: TC-05011-2023
 Estufa (horno) HUMBOLD. Certificado de calibración: LT-B-019-2024
 3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1.
 Procedimiento interno AT-PR-17.
 4.0. RESULTADOS : Fecha de Ensayo : 29/04/2025

| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | DIAMETRO EXTERIOR d (mm) | ESPESOR e (mm) | DISTANCIA ENTRE APOYOS L (mm) | CARGA MÁXIMA P (Kg) | ESFUERZO (Kg/mm ²) | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------|
| BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA | 118.6 | 8.7 | 3,000 | 506 | 3.29 | 51.44 |

| | DIMENSIONES | | | | |
|---------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | A | B | C | D | E |
| DIAMETRO EXTERIOR (mm) | 113.2 | 116.8 | 118.6 | 120.7 | 127.6 |
| ESPESOR (mm) | 8.6 | 8.7 | 8.7 | 9.1 | 9.3 |
| LONGITUD ENTRE NUDOS (cm) | 42.5 | 41.0 | 40.0 | 37.0 | 36.0 |



$$ESFUERZO = \frac{P L d}{12 \left[\frac{\pi}{64} (d^4 - (d - 2e)^4) \right]}$$

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. A.S.V.
 Digitado por : J.B.F.



NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381 - 3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 10: Certificados de calibración de equipos



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 089



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT-C-LM-295-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| 1. Orden de trabajo | OT 0456-25 | Los resultados se relacionan solamente con el/los ítem(s) sometidos a calibración y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 2. Solicitante | UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA | |
| 3. Dirección | Jr. Los Cedros Nro. 141, Urb. La Merced, Chanchamayo - Chanchamayo - JUNIN | |
| 4. Equipo de medición | BALANZA ELECTRÓNICA | |
| Capacidad Máxima | 2200 g | |
| División de escala (d) | 0.1 g | |
| Div. de verificación (e) | 0.1 g | |
| Clase de exactitud | II | |
| Marca | OHAUS | |
| Modelo | NV2201 | |
| Número de Serie | 8342215951 | |
| Capacidad mínima | 5 g | |
| Procedencia | U.S.A. | |
| Identificación | 602206860011 (*) | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Ubicación | LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS | |
| 5. Fecha de Calibración | 2025-06-06 | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |

Fecha de Emisión
2025-06-20

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

Firmado
digitalmente por
José De la Torre
Fecha: 2025.06.20
17:23:48 -05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 909 1342
Cel.: (511) 981 253 166 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.pe
coordinaciones@metrologiatecnicas.pe
gerencia@metrologiatecnicas.pe
www.metrologiatecnicas.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT-C-LM-295-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa según el PC-011 Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II (4ta Ed. Abril 2010).

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
Jr. Los Cedros Nro. 141, Urb. La Merced, Chanchamayo - Chanchamayo - JUNIN

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------------|---------|-------|
| Temperatura (°C) | 24.4 | 24.4 |
| Humedad Relativa (%HR) | 46 | 52 |

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Patrón de referencia | Identificación | Valor nominal | Certificado de calibración |
|--------------------------------|----------------|---------------|----------------------------|
| PESA (Clase de exactitud: F1) | LM-02 | 2 kg | 1985-MPES-C-2024 |
| PESAS (Clase de exactitud: F1) | LM-66 | 1 mg a 1 kg | 0112-MPES-C-2025 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- Instrumento auxiliar: Medidor de condiciones ambientales de temperatura y humedad en aire con código LM-69 y certificado de calibración N° E415-L0-724A-2024-1.
- El/La ubicación, intervalo de variación de temperatura del lugar, es/son proporcionado(s) por el cliente.
- El/La número de serie, identificación, es/son indicado(s) en el equipo.
- La clase de exactitud y la capacidad mínima de la balanza es considerada como indica la NMP 03:2009 (2da Edición)
- Para el cálculo de los resultados se asumió $e = d$ según procedimiento de calibración.
- El equipo no indica coeficiente de deriva de temperatura, ni es proporcionado por el cliente, por lo que se considera dentro de los cálculos como 0.00001 /°C, según procedimiento de calibración utilizado.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT-C-LM-295-2025**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

| | | | | | |
|------------------|-------|------------------|----------|--------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | PLATAFORMA | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABA | NO TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| | | NIVELACIÓN | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| | | |
|------------------|---------|-------|
| | Inicial | Final |
| Temperatura (°C) | 24.4 | 24.5 |

| Medición
N° | Carga L1 = 1,000.00 g | | | Carga L2 = 2,000.00 g | | |
|----------------|--------------------------|--------|-------|--------------------------|--------|-------|
| | l (g) | ΔL (g) | E (g) | l (g) | ΔL (g) | E (g) |
| 1 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| 2 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| 3 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| 4 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| 5 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| 6 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| 7 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| 8 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| 9 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| 10 | 1,000.0 | 0.06 | -0.01 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 |
| | Diferencia Máxima | | | Diferencia Máxima | | |
| | 0.00 | | | 0.00 | | |
| | Error Máximo Permissible | | | Error Máximo Permissible | | |
| | ± 0.20 | | | ± 0.20 | | |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| | |
|---|---|
| 2 | 5 |
| 1 | |
| 3 | 4 |

Posición
de las
cargas

| | | |
|------------------|---------|-------|
| | Inicial | Final |
| Temperatura (°C) | 24.4 | 24.5 |

| Posición
de la
Carga | Determinación del Error en Cero Eo | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------------------------------------|-------|--------|-------|--------|
| | Carga
Mínima* | l (g) | ΔL (g) | Eo (g) | Carga
L (g) | l (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) |
| 1 | 1.00 g | 1.0 | 0.06 | -0.01 | 600.00 | 600.0 | 0.07 | -0.02 | -0.01 |
| 2 | | 1.0 | 0.07 | -0.02 | | 600.0 | 0.06 | -0.01 | 0.01 |
| 3 | | 1.0 | 0.06 | -0.01 | | 600.0 | 0.06 | -0.01 | 0.00 |
| 4 | | 1.0 | 0.06 | -0.01 | | 600.0 | 0.06 | -0.01 | 0.00 |
| 5 | | 1.0 | 0.07 | -0.02 | | 600.0 | 0.07 | -0.02 | 0.00 |
| | | Error máximo permisible | | | | | | | ± 0.20 |

* Valor entre 0 y 10e

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT-C-LM-295-2025**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|-------|
| Temperatura (°C) | 24.4 | 24.4 |

| Carga
L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p **
(± g) |
|----------------|------------|--------|-------|--------|--------------|--------|-------|--------|-------------------|
| | I (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | I (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | |
| 1.00 | 1.0 | 0.06 | -0.01 | | | | | | |
| 5.00 | 5.0 | 0.07 | -0.02 | -0.01 | 5.0 | 0.05 | 0.00 | 0.01 | 0.10 |
| 10.00 | 10.0 | 0.07 | -0.02 | -0.01 | 10.0 | 0.05 | 0.00 | 0.01 | 0.10 |
| 50.00 | 50.0 | 0.07 | -0.02 | -0.01 | 50.0 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.10 |
| 100.00 | 100.0 | 0.06 | -0.01 | 0.00 | 100.0 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.10 |
| 200.00 | 200.0 | 0.06 | -0.01 | 0.00 | 200.0 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.10 |
| 500.00 | 500.0 | 0.06 | -0.01 | 0.00 | 500.0 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.20 |
| 600.00 | 600.0 | 0.07 | -0.02 | -0.01 | 600.0 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.20 |
| 1,000.00 | 1,000.0 | 0.07 | -0.02 | -0.01 | 1,000.0 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.20 |
| 1,500.00 | 1,500.0 | 0.06 | -0.01 | 0.00 | 1,500.0 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.20 |
| 2,000.00 | 2,000.0 | 0.07 | -0.02 | -0.01 | 2,000.0 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.30 |
| 2,200.00 | 2,200.0 | 0.05 | 0.00 | 0.01 | 2,200.0 | 0.05 | 0.00 | 0.01 | 0.30 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado E_C: Error corregido.

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 005 \times 10^{-6} \times R$$

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{002 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 009 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Indicación de lectura de la balanza (g)

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del certificado de calibración

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 199 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 6

| | |
|----------------------------|---|
| 1. Orden de trabajo | OT 0456-25 |
| 2. Solicitante | UNIVERSIDAD NACIONAL
INTERCULTURAL DE LA SELVA
CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA |
| 3. Dirección | Jr. Los Cedros Nro. 141 Urb. La Merced,
Chanchamayo - Chanchamayo - JUNIN |
| 4. Equipo | ESTUFA |
| Alcance Máximo | De 0 °C a 250 °C |
| Marca | ECOCELL |
| Modelo | EC111 |
| Número de Serie | D161825 |
| Procedencia | NO INDICA |
| Identificación | NO INDICA |
| Ubicación | Laboratorio de mecanica de Suelos |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

| Descripción | Controlador / Selector | Instrumento de medición |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Alcance | 0 °C a 250 °C | 0 °C a 250 °C |
| División de escala / Resolución | 0.1 °C | 0.1 °C |
| Tipo | DIGITAL | TERMÓMETRO DIGITAL |

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración **2025-06-04**

Fecha de Emisión

Responsable del Laboratorio

Sello

2025-06-20



Firmado digitalmente
por Sebastian F. Tello
Manama
Fecha: 2025.06.20
16:26:06 -05'00'



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 199 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 6

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Calle Abraham Valdeomar S/N - Campamento Chino - San Ramón - Chanchamayo

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 29.5 °C | 28.9 °C |
| Humedad Relativa | 46 % | 48 % |

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 180 minutos.

El controlador se seteo en 110

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado y/o Informe de calibración |
|--|---|--|
| Termómetro digital con dos sensores PT-100 con incertidumbre del orden desde 0,023 °C a 0,024 °C | TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES | 0035-TPES-C-2025 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 199 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

| Tiempo
(min) | Termómetro
del equipo
(°C) | TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C) | | | | | | | | | | T _{prom}
(°C) | máx-T _m |
|-----------------|----------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|--------------------|
| | | NIVEL SUPERIOR | | | | | NIVEL INFERIOR | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00 | 110.0 | 106.1 | 106.4 | 106.6 | 106.5 | 106.0 | 100.7 | 101.2 | 101.7 | 101.3 | 101.4 | 103.8 | 5.9 |
| 02 | 110.0 | 106.2 | 106.5 | 106.7 | 106.6 | 106.1 | 100.8 | 101.4 | 101.8 | 101.3 | 101.6 | 103.9 | 5.9 |
| 04 | 110.0 | 106.2 | 106.5 | 106.8 | 106.6 | 106.2 | 100.8 | 101.5 | 101.8 | 101.5 | 101.7 | 104.0 | 6.0 |
| 06 | 110.0 | 106.3 | 106.7 | 106.8 | 106.8 | 106.2 | 101.1 | 101.4 | 101.8 | 101.5 | 101.7 | 104.0 | 5.7 |
| 08 | 110.0 | 106.3 | 106.6 | 106.7 | 106.7 | 106.2 | 101.1 | 101.4 | 101.7 | 101.3 | 101.7 | 104.0 | 5.6 |
| 10 | 110.0 | 106.2 | 106.5 | 106.7 | 106.6 | 106.1 | 100.7 | 101.4 | 101.7 | 101.3 | 101.6 | 103.9 | 6.0 |
| 12 | 110.0 | 106.1 | 106.4 | 106.5 | 106.5 | 106.0 | 100.4 | 101.1 | 101.6 | 101.2 | 101.4 | 103.7 | 6.1 |
| 14 | 110.0 | 106.1 | 106.4 | 106.4 | 106.4 | 106.0 | 100.3 | 101.2 | 101.4 | 101.1 | 101.4 | 103.7 | 6.1 |
| 16 | 110.0 | 106.1 | 106.4 | 106.5 | 106.4 | 106.0 | 100.3 | 101.1 | 101.5 | 101.3 | 101.3 | 103.7 | 6.2 |
| 18 | 110.0 | 106.1 | 106.4 | 106.5 | 106.4 | 106.0 | 100.6 | 101.1 | 101.5 | 100.9 | 101.4 | 103.7 | 5.9 |
| 20 | 110.0 | 106.1 | 106.4 | 106.5 | 106.5 | 106.0 | 100.7 | 101.2 | 101.5 | 101.2 | 101.5 | 103.8 | 5.8 |
| 22 | 110.0 | 106.1 | 106.4 | 106.5 | 106.5 | 106.0 | 100.7 | 101.3 | 101.6 | 101.4 | 101.6 | 103.8 | 5.8 |
| 24 | 110.0 | 106.1 | 106.4 | 106.6 | 106.5 | 106.0 | 100.8 | 101.3 | 101.7 | 101.3 | 101.5 | 103.8 | 5.8 |
| 26 | 110.0 | 106.2 | 106.5 | 106.6 | 106.5 | 106.0 | 100.8 | 101.3 | 101.7 | 101.3 | 101.5 | 103.8 | 5.8 |
| 28 | 110.0 | 106.2 | 106.5 | 106.6 | 106.6 | 106.1 | 100.8 | 101.4 | 101.8 | 101.6 | 101.7 | 103.9 | 5.8 |
| 30 | 110.0 | 106.3 | 106.7 | 106.8 | 106.8 | 106.2 | 101.0 | 101.6 | 101.8 | 101.5 | 101.8 | 104.1 | 5.8 |
| 32 | 110.0 | 106.3 | 106.7 | 106.8 | 106.8 | 106.2 | 100.9 | 101.6 | 101.9 | 101.5 | 101.8 | 104.1 | 5.9 |
| 34 | 110.0 | 106.3 | 106.7 | 106.8 | 106.8 | 106.3 | 100.8 | 101.5 | 101.9 | 101.4 | 101.8 | 104.0 | 6.0 |
| 36 | 110.0 | 106.3 | 106.7 | 106.8 | 106.7 | 106.2 | 100.9 | 101.4 | 101.9 | 101.5 | 101.8 | 104.0 | 5.9 |
| 38 | 110.0 | 106.3 | 106.8 | 106.8 | 106.8 | 106.3 | 100.8 | 101.6 | 101.9 | 101.6 | 101.8 | 104.1 | 6.0 |
| 40 | 110.0 | 106.3 | 106.6 | 106.8 | 106.7 | 106.1 | 100.8 | 101.4 | 101.9 | 101.5 | 101.6 | 104.0 | 6.0 |
| 42 | 110.0 | 106.2 | 106.6 | 106.7 | 106.6 | 106.1 | 100.6 | 101.4 | 101.7 | 101.4 | 101.7 | 103.9 | 6.1 |
| 44 | 110.0 | 106.3 | 106.6 | 106.8 | 106.7 | 106.2 | 100.8 | 101.5 | 102.0 | 101.5 | 101.8 | 104.0 | 6.0 |
| 46 | 110.0 | 106.3 | 106.7 | 106.8 | 106.8 | 106.3 | 101.0 | 101.6 | 101.9 | 101.7 | 101.9 | 104.1 | 5.8 |
| 48 | 110.0 | 106.4 | 106.8 | 106.9 | 106.9 | 106.3 | 101.2 | 101.7 | 102.2 | 101.8 | 101.9 | 104.2 | 5.7 |
| 50 | 110.0 | 106.4 | 106.7 | 106.8 | 106.8 | 106.3 | 101.0 | 101.6 | 101.9 | 101.6 | 101.8 | 104.1 | 5.8 |
| 52 | 110.0 | 106.4 | 106.7 | 106.8 | 106.8 | 106.3 | 101.0 | 101.5 | 101.9 | 101.5 | 101.8 | 104.1 | 5.8 |
| 54 | 110.0 | 106.4 | 106.8 | 106.9 | 106.8 | 106.3 | 101.1 | 101.6 | 102.0 | 101.5 | 101.9 | 104.1 | 5.8 |
| 56 | 110.0 | 106.4 | 106.8 | 106.9 | 106.9 | 106.3 | 100.9 | 101.6 | 102.0 | 101.8 | 101.9 | 104.2 | 6.0 |
| 58 | 110.0 | 106.4 | 106.7 | 106.9 | 106.8 | 106.3 | 100.8 | 101.6 | 102.0 | 101.6 | 101.8 | 104.1 | 6.1 |
| 60 | 110.0 | 106.4 | 106.8 | 106.9 | 106.9 | 106.3 | 101.1 | 101.6 | 101.9 | 101.7 | 101.8 | 104.1 | 5.8 |
| T.PROM | 110.0 | 106.2 | 106.6 | 106.7 | 106.7 | 106.2 | 100.8 | 101.4 | 101.8 | 101.4 | 101.7 | 104.0 | |
| T.MAX | 110.0 | 106.4 | 106.8 | 106.9 | 106.9 | 106.3 | 101.2 | 101.7 | 102.2 | 101.8 | 101.9 | | |
| T.MIN | 110.0 | 106.1 | 106.4 | 106.4 | 106.4 | 106.0 | 100.3 | 101.1 | 101.4 | 100.9 | 101.3 | | |
| DTT | 0.0 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.9 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 0.6 | | |

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 199 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 6

| PARÁMETRO | VALOR
(°C) | INCERTIDUMBRE
EXPANDIDA (°C) |
|---|-----------------|-----------------------------------|
| Máxima Temperatura Medida | 106.9 | 0.4 |
| Mínima Temperatura Medida | 100.3 | 0.6 |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo | 0.9 | 0.1 |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 5.9 | 0.3 |
| Estabilidad Medida (±) | 0.4 | 0.04 |
| Uniformidad Medida | 6.2 | 0.3 |

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

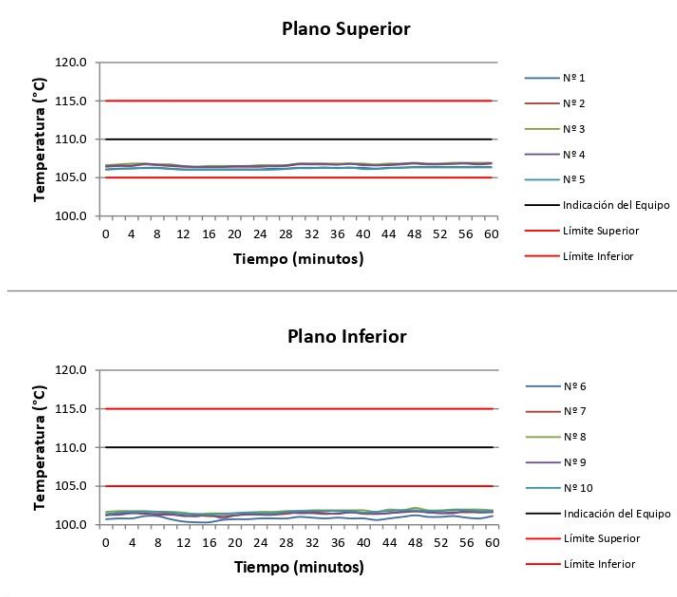
La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 199 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 6

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO: 110 °C ± 5 °C

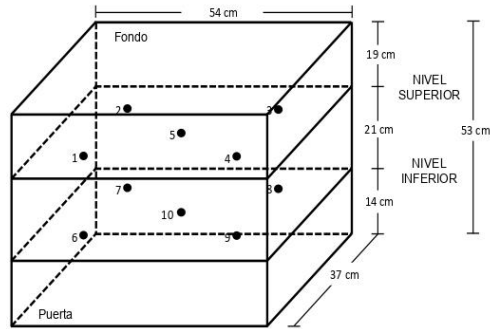


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTT - 199 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 6

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 7 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estandar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LFP - 395 - 2025

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

| | | |
|--------------------------------|---|---|
| 1. Orden de trabajo | OT 0456-25 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA | |
| 3. Dirección | Jr. Los Cedros Nro. 141 Urb. La Merced, Chanchamayo - Chanchamayo - JUNIN | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Equipo | PRENSA DE CONCRETO | |
| Capacidad | 1000 kN | |
| Marca | UTEST | |
| Modelo | UTC-4131 | |
| Número de Serie | 19/001312 | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Procedencia | TURQUIA | |
| Identificación | 675055860001 | |
| Indicación | DIGITAL | |
| Marca | UTEST | |
| Modelo | BC100 | |
| Número de Serie | NO INDICA | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Resolución | 0.01 kN | |
| Ubicación | LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES | |
| 5. Fecha de Calibración | 2025-06-05 | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |

Fecha de Emisión

2025-06-20

Responsable de laboratorio



Firmado digitalmente por
Sebastian F. Tello
Manama
Fecha: 2025.06.20
18:05:10 -05'00'

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 395 - 2025

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1:2018 "Materiales metálicos. Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza". (ISO 7500-1:2018).

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Calle Abraham Valdeomar S/N - Campamento Chino - San Ramón - Chanchamayo

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 25.0 °C | 25.0 °C |
| Humedad Relativa | 48 % HR | 49 % HR |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Informe/Certificado de calibración |
|--|--|--|
| Celdas patrones calibradas en
HOTTINGER BALDWIN
MESSTECHNIK GmbH - Alemania
2020-1 87747 / 2021-1 95857 | CELDA DE CARGA
calibrado a 1 000 kN con
incertidumbre del orden
de 0,24 % | LEDI-PUCP
INF-LE 191-23 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 3.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- Se realizó la calibración hasta el 90 % debido a que el equipo no llega a su capacidad máxima.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 395 - 2025

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

| Indicación del Equipo | | Indicación de Fuerza (Ascenso)
Patrón de Referencia | | | |
|-----------------------|------------|--|------------|------------|---------------------|
| % | F_i (kN) | F_1 (kN) | F_2 (kN) | F_3 (kN) | $F_{Promedio}$ (kN) |
| 10 | 100.0 | 99.8 | 99.8 | 99.8 | 99.8 |
| 20 | 200.0 | 199.0 | 199.0 | 199.0 | 199.0 |
| 30 | 300.0 | 297.5 | 297.5 | 297.5 | 297.5 |
| 40 | 400.0 | 401.1 | 401.1 | 401.1 | 401.1 |
| 50 | 500.0 | 502.5 | 502.5 | 502.5 | 502.5 |
| 60 | 600.0 | 603.5 | 603.5 | 603.5 | 603.5 |
| 70 | 700.0 | 705.7 | 705.7 | 705.7 | 705.7 |
| 80 | 800.0 | 809.6 | 809.6 | 809.6 | 809.6 |
| 90 | 900.0 | 903.1 | 903.1 | 903.1 | 903.1 |
| 100 | 950.0 | 928.8 | 928.8 | 928.8 | 928.8 |
| Retorno a Cero | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| Indicación del Equipo
F (kN) | Errores Encontrados en el Sistema de Medición | | | | Incertidumbre
U (k=2)
(%) |
|-----------------------------------|---|--------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| | Exactitud
q (%) | Repetibilidad
b (%) | Reversibilidad
v (%) | Resol. Relativa
a (%) | |
| 100.0 | 0.19 | 0.00 | --- | 0.01 | 0.34 |
| 200.0 | 0.51 | 0.00 | --- | 0.01 | 0.34 |
| 300.0 | 0.83 | 0.00 | --- | 0.00 | 0.34 |
| 400.0 | -0.28 | 0.00 | --- | 0.00 | 0.34 |
| 500.0 | -0.49 | 0.00 | --- | 0.00 | 0.34 |
| 600.0 | -0.58 | 0.00 | --- | 0.00 | 0.34 |
| 700.0 | -0.81 | 0.00 | --- | 0.00 | 0.34 |
| 800.0 | -1.19 | 0.00 | --- | 0.00 | 0.34 |
| 900.0 | -0.35 | 0.00 | --- | 0.00 | 0.34 |
| 950.0 | 2.28 | 0.00 | --- | 0.00 | 0.34 |

| | |
|---|--------|
| MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) | 0.00 % |
|---|--------|

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 388 - 2025

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

| | | |
|--------------------------------|---|---|
| 1. Orden de trabajo | OT 0456-25 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA | |
| 3. Dirección | Jr. Los Cedros Nro. 141 Urb. La Merced, Chanchamayo - Chanchamayo - JUNIN | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Equipo | PRENSA DE CONCRETO | |
| Capacidad | 1500 kN | |
| Marca | ELE INTERNATIONAL | |
| Modelo | NO INDICA | |
| Número de Serie | 1796-9-3192 | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Procedencia | TURQUIA | |
| Identificación | 875081900001 | |
| Indicación | DIGITAL | |
| Marca | NO INDICA | |
| Modelo | NO INDICA | |
| Número de Serie | NO INDICA | |
| Resolución | 0.1 kN | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Ubicación | LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES | |
| 5. Fecha de Calibración | 2025-06-06 | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |

Fecha de Emisión

2025-06-20

Responsable de laboratorio



Firmado digitalmente por
Sebastian F. Tello
Manama
Fecha: 2025.06.20
18:08:01 -05'00'

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 388 - 2025

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1:2018 "Materiales metálicos. Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza". (ISO 7500-1:2018).

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Calle Abraham Valdeomar S/N - Campamento Chino - San Ramón - Chanchamayo

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 25.0 °C | 25.0 °C |
| Humedad Relativa | 48 % HR | 49 % HR |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Informe/Certificado de calibración |
|--|--|--|
| Celdas patrones calibradas en
HOTTINGER BALDWIN
MESSTECHNIK GmbH - Alemania
2020-1 87747 / 2021-1 95857 | CELDA DE CARGA
calibrado a 1 000 kN con
incertidumbre del orden
de 0,24 % | LEDI-PUCP
INF-LE 191-23 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 3.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- Se realizó la calibración hasta el 90 % debido a que el equipo no llega a su capacidad máxima.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 388 - 2025

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

| Indicación del Equipo | | Indicación de Fuerza (Ascenso)
Patrón de Referencia | | | |
|-----------------------|------------|--|------------|------------|---------------------|
| % | F_i (kN) | F_1 (kN) | F_2 (kN) | F_3 (kN) | $F_{Promedio}$ (kN) |
| 10 | 100.0 | 98.2 | 98.4 | 98.3 | 98.3 |
| 20 | 200.0 | 196.3 | 196.3 | 196.2 | 196.3 |
| 30 | 300.0 | 294.1 | 294.1 | 294.2 | 294.2 |
| 40 | 400.0 | 392.4 | 392.2 | 392.3 | 392.3 |
| 50 | 500.0 | 490.2 | 490.2 | 489.8 | 490.1 |
| 60 | 600.0 | 587.3 | 587.3 | 587.3 | 587.3 |
| 70 | 700.0 | 685.4 | 685.3 | 685.6 | 685.5 |
| 80 | 800.0 | 783.0 | 783.0 | 783.1 | 783.0 |
| 90 | 900.0 | 880.9 | 880.9 | 880.8 | 880.9 |
| 100 | 950.0 | 929.6 | 929.3 | 929.6 | 929.5 |
| Retorno a Cero | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |

| Indicación del Equipo
F (kN) | Errores Encontrados en el Sistema de Medición | | | | Incertidumbre
U (k=2)
(%) |
|-----------------------------------|---|--------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| | Exactitud
q (%) | Repetibilidad
b (%) | Reversibilidad
v (%) | Resol. Relativa
a (%) | |
| 100.0 | 1.69 | 0.20 | --- | 0.10 | 0.38 |
| 200.0 | 1.89 | 0.07 | --- | 0.05 | 0.35 |
| 300.0 | 1.98 | 0.03 | --- | 0.03 | 0.34 |
| 400.0 | 1.96 | 0.05 | --- | 0.03 | 0.34 |
| 500.0 | 2.03 | 0.09 | --- | 0.02 | 0.35 |
| 600.0 | 2.16 | 0.01 | --- | 0.02 | 0.34 |
| 700.0 | 2.12 | 0.04 | --- | 0.01 | 0.34 |
| 800.0 | 2.17 | 0.01 | --- | 0.01 | 0.34 |
| 900.0 | 2.17 | 0.01 | --- | 0.01 | 0.34 |
| 950.0 | 2.21 | 0.03 | --- | 0.01 | 0.34 |

| | |
|---|--------|
| MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) | 0.00 % |
|---|--------|

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.