

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA
AMAZONIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES
INGENIERIA AGROFORESTAL ACUICOLA**



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CULMO DE *Bambusa vulgaris* var. vittata (Bambú), EN TRES
NIVELES DE ALTURA Y DOS ESTADOS DE MADUREZ, EN EL
CAMPUS DE LA UNIA.**

**Tesis para optar el título de
Ingeniero Agroforestal Acuícola**

VICTORIA RIVERA QUICAÑA

YARINACocha – PERÚ

2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi Madre Victoria Quicaña Cuchuñaua, a mi Padre Teófilo Rivera Heredia, a mis hermanos Zoraida Rivera Quicaña, Nelson Rivera Quicaña, Yanina Rivera Quicaña, Froilan Rivera Quicaña, Ildren Rivera Quicaña y Aydee Rivera Quicaña, a mis amigos y seres queridos, en especial a mi enamorado Enzo Del Águila Urrunaga, que estuvieron a mi lado y que día a día me dan el aliento suficiente para seguir adelante; y por supuesto a Dios todo poderoso, que nos ilumina y guía en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales, y al Departamento Académico Agroforestal Acuícola.

Al Ing. Robert Pecho de la Cruz Asesor de esta tesis y al Ing. David Lluncor Mendoza CoAsesor, por su amistad, confianza y dedicación en el proceso de la realización de la tesis.

A los miembros del jurado de tesis: Luisa Riveros, José Sánchez Choy y Pablo Pedro Villegas Panduro, por su desinteresado apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

A mí enamorado Enzo Del Águila Urrunaga que me apoyo en todo momento.

A mis amigos Leydi Campos Martin y Marco Antonio Briones Torres que con su apoyo y ánimo incondicional, me alentaron en el cumplimiento de mis metas.

INDICE GENERAL

	Pág.
Introducción.....	11
Resumen.....	13
Abstract.....	14
CAPITULO I.....	15
1. Planteamiento del problema.....	15
1.1. Descripción de la situación problemática.....	15
1.2. Formulación del problema.....	16
Problema general.....	16
Problema específico.....	16
1.3. Objetivos de la investigación.....	17
Objetivos generales.....	17
Objetivos específicos.....	17
1.4 Justificación e importancia del estudio.....	17
1.5. Limitaciones del estudio.....	19
CAPITULO II.....	20
2. Marco teórico.....	20
2.1 Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1 Propiedades mecánicas.....	20
2.2 Base teóricas.....	21
2.2.1 Clasificación científica.....	21
2.2.2 Nombres comunes.....	21
2.2.3 Distribución geográfica.....	21
2.2.4 Características descriptivas de la especie.....	22
2.2.5 Propiedades mecánicas del bambú.....	22
A. Flexión.....	23
B. Compresión.....	24
C. Cizallamiento.....	25
2.3 Definición de términos básicos.....	26
2.4 Hipótesis.....	27

2.5 Variables.....	27
2.5.1 Variables independientes.....	27
2.5.2 Variables dependientes.....	27
CAPITULO III.....	28
3. Materiales y Metodología.....	28
3.1 Lugar de ejecución.....	28
3.2 Materia en estudio.....	28
3.3 Materiales y equipos.....	28
3.3.1 Material de campo.....	28
3.3.2 Equipos y maquinaria.....	28
3.4 Tipo y nivel de investigación.....	29
3.4.1 Tipo.....	29
3.4.2 Nivel.....	29
3.5 Método de la investigación.....	29
3.5.1 Ubicación de la especie.....	29
3.5.2 Identificación botánica.....	29
3.5.3 Selección y colección de los culmos.....	30
3.5.4 Preparación de las probetas.....	30
3.5.5 Formulas de las propiedades mecánicas ASTM.....	33
3.5.5.1 Flexión estática.....	33
A. Esfuerzo al límite proporcional.....	33
B. Módulo de ruptura.....	34
C. Módulo de elasticidad.....	34
3.5.5.2 Compresión paralela.....	35
A. Esfuerzo al límite proporcional.....	35
B. Resistencia máxima.....	35
C. Módulo de elasticidad.....	35
3.5.5.3 Compresión perpendicular.....	36
A. Esfuerzo al límite proporcional.....	36
3.5.5.4 Cizallamiento.....	36
A. Máxima resistencia al corte.....	36
3.6 Diseño de la investigación.....	37

3.6.1 Modelo estadístico.....	37
3.7 Población y muestra.....	38
3.7.1 Población.....	38
3.7.2 Muestra.....	38
3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.8.1. Variables cualitativas.....	38
3.8.2. Variables cuantitativas.....	38
3.8.3. Análisis de datos.....	39
CAPITULO IV.....	40
4. Resultados y discusión.....	40
4.1 Análisis de varianza de flexión estática del estado de madurez (verde y maduro) y niveles (base, medio y ápice).....	40
4.2 Análisis de varianza de compresión paralela del estado de madurez (verde y maduro) y niveles (base, medio y ápice).....	40
A. Cálculo del esfuerzo al límite proporcional: ELP en (kg/cm ²)....	40
B. Cálculo de Resistencia Máxima en (kg/cm ²).....	43
C. Cálculo de módulo de elasticidad: MOE en (kg/cm ²).....	46
4.2 Análisis de varianza de compresión perpendicular del estado de madurez (verde y maduro) y niveles (base, medio y ápice).....	48
A. Cálculo de compresión perpendicular en (kg/cm ²).....	48
4.3 Análisis de varianza de cizallamiento del estado de madurez (verde y maduro) y niveles (base, medio y ápice).....	51
A. Resistencia máxima en (Kg/cm ²).....	51
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFIA.....	58

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01 : Número de probetas por culmo.....	31
Cuadro 02 : Diseño de investigación	37
Cuadro 03 : Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para el esfuerzo al límite proporcional ELP (Kg/cm ²).....	40
Cuadro 04 : Prueba de promedios de Tukey para el esfuerzo al límite proporcional ELP (Kg/cm ²) de las matas evaluadas.....	42
Cuadro 05 : Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para la resistencia máxima (kg/cm ²).....	43
Cuadro 06 : Prueba de promedios de Tukey para la resistencia máxima (kg/cm ²) de las matas evaluadas.....	45
Cuadro 07 : Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para el módulo de elasticidad MOE (kg/cm ²).....	46
Cuadro 08 : Prueba de promedios de Tukey para el módulo de elasticidad MOE (kg/cm ²) de las matas evaluadas.....	48
Cuadro 09 : Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para la compresión perpendicular CPe (kg/cm ²).....	49
Cuadro 10 : Prueba de promedios de Tukey para la compresión perpendicular CPe (kg/cm ²) de las matas evaluadas.....	51
Cuadro 11 : Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para la resistencia máxima de cizallamiento (kg/cm ²).....	52
Cuadro 12 : Prueba de promedios de Tukey para la resistencia máxima de cizallamiento (kg/cm ²) de las matas evaluadas.....	53

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01 : Dimensiones de las probetas del ensayo de flexión.....	33
Figura 02 : Dimensiones de las probetas para ensayos de compresión axial.....	33
Figura 03 : Dimensiones de las probetas para ensayos de compresión perpendicular.....	33
Figura 04 : Dimensiones de las probetas para ensayos de cizallamiento.....	33

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	65
Anexo 02: Certificado de acreditación de <i>Bambusa vulgaris</i> var. Vittata...	66
Anexo 03: Mapa de la ubicación de las cinco matas de bambús dentro del campus de la UNIA.....	67
Anexo 04: Datos de resistencia a la compresión paralela a las fibras de las probetas del culmo verde de <i>Bambusa vulgaris</i> var. vittata.....	68
Anexo 05: Datos de resistencia a la compresión paralela a las fibras de las probetas del culmo maduro de <i>Bambusa vulgaris</i> var. vittata.....	69
Anexo 06: Datos de resistencia a la compresión perpendicular a las fibras de las probetas del culmo verde de <i>Bambusa vulgaris</i> var. vittata.....	71
Anexo 07: Datos de resistencia a la compresión perpendicular a las fibras de las probetas del culmo maduro de <i>Bambusa vulgaris</i> var. vittata.....	72
Anexo 08: Datos de resistencia al cizallamiento de las probetas del culmo verde de <i>Bambusa vulgaris</i> var. vittata.....	73
Anexo 09: Datos de resistencia al cizallamiento de las probetas del culmo maduro de <i>Bambusa vulgaris</i> var. vittata.....	74
Anexo 10: Datos de resistencia a la flexión estática de las probetas del culmo verde de <i>Bambusa vulgaris</i> var. vittata.....	75
Anexo 11: Datos de resistencia a la flexión estática de las probetas del culmo maduro de <i>Bambusa vulgaris</i> var. vittata.....	76
Anexo 12: Base de datos para el análisis estadístico de <i>Bambusa vulgaris</i> var. vittata.....	78
Anexo 13: ANVA, y su significancia estadística para Compresión Paralela: ELP (kg/cm ²).....	80
Anexo 14 ANVA, y su significancia estadística para Compresión	80

	Paralela: Rest. Max. (Kg/cm ²).....	
Anexo 15	ANVA y su significación estadística para Compresión Paralela: MOE (kg/cm ²).....	80
Anexo 16	ANVA y su significación estadística para Compresión Perpendicular: Resistencia (kg/cm ²).....	81
Anexo 17	ANVA y su significación estadística para Cizallamiento: Rest. Max. (Kg/cm ²).....	81
Anexo 18	Ubicación de la especie.....	83
Anexo 19	Colecta de muestras e identificación de la especie.....	83
Anexo 20	Selección y colección de los culmos verdes y maduros.....	85
Anexo 21	Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) y la orientación del norte magnético mediante una brújula.....	85
Anexo 22	Extracción y corte de las ramas de los culmos.....	86
Anexo 23	Medición de la longitud total de los culmos, longitud y circunferencia de internados.....	86
Anexo 24	División de los culmos en tres partes (Base, Medio y Ápice).	87
Anexo 25	Preparación de las probetas (compresión, cizallamiento y flexión).....	88
Anexo 26	Montaje de la prueba mecánica para flexión.....	89
Anexo 27	Montaje de la prueba mecánica para compresión paralela....	90
Anexo 28	Montaje de la prueba mecánica para compresión perpendicular.....	90
Anexo 29	Montaje de la prueba mecánica para cizallamiento.....	91

INTRODUCCION

En el mundo existen alrededor de 1250 especies de bambú, localizadas principalmente en América, África y Asia. En América hay cerca de 600 especies diseminadas desde el sur de los Estados Unidos hasta el sur de Chile y Argentina, desde los 0 msnm hasta los 3000 msnm. No obstante, de la gran diversidad de especies de bambú, solo 20 han sido estudiadas y se consideran aptas para aplicaciones estructurales (López y Correal, 2009)

El Perú tiene la ventaja de tener una gran difusión de esta especie, encontrándose diversos géneros y especies en todo el territorio nacional, encontrándolos en los bosques tropicales húmedos, bosque tropicales secos y los bosques templados; en el sureste de la Amazonía, en los departamentos de Ucayali, Madre de Dios, Cusco y Junín; también están distribuidos en el noroeste del país, especialmente en Amazonas, San Martín, Cajamarca y en menor grado en Tumbes y Piura. Está asimismo muy difundido en toda América, con niveles de utilización mayores en otros países del continente (Colombia) y en mayor medida en Asia (China), siendo utilizado actualmente industria de construcción de viviendas, albergues turísticos, mueblería fina, cercos perimétricos, defensas ribereñas, arborización urbana, artesanía, como tutores en cultivos agroindustriales y forraje. (Sierra Exportadora, 2012; López, 2011).

El bambú es un material poroso de origen vegetal, cuyas fibras están dispuestas axial y longitudinalmente; es un material anisotrópico, ya que sus propiedades físicas, mecánicas y de laborabilidad varían según su sentido o plano considerado; presenta cambios de sus dimensiones debido a la expansión térmica, y cambio de volumen a causa de la humedad. Todo esto hace que el bambú se comporte similar a la madera (Díaz y González, 1992; Osorio *et al.*, 2005).

Las características físico mecánicas deseables, rápido desarrollo fisiológico, y un favorable balance ecológico, hacen del bambú una alternativa viable ante materiales más costosos (madera). La estructura lignocelulósica de las células del bambú y sus propiedades tecnológicas son muy similares a las de la madera, siendo el bambú extremadamente resistente porque dentro de su capa externa de

la corteza, contiene fibras de gran elasticidad que recorren paralelamente el eje de la caña (Clasen, 2005; López, 2011).

Por tal motivo la naturaleza ha privilegiado al dar un material con excelente comportamiento estructural, renovable y que logra su máxima resistencia, con tan solo tres a cinco años de edad, dependiendo de los usos que se desea realizar (Moroni, 2012; Mejía, 2000).

Por todo lo anteriormente mencionado, se decidió realizar el estudio de las propiedades mecánicas de *Bambusa vulgaris* var. *vittata*; ya que no se registran antecedentes sobre dicha especie, si bien los trabajos de investigación encontrados solo tratan de otras especies de bambú, con diámetros mayores y menores a esta especie.

Para la ejecución se extrajeron diez culmos de cinco matas distribuidas dentro del campus de la UNIA. La elaboración de las probetas se realizó basándose en la norma NTC 5525 y para los cálculos y análisis estadístico se utilizaron las formulas descritas en la norma ASTM D 143-94.

El objetivo general planteado de la investigación es determinar las propiedades mecánicas de *Bambusa vulgaris* var. *vittata* en tres niveles de altura (base, medio y ápice) y dos estados de madurez (verde y maduro) en el campus de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA) ubicado en el departamento Ucayali, provincia de Coronel Portillo, distrito de Yarinacocha mediante de ensayos mecánicos realizados en el laboratorio de Tecnología de la Madera, las propiedades evaluadas en este estudio fueron: flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y cizallamiento, con la finalidad de aportar datos básicos para el uso como material alternativo en la industria de la construcción, tanto en elementos estructurales como en accesorios de viviendas.

RESUMEN

Se determinó las propiedades mecánicas de *Bambusa vulgaris* var. vittata, en tres niveles de altura (base, medio y ápice) y dos estados de madurez (verde y maduro), utilizando como material 10 culmos (5 verdes y 5 maduros) recolectado de cinco matas de bambú dentro del campus de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. Se utilizó el diseño estadístico y prueba de promedios. Se determinaron tres propiedades mecánicas: compresión paralela, compresión perpendicular y cizallamiento, y los resultados obtenidos fueron que en **compresión paralela**, para el esfuerzo al límite proporcional (ELP), en estado verde fue 111.93 kg/cm², en estado maduro 250.13 kg/cm² y en los niveles de altura se obtuvieron para base 176.4 kg/cm², medio 111.9 kg/cm² y ápice 254.8 kg/cm²; con respecto a la resistencia máxima el culmo maduro presentó 377.33 kg/cm² y el culmo verde 303.47 kg/cm² y en los niveles de altura, la base fue de 409.6 kg/cm², el medio 262.3 kg/cm² y el ápice 349.3 kg/cm²; en relación al módulo de elasticidad (MOE) para el culmo verde se obtuvo 34880.5 kg/cm² y el culmo maduro 29478.3 kg/cm², y en los niveles de altura la base fue 21900.8 kg/cm², el medio 29997.8 kg/cm² y ápice 44639.6 kg/cm². Asimismo los resultados estadísticos mostraron valores promedios en **compresión perpendicular**, en el culmo maduro 52.67 kg/cm², en estado verde 15.13 kg/cm² y en los niveles de altura, para base 42.4 kg/cm², medio 23.3 kg/cm² y ápice 36.0 kg/cm²; en relación a **cizallamiento**, del culmo verde con 48.8 kg/cm² y maduro con 59.27 kg/cm² y en los niveles de altura para base 47.3 kg/cm², medio 56.8 kg/cm² y ápice 58 kg/cm².

No se logró determinar las propiedades mecánicas en **flexión estática** ya que los resultados fallaron en un 80 % arrojando valores a cero.

ABSTRACT

The mechanical properties of *Bambusa vulgaris* var. *vittata* are determined in three height levels (base, middle and apex) and two ripening stages (green and ripe), using material 10 culms (5 green and 5 ripe) collected from five bamboo bushes on the campus of the National University Intercultural Amazon. Statistical design and test averages are used. Three mechanical properties were determined: parallel compression, compression and shear perpendicular, and the results were that in parallel operation for the proportional limit stress (PRS) in the green state was 111.93 kg / cm², when mature 250.13 kg / cm² and high levels were obtained for baseline 176.4 kg / cm², average 111.9 kg / cm² and apex 254.8 kg / cm²; regarding the maximum resistance presented mature culm 377.33 kg / cm² and green culm 303.47 kg / cm² and at high levels, the base was 409.6 kg / cm², the average 262.3 kg / cm² and the apex 349.3 kg / cm²; in relation to the modulus of elasticity (MOE) for green culm 34880.5 kg / cm² it was obtained and the mature culm 29478.3 kg / cm², and the height levels base was 21900.8 kg / cm², the average 29997.8 kg / cm² and apex 44639.6 kg / cm². Statistical results also showed average values in compression perpendicular, in the mature culm 52.67 kg / cm² in the green state 15.13 kg / cm² and high levels for basis 42.4 kg / cm², medium 23.3 kg / cm² and 36.0 kg apex / cm²; in relation to shear green culm with 48.8 kg / cm² and mature to 59.27 kg / cm² and at high levels for basis 47.3 kg / cm², average 56.8 kg / cm² and apex 58 kg / cm².

It was not possible to determine the mechanical properties in bending as the results failed to throwing values 80% to zero.

CAPITULO I

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la situación problemática

Los bambúes son plantas del grupo de las gramíneas, se encuentran en forma silvestre en diferentes partes del mundo incluyendo zonas tropicales, subtropicales y algunas zonas templadas. El bambú es un material que presenta características únicas de resistencia, aunadas a las aplicaciones innovadoras de la gente, han permitido ser explotados para muchas aplicaciones, artesanales, industriales y arquitectónicas (Gonzales *et al.*, 2009).

Anualmente se produce 10 millones de toneladas de bambú, la mayor parte en el Asia. El crecimiento de los bosques de bambú en la China es de 3.5 millones de toneladas anuales. Sin embargo en el Perú, existen bosques de bambú de limitada utilización por problemas de acceso y de comercialización y por la escasa información y difusión de sus posibilidades de aplicación (Moroni, 2012; Castaño, 2001).

En la región de Ucayali, en inmediaciones de la ciudad de Pucallpa, se encuentran matas de bambú de las especies *Guadua angustifolia*, *Bambusa vulgaris* y *Bambusa vulgaris* var. *vittata*, creciendo en los predios actualmente deforestados, destinados a la expansión urbana; las cuales no se está dando un adecuado uso, debido a la carencia de información, respecto a sus propiedades físico- mecánico (GTZ, 2004).

Por este motivo en el presente proyecto de investigación se determinó las propiedades mecánicas del culmo de *Bambusa vulgaris* var. *vittata*, teniendo en cuenta su estado de madurez y nivel de altura, ubicados en el campus de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía –UNIA.

1.2. Formulación del problema

Problema General

¿Cuál será la influencia del estado de madurez y el nivel de altura del culmo de *Bambusa vulgaris* var. vittata, respecto a sus propiedades mecánicas?

1.2.1. Problemas específicos

- ¿Cuál será la influencia del estado de madurez y el nivel de altura del culmo de *Bambusa vulgaris* var. vittata, respecto a la flexión estática?
- ¿Cuál será la influencia del estado de madurez y el nivel de altura del culmo de *Bambusa vulgaris* var. vittata, respecto a la compresión paralela y compresión perpendicular?
- ¿Cuál será la influencia del estado de madurez y el nivel de altura del culmo de *Bambusa vulgaris* var. vittata, respecto al cizallamiento?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivos generales

Evaluar las propiedades mecánicas del culmo verde y maduro de *Bambusa vulgaris* var. vittata, en diferentes niveles de altura.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades mecánicas en flexión estática, del culmo verde y maduro de *Bambusa vulgaris* var. vittata, a diferentes niveles de altura.
- Determinar las propiedades mecánicas en compresión (paralela y perpendicular), del culmo verde y maduro de *Bambusa vulgaris* var. vittata, a diferentes niveles de altura.
- Determinar las propiedades mecánicas en cizallamiento, del culmo verde y maduro de *Bambusa vulgaris* var. vittata, a diferentes niveles de altura.

1.4. Justificación e importancia del estudio

La elección de la especie *Bambusa vulgaris* var. vittata, para este estudio se basa en que es la más abundante de la zona sur-oriental del país en los departamentos Junín, Loreto, Ucayali, Madre de Dios y Cuzco con una superficie de 3,997,800 ha. registradas en el Perú (GTZ, 2004; INRENA 1996). El interés sobre esta especie se incrementa más cuando se sabe que en especies similares como la *Guadua* sp., su crecimiento es sorprendente y que pueden obtenerse cosechas del producto en lapsos de 5 a 6 años, a diferencia de la mayoría de especies maderables que requieren de un tiempo cuatro veces mayor para alcanzar su madurez (McClure, 1966).

Investigaciones desarrolladas en países tropicales como Costa Rica, Salvador, Colombia y países como Japón y China, solo tienen alcance local, pues las características físicas y mecánicas dependen de las condiciones medioambientales in situ, no contando con los mismos genotipos y fenotipos en cada una de estas regiones y aún más; ni siquiera en nuestro territorio se puede considerar el bambú como un material homogéneo, ya que no es ni física ni geoméricamente homogénea, cambiando en todas las direcciones, tanto longitudinal como transversalmente (Castrillon y Malaves, 2004). De aquí la importancia de conocer las propiedades mecánicas de la *B. vulgaris* var. *vittata* en el campus de la UNIA – Yarinacocha; ya que cuenta con mayor extensión de esta especie de bambú.

Otro tema importante es el cambio continuo que se observa en el patrón del tejido a lo largo del culmo de los bambúes. La forma, el tamaño y el tipo de haz vascular varían considerablemente, de allí que un entrenudo del segmento basal del culmo exhiba una estructura muy diferente al de uno del segmento medio y este a su vez sea considerablemente diferente de uno del segmento apical (Grosser y Liese, 1971). Por lo tanto es necesario estudiar sus propiedades mecánicas en tres niveles (base, medio y ápice), ya que las propiedades mecánicas de una especie es la expresión de su comportamiento bajo la acción de fuerzas externas; este comportamiento depende de la clase de fuerza aplicada y de la estructura de la misma. En general, estas propiedades son las que determinan la aptitud del culmo para propósitos de investigación y encontrar el uso apropiado (Vélez, 2008)

Asimismo los beneficiarios de los resultados de este trabajo de investigación, serán los entes estatales y privados que se encargaran dar el uso adecuado a este material, puesto que tendrán acceso a los resultados del presente estudio. Otro grupo de beneficiarios serán la población humana, urbana y rural, generando puestos de trabajo a nivel industrial y artesanal; en lo económico la utilización de los culmos como materia prima. Sin embargo, para que todo esto se haga realidad es

necesario familiarizarse con la especie y conocer sus propiedades mecánicas para determinar el uso que se le va a dar.

1.5. Limitaciones de la investigación

Entre las principales limitaciones que se presentaron en la ejecución del proyecto, se suscitaron los siguientes:

Factor transporte, al momento de transportar las probetas para las pruebas mecánicas, desde la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía al laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Ucayali, se necesitó un vehículo apropiado, ya que el material fue numeroso.

Factor equipos, para el uso de la prensa universal, se tuvo que esperar un tiempo para utilizarla, debido a que la Universidad Nacional de Ucayali realizaba otros trabajos de investigación en el laboratorio de tecnología de la madera.

CAPITULO II

2. Marco teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Propiedades mecánicas

Velásquez y Salvador (2008), determino en *Guadua sarcocarpa* que la resistencia promedio a la compresión paralela, a la compresión perpendicular, a la tracción paralela y a la tracción perpendicular a la fibras, fue de 363 kg/cm², 41 kg/cm², 3514 kg/cm² y 8 kg/cm² respectivamente. La resistencia promedio a la cizalladura o al corte paralelo a las fibras sin nudos, fue de 62 kg/cm², el módulo de elasticidad en flexión promedio fue de 149.158 kg/cm² y el módulo de ruptura en flexión promedio fue de 535 kg/cm².

Díaz y González (1992), determino que en la especie *Guadua angustifolia*, los valores de esfuerzos en el límite proporcional (ELP) fue de 126.23 kg/cm² y 201.79 kg/cm².

Espuna y Sánchez (2008), determinaron en *Guadua amplexifolia* los valores de resistencia a la compresión paralela de 259 a 335 kg/cm². También Córdova (2014), determino que *Guadua angustifolia* presento una resistencia de 403.61 kg/cm².

Moromi (2012), determino en *Guadua angustifolia* variedad bicolor de procedencia Tarapoto, un promedio de módulo de elasticidad en compresión paralela de 77551.62 kg/cm² y en *Guadua angustifolia* var. bicolor y *Guadua angustifolia* común o kunt procedentes de Moyobamba obtuvieron valores de 54039.2 kg/cm² y 69242.21 kg/cm², respectivamente.

Martínez (1992), determino que la resistencia a la compresión perpendicular de las fibras (aplastamiento) es muy baja, ya que encontró

valores de esfuerzos en *Guadua macana* de 23 kg/cm². Lo cual califica como baja, debido a que se aplica una carga a un cilindro hueco, el mismo que se deformaría.

Velázquez *et al.* (2005), encontraron valores de 35.68 kg/cm² a 59.93 kg/cm² sometidos a cizalladura, lo cual indicaron que el bambú utilizado como material para ingeniería presenta una alta resistencia en dirección paralela a la orientación de las fibras.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Clasificación científica

Según Pantoja (2005), el bambú se clasifica:

Grupo:	Angiosperma
Clase:	Monocotiledonea
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Sub familia:	Bambusoideae
Tribu:	Bambusaceae
Género:	<i>Bambusa</i>
Especie:	<i>Vulgaris var. vittata</i>

2.2.2. Nombres comunes

Según Londoño (2002), se encuentran nombres como: Bambú Amarillo, Golden common bamboo (América); kinshichiku (Japón); Buloh Kuning (Malasia); Bambú Kuning (Indonesia); Yellow bamboo (filipinas).

2.2.3. Distribución geográfica

Londoño (2002), afirma que el ambiente natural de los bambúes, son los bosques tropicales húmedos, tropicales secos y templados. En los departamentos de Ucayali, Madre de Dios, Cusco y Junín, existen

grandes extensiones de bosques naturales asociados con bambú, aproximadamente 39,978 Km² de bosques con bambú, siendo las especies dominantes *Guadua angustifolia*, *Guadua sarcocarpa*, *Guadua superba*, *Dendro calamus*, *Bambusa vulgaris* var. *vittata*.

2.2.4. Características descriptivas de la especie

Velázquez (2003), menciona que el culmo de *Bambusa vulgaris* mide de 15 - 19 m de altura aproximadamente, con entrenudos de 20 a 25 cm y nudos pronunciados. Son brillantes tallos huecos amarillo con pocas franjas verdes con un diámetro entre 8 – 15 cm que varía desde la base hasta el ápice, con nudos pronunciados. Ligeramente follaje verde claro; hojas lineales lanceoladas de 8-20 cm, alternas, con escasa vellosoidad y las ramas se distribuyen a partir del primer metro de la planta, estas nacen encima del nudo y son deprimidas. Flores en espiga de color crema (diámetro 4 mm); frutos en capsula ovoide de 7 mm de longitud, del mismo color, con una semilla.

2.2.5. Propiedades mecánicas del bambú

Adams (2006), Ghavami (2004) y Jansen (2002), mencionan que las propiedades físico-mecánicas del bambú en general están fuertemente correlacionadas con su estructura anatómica como se ha demostrado en muchas investigaciones. En general, estas propiedades mecánicas están determinadas por la gravedad específica, la cual varía aproximadamente de 0,5-0,9 g/cm³. La gravedad específica depende principalmente del contenido de fibra, del diámetro de la fibra y del grosor de las células de la pared de la fibra, por lo tanto varía considerablemente dentro de un mismo culmo y entre especies. También indican que la gravedad específica se incrementa a lo largo del culmo, desde la base hacia el ápice, debido a la reducción de la pared del culmo y al incremento en la concentración de haces vasculares. La reducción del espesor de la pared del culmo está asociada con la resistencia mecánica,

especialmente hacia el ápice, el cual contiene menos parénquima y más fibra.

Londoño (2002) y Londoño et al. (2002), mencionan que los nudos tienen influencia en la resistencia mecánica del culmo, presentando una gravidez específica mayor, un menor volumen de encogimiento y una menor resistencia tensil que los entrenudos por aquello de tener fibras más cortas y haces vasculares distorsionados. La misma autora explica que en el sentido vertical la cantidad de fibra incrementa de la base hacia la punta mientras que la cantidad de tejido de parénquima decrece. Además indica que la gravedad específica se incrementa a lo largo del culmo, desde la base hacia el ápice, debido a la reducción de la pared del culmo y al incremento en la concentración de haces vasculares, por tanto concluye que la reducción del espesor de la pared del culmo está asociada con la resistencia mecánica, especialmente hacia el ápice, el cual contiene menos parénquima y más fibra.

Por su parte, Ordoñez (1999), recomienda que para seleccionar el material experimental, este debe haber llegado a su madurez, señalando que las propiedades mecánicas del bambú son más altas en individuos maduros, en promedio a la edad de 5 años.

A. Flexión

González (2000), recomienda que para la determinación de las propiedades mecánicas en flexión del culmo de *Guadua angustifolia* se deba trabajar con secciones cercanas a la circular, aunque sus irregularidades pueden llegar a ser muy grandes. Además indica que se miden las secciones en los extremos del espécimen, para control de la prueba, al final de la misma se miden las secciones cercanas a los puntos de carga, y con el promedio de estas mediciones se calculan el módulo de ruptura (MOR) y el módulo de elasticidad (MOE). Así, estas variaciones geométricas son compensadas y el elemento es tratado (en los cálculos) como una viga de sección transversal perfectamente circular y constante a lo largo del tallo, este

método da una buena aproximación al comportamiento real de un elemento.

Londoño *et al.* (2002), indican que en el bambú se tienen dos circunstancias en laboratorio que afectan la confiabilidad de los resultados: 1) En laboratorio es imposible lograr que la aplicación de las cargas se haga en el eje centroidal, y esta pequeña excentricidad produce deflexión y momento sobre la columna. 2) Las imperfecciones (curvaturas, rajaduras) que pueden tener los tallos inducen flexión y esfuerzos anormales. Los autores sugieren reducir el error usando probetas de menor longitud.

Janssen (2002), con respecto a los módulos de elasticidad, observo que se puede observar una ventaja en el uso de tubos delgados con relación a su sección transversal. Menciona que la acumulación de fibras de alta resistencia en las partes externas de la pared del bambú también trabaja positivamente a favor de los módulos elásticos como lo hace para las resistencias a tensión y flexión. Como los módulos elásticos de la madera sólida, en el caso de la *Guadua sp.* decrecen entre 5 y 10% con el aumento de los esfuerzos. La alta elasticidad de dicha especie, lo hace un material potencial para ser usado en áreas con alto riesgo sísmico.

B. Compresión

Ahmad (2000), señala que la compresión paralela a las fibras en el caso de la *Guadua sp.* manifiesta una resistencia menor comparada con la de tensión, comportamiento que se debe a la ausencia de radios medulares y cambium que caracterizan los tejidos presentes en la madera. Presentando un tejido constituido por fibras longitudinales que manifiestan separación en el momento de aplicación de la fuerza aunado con la presencia de los nudos o perforaciones.

González *et al.* (1992), afirman que la carga crítica es directamente proporcional a la rigidez del material y/o a secciones con mayor

momento de inercia. Por esta razón el bambú es bueno para soportar compresión, ya que su sección transversal es un tubo, lo cual es la forma más efectiva de poner masa alejada del centroide, incrementando el momento de inercia, suponiendo que la sección es simétrica para cualquier eje.

Adams (2006), Ordoñez (1999) y Liese (1985), mencionan que estudios realizados en Alemania, Holanda y Colombia sobre las propiedades físicas y mecánicas del bambú, arrojaron información contundente acerca de su resistencia a la compresión que superó los 600 kg/cm² y a tracción superó los 900 kg/cm².

C. Cizallamiento

Janssen (2002), alega que uno de los principales inconvenientes que se presenta en especies como la *Guadua* utilizada como material estructural, ocurre cuando se somete a esfuerzos de tensión y de cizalladura, dadas las características propias del material, principalmente por la dirección paralela de las fibras en su estructura interna.

Cheatle y López (2002), encontraron un valor de esfuerzo admisible promedio de 6,87 Mpa equivalente a 70.05 kg/cm² para elementos de la especie como la *Guadua* sometidos a cizalladura. De igual manera, Díaz y González (1992), determinaron para elementos de dicha especie provenientes de Antioquia y Risaralda, sometidos a cizalladura, esfuerzos promedios de 5,78 Mpa (58.94 kg/cm²) y de 7,74 Mpa (78.92 kg/cm²). También, Castrillón y Malaver (2004) para elementos de *Guadua* sometidos a cizalladura registraron valores promedios de 7,84 Mpa (79.94 kg/cm²).

Ghavami (2004), concluye que los mejores esfuerzos a la flexión y módulo de elasticidad, se obtienen en el tope de los culmos esto debido a la alta concentración de haces vasculares y poco parénquima.

2.3. Definición de términos básicos

Culmo: Es el eje aéreo segmentado que emerge del rizoma. Este término se emplea principalmente cuando se hace referencia a los Bambúes leñosos. El culmo consta de: cuello, nudos y cañutos. Se le denomina cuello a la parte de unión entre el rizoma y el culmo, nudo a los puntos de unión a los cañutos; y cañuto a la porción del culmo comprendida entre dos nudos.

Rizoma: Es un tallo modificado, subterráneo, que conforma el soporte de la planta. Es el lugar por donde la guadua absorbe los nutrientes.

Base: Es la parte del culmo con mayor diámetro y espesores de pared mayores; Posee una longitud de 4 metros. Las distancias de cañutos son las más cortas y en la construcción se les utiliza como columnas.

Medio: Es el diámetro intermedio del culmo y la distancia entre nudos es mayor que en la cepa; es la parte del culmo de la guadua que más se utiliza; tiene una longitud aproximada de 11 metros.

Ápice: Es el diámetro menor del culmo y la distancia entre nudos es un poco mayor, comparado con la basa, la longitud es de aproximadamente cuatro metros.

Copa: Es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1.20 a 2.00 metros.

Flexión estática: Es la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura y el módulo de elasticidad.

Compresión: Esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen.

Cizalladura: Deformación producida en un sólido por la acción de dos fuerzas opuestas, iguales y paralelas

2.4. Hipótesis

Ha: El estado de madurez y la altura del culmo de *Bambusa vulgaris* var. vittata, tienen influencia sobre las propiedades mecánicas.

Ho: El estado de madurez y la altura del culmo de *Bambusa vulgaris* var. vittata, no tienen influencia sobre las propiedades mecánicas.

2.5. Variables

2.5.1. Variable independiente

- Estado de madurez del culmo de *Bambusa vulgaris* var. vittata (verde y maduro).
- Niveles de altura del culmo de *Bambusa vulgaris* var. vittata (base, medio y ápice).

2.5.2. Variable dependiente

- Flexión estática.
- Compresión paralela y perpendicular a las fibras.
- Cizallamiento.

CAPITULO III

3. Materiales y Metodología

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Ucayali - UNU, ubicada en la Carretera Federico Basadre Km 6 con coordenadas (18L 546675 m E 9071616 m S) y en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroforestal Acuícola de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía - UNIA, ubicado en la carretera San José Km 0.5 (18 L 544887 m E 9077263 m S).

3.2. Material en estudio

10 culmos de *Bambusa vulgaris* var. vittata (5 verdes y 5 maduras)

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Material de campo

- Wincha marca Stanley, 30 metros.
- Equipo de cómputo marca Samsung serie 3 300, Windows 7, core i3, memoria RAM 4.00 GB.
- Programa estadístico Stad Graphics, versión 5.1.
- Formularios de evaluación de las propiedades mecánicas.
- Libreta de campo, marca Stanford.
- Lapicero marca Faber Castell, punta fina.
- Plumón indeleble y marcador marca Faber Castell.
- Cámara fotográfica marca Nikon, modelo D7000, 8GB, 21 pixeles.

3.3.2. Equipos y maquinaria

- Motosierra marca Still, modelo 070.

- Brújula marca Suunto, modelo KB 14.
- GPS marca Garmin, modelo MAP 60 CSX.
- Arco de sierra marca Kamasa, modelo 106.
- Vernier digital marca Mitutoyo, modelo 500, error +/- 0.001, Medición pulg/mm.
- Prensa Universal marca Thinius Olsen con capacidad de 30 toneladas.

3.4. Tipo y nivel de investigación

3.4.1. Tipo

Es de tipo descriptivo – correlacional.

3.4.2. Nivel

Es de nivel explicativo – descriptivo.

3.5. Método de la investigación

3.5.1. Ubicación de la especie

Con la ayuda del GPS, se tomaron los puntos de ubicación de las cinco matas de *Bambusa vulgaris* var. *vittata*, dentro del Campus UNIA (ver anexo 03 y 18).

3.5.2. Identificación botánica

Se recolecto cinco muestras de las diferentes estructuras morfológicas como culmos, hojas, hojas caulinares, ramas y raíces y se roció la solución FAA: (25% de formol, 25% de alcohol de 96 y 50% de agua).

Posteriormente se prensó las cinco muestras utilizando cartón corrugado y papel periódico, las cuales se secaron en la estufa a 60° C por 72 horas en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía - UNIA (ver anexo 19).

Finalmente se realizó el montaje de las muestras y se enviaron a la empresa PRESER BAMBU, para ser debidamente identificada (ver anexo 02 y 19).

3.5.3. Selección y colección de los culmos

Se seleccionaron cinco matas en el campus Universitario de la UNIA, la mata 1 y 2 fueron seleccionados cerca a los laboratorios de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroforestal Acuícola (zona alta y seca), la mata 1 fue seleccionada en la antigua garita de la UNIA (zona baja y húmeda), la mata 4 y 5 fueron seleccionadas al margen de la universidad y la laguna Yarinacocha (zona rivera de la laguna) (ver anexo 03), donde se seleccionaron dos culmos, un verde y un maduro por cada mata, siendo un total de 10 culmos (5 verdes y 5 maduros). La selección de los culmos verde y maduro fue al azar, se realizó a través de parámetros cualitativos como el color de la corteza, la concentración de líquenes y hongos sobre la superficie de los entrenudos, el buen desarrollo de los culmos rectos, cilíndricos y sin daños patológicos. También se consideró el aspecto fisiográfico (altura, restinga y colinas) del Campus universitario, según la ubicación de las matas (ver anexo 20).

Antes de extraer los culmos se evaluó en pie, el diámetro a altura del pecho (DAP), para tener como referencia los diámetros de los culmos seleccionados; luego por medio de una brújula se ubicó la orientación del norte magnético y se marcó con el plumón indeleble (ver anexo 21).

Con la ayuda de la motosierra se procedió a extraer los culmos de bambú, seguidamente se cortaron las ramas con el serrucho de mano, para así no dañar el culmo (ver anexo 22).

Con la wincha se midió la longitud total de los culmos, número de nudos, la circunferencia y longitud de internudos hasta un mínimo de 5 cm de diámetro en el ápice. Seguidamente se dividió en tres partes a distancia entre tres y cuatro metros (Base, Medio y Ápice) (ver anexos 24 y 25).

Previamente los culmos fueron secados al aire, por un periodo de dos meses.

3.5.4. Preparación de las probetas

Con el arco de sierra se cortaron dos probetas para cada prueba (flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y

cizallamiento); las probetas se extrajeron de los niveles de altura (base, medio y ápice) y estados de madurez (verde y maduro) (ver anexo 26).

Se obtuvo por culmo un total de 24 probetas según los niveles de altura y ensayos mecánicos, obteniéndose en 10 culmos (5 verdes y 5 maduros) 240 probetas para las respectivas pruebas.

Cuadro 01. Número de probetas por culmo.

Alturas/ culmo	Nº probetas/propiedad/culmo				Nº total de probetas/ altura/ culmo	Nº total de probe tas
	flexión estática	compresión paralela	compresión perpendicular	cizalla mientto		
Base	2	2	2	2	8	24
Medio	2	2	2	2	8	
Ápice	2	2	2	2	8	
Total	6	6	6	6	24	

A. Ensayo de flexión estática

En flexión la dimensión de la probeta fue el diámetro del culmo, por 45 cm de largo, previamente secas al aire; seguidamente se acondiciono los accesorios, se instaló el cabezal para la aplicación de la carga en la parte central de la probeta, se fijó el dispositivo de apoyo a una distancia de 36 cm. Se aplicó una carga a velocidad de 2.5 mm/min, la carga se aplicó en forma continua, registrándose una carga máxima 818 kg y mínima 57.2 kg. Previamente las probetas fueron secadas al aire libre (ver anexo 27).

B. Ensayo de compresión paralela

En compresión paralela la dimensión de la probeta fue 20 cm de longitud por el diámetro respectivo del culmo, luego se hizo el montaje del cabezal con articulación esférica que permitió una distribución uniforme de la carga. Se aplicó una carga a velocidad de 0.6 mm/min, la carga se

aplicó en forma continua, el acortamiento se registró en forma automática por la computadora hasta que ocurra la ruptura de la probeta, registrándose una carga máxima 14750 kg y mínima 1085 kg. Previamente las probetas fueron secadas al aire libre (ver anexo 28).

C. Ensayo de compresión perpendicular

En compresión perpendicular la dimensión de la probeta fue 15 cm de longitud por el diámetro respectivo del culmo, en estado seco al aire, se colocó el accesorio de compresión perpendicular, sobre la probeta en la parte media. Se aplicó una carga a velocidad de 0.3 mm/min, manteniéndose una velocidad continua, registrándose una carga máxima 138.8 kg y mínima de 10.51 kg. Previamente las probetas fueron secadas al aire libre (ver anexo 29).

D. Ensayo de cizallamiento

En cizallamiento la dimensión de la probeta fue 6.25 cm de longitud por el diámetro del culmo con un corte transversal de 5 cm, luego se realizó el montaje de la cizalla, se fijó la pieza central de la cizalla a la cruceta móvil de la prensa universal, se colocó la probeta en el dispositivo de cizallamiento de tal manera que la superficie longitudinal (6.25 cm x 5 cm) quede paralela a la pieza móvil y reciba la presión de la cizalla. La velocidad de la carga fue de 0.6 mm/min, la aplicación de la carga fue de forma continua, registrándose una como carga máxima 907 kg y mínima 11.52 kg. Previamente las probetas fueron secadas al aire libre (ver anexo 30).

Todas las probetas fueron dimensionadas, según la NTC 5525, para los cálculos se utilizaron las formulas descritas en la norma ASTM D 143-94.

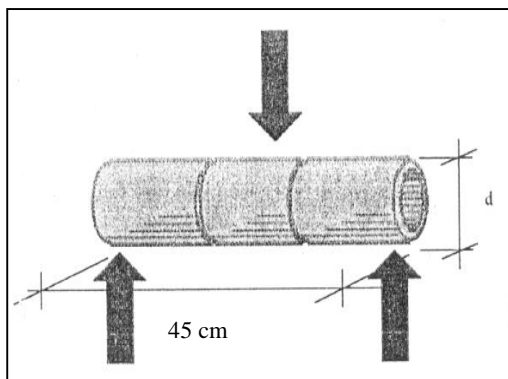


Figura 01: Dimensiones de las probetas para el ensayo de flexión.

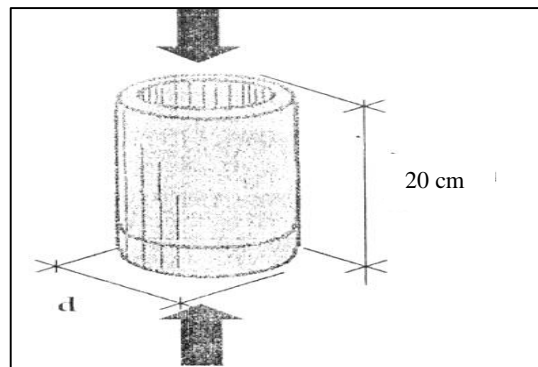


Figura 02: Dimensiones de las probetas para el ensayo de compresión paralela

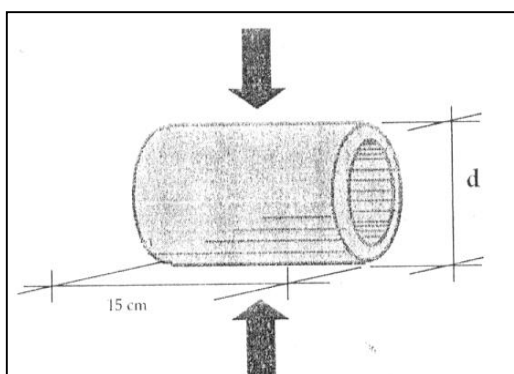


Figura 03: Dimensiones de las probetas para el ensayo de compresión perpendicular.

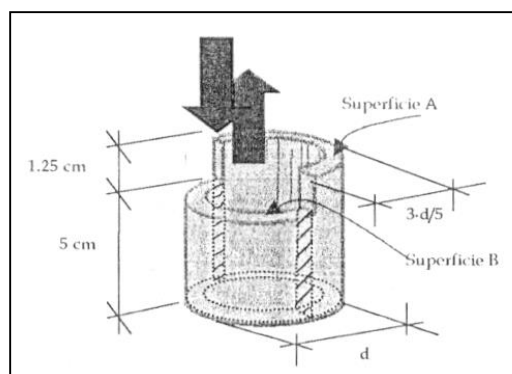


Figura 04: Dimensiones de las probetas para el ensayo de cizallamiento.

Siendo:

d: Diámetro

3.5.5. Fórmulas de las propiedades mecánicas ASTM

Para más precisión se midió con el vernier digital las dimensiones de las probetas, luego se aplicaron las siguientes fórmulas para calcular las siguientes variables.

3.5.5.1. Flexión estática

A. Esfuerzo al límite proporcional

Para el cálculo se aplicó la fórmula siguiente:

$$E.L.P. = \frac{3 \times P1 \times L}{2 \times a \times h^2} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo:

- E.L.P. = El esfuerzo al límite proporcional (kg/cm²)
 P1 = La carga a la limite proporcional (Kg)
 L = Distancia entre soportes (cm)
 a = Ancho de la probeta (cm)
 h = Espesor o Altura de la probeta (cm)

B. Módulo de ruptura

Para el cálculo se aplicó la formula siguiente:

$$MOR = \frac{3 \times P2 \times L}{2 \times a \times h^2} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo

- MOR = Módulo de ruptura (kg/cm²)
 P2 = Carga máxima (kg)
 L = Distancia entre soportes (cm)
 a = Ancho de la probeta (cm)
 h = Espesor o Altura de la probeta (cm)

C. Módulo de elasticidad

Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$MOE = \frac{P1 \times L^3}{4 \times a \times h^3 \times d} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo

- MOE = Módulo de elasticidad (kg/cm²)
 L = Distancia entre soportes (cm)
 a = Ancho de la probeta (cm)
 h = Espesor o Altura de la probeta (cm)
 d = La deflexión en límite de proporcionalidad (cm)

3.5.5.2. Compresión paralela

A. Esfuerzo al límite proporcional

Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$ELP = \frac{P1}{A} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo

ELP = Esfuerzo del límite proporcional (kg/cm²)

P1 = Carga en límite proporcional (kg)

A = Área cm²

B. Resistencia máxima

Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$RM = \frac{P2}{A} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo

RM = Resistencia máxima (kg/cm²)

P2 = Carga máxima (kg)

A = Área cm²

C. Módulo de elasticidad

Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$MOE = \frac{P1}{A \times d} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo

MOE = Módulo de elasticidad (kg/cm²)

P1 = Carga límite proporcional (kg)

A = Área cm²

d = Deflexión al límite proporcional

3.5.5.3. Compresión perpendicular

A. Esfuerzo al límite proporcional

Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$ELP = \frac{P1}{b \times L} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo

ELP = Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm²)

P1 = Carga al límite proporcional (kg)

A = Área debajo del plato kg/cm²

3.5.5.4. Cizallamiento

A. Máxima resistencia al corte

Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$MRC = \frac{P2}{A} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo:

MRC = Máxima resistencia al corte (kg/cm²)

P2 = Carga máxima (kg)

A = Área de corte (cm²)

3.6. Diseño de la investigación

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 2 x 3, con 5 repeticiones. Se aplicó una prueba de promedios de Tukey con un $\alpha = 0,05$.

Cuadro 02. Diseño de investigación

Niveles de altura	Estado de madurez	
	Verde	Maduro
Base	T1	T2
Medio	T3	T4
Alto	T5	T6
5 REPETICIONES		

3.6.1. Modelo estadístico

El modelo matemático del diseño planteado es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + B + a_i + b_j + ab_{ij} + e_{ijk}$$

Factor *a*: Estados de madurez

Factor *b*: Niveles

ab: Interacción a x b

μ : Media general

B: bloques

i: 2 estados (verde y maduro)

j: 3 niveles (base, medio y alto)

e: error experimental

3.7. Población y muestra

3.7.1. Población

La población se consideró todas las matas de *Bambusa vulgaris* var. vittata, presentes en el campus de la UNIA, de las cuales se seleccionó cinco matas al azar.

3.7.2. Muestra

La muestra estaba representada por dos culmos por mata. Se seleccionó los culmos según el estado de madurez (verde y maduro), siendo un total de diez muestras (cinco verdes y cinco maduros).

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.8.1. Variables Cualitativas

Técnicas

- Observación óptica.
- Registro de datos.

Instrumentos y equipos

- Prensa Universal Thinius (capacidad 30 toneladas)
- Vernier (mm)

3.8.2. Variables cuantitativas

- **Flexión estática.**- Esta variable se consideró a partir de los datos arrojados por la prensa universal, al ser sometida la probeta a una carga con velocidad de 2.5 mm/min, donde se calculó el Esfuerzo al Limite Proporcional (ELP) kg/cm², Modulo de Ruptura (MOR) kg/cm² y el Modulo de Elasticidad (MOE) kg/cm² (anexo 10 y 11).
- **Compresión paralela.**- Esta variable se consideró a partir de los datos arrojados por la prensa universal, al ser sometida la probeta

a una carga con velocidad de 0.6 mm/min, donde se calculó el Esfuerzo al Limite Proporcional (ELP) kg/cm², Resistencia Máxima kg/cm² y el Modulo de Elasticidad (MOE) kg/cm² (anexo 4 y 5).

- **Compresión perpendicular.-** Esta variable se consideró a partir de los datos arrojados por la prensa universal, al ser sometida la probeta a una carga con velocidad 0.3 mm/min, donde se calculó la compresión perpendicular (CPE) kg/cm² (anexo 6 y 7).
- **Cizallamiento.-** Esta variable se consideró a partir de los datos arrojados por la prensa universal, al ser sometida la probeta a una carga con velocidad 0.6 mm/min, donde se calculó la Resistencia Máxima kg/cm² (anexo 8 y 9).

3.8.3. Análisis de datos

Se analizaron los datos en un software estadístico, el ANVA, si existe significancia se realizara pruebas de medias de Tukey e interacciones (ver anexo 12).

CAPITULO IV

4. Resultados y discusión

4.1. Análisis de varianza de flexión estática del estado de madurez (verde y maduro) y niveles (base, medio y ápice).

En el ensayo de flexión estática, no se logró determinar las propiedades mecánicas, ya que los resultados fallaron en un 80 %, arrojando valores a cero, debido a que se trabajó con el culmo entero y el cabezal de aplicación de carga que se utilizó para el ensayo, fue para probetas con superficie de 5 cm de ancho. En anteriores trabajos, como el de González *et al.* (2007) se utilizaron probetas segmentadas del culmo, obteniéndose listones con dimensiones de 2.5 cm de ancho, con el espesor del culmo y 45cm de longitud. Por ende se consideraría realizar los ensayos en listones para tener mejores resultados.

4.2. Análisis de varianza de compresión paralela del estado de madurez (verde y maduro) y niveles (base, medio y ápice).

A. Cálculo del esfuerzo al límite proporcional – ELP en (kg/cm²)

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para el esfuerzo al límite proporcional – ELP en (Kg/cm²).

Cuadro 03. Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para el esfuerzo al límite proporcional en (Kg/cm²).

Estado de madurez (A)	Niveles (B)			
	Base	Medio	Ápice	Promedio
	(B ₁)	(B ₂)	(B ₃)	
Maduro (A₁)	266.20 a	111.20 a	373.00 a	250.13 a
Verde (A₂)	86.60 a	112.60 a	136.60 a	111.93 a
Promedio	176.4 a	111.9 a	254.8 a	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el estado de madurez de los culmos (verde y maduro) no se muestran diferencia significativa ($p \geq 0.05$), sin embargo, numéricamente el culmo maduro alcanzo el mayor valor (250.13 kg/cm²) y el culmo verde el menor valor (111.93 kg/cm²).

Con respecto a los niveles de altura, se muestra que no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$), pero numéricamente el ápice alcanzo el mayor valor (254.8 kg/cm²), seguida por la base (176.4 kg/cm²) y el medio con el menor valor (111.9 kg/cm²).

Se observa que el mayor valor del Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP) se registró en el nivel ápice, según Ghavami (2004) menciona que los topos de los culmos presenta una alta concentración de haces vasculares, siendo las fibras las de mayor porcentaje. Lo cual atribuye a que el ápice presente el mayor valor al ELP.

Para las interacciones entre el estado de madurez y el nivel de altura, se muestra que no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre las interacciones para la compresión paralela para ELP, pero numéricamente la interacciones maduro ápice alcanzo el mayor valor, lo cual atribuye a lo anteriormente mencionado por Ghavami (2004) indicando que en el tope del culmo presenta mayor porcentaje de haces vasculares, por ende presento mayor valor al ELP.

Los resultados obtenidos en promedio para los estados de madurez de *Bambusa vulgaris* var. vittata, en la presente investigación es de 111.93 kg/cm² a 250.13 kg/cm² y niveles de altura es de 111.9 kg/cm² a 254.8 kg/cm², estos promedios se aproximan a lo que determinaron Díaz y González (1992) citados por Castillón y Malaver (2004) en la especie *Guadua angustifolia*, donde obtuvieron valores de esfuerzos en el límite proporcional (ELP) de 126.23 kg/cm² y 201.79.kg/cm². Ya que ambos géneros se caracterizan por presentar el culmo de forma cilíndrica, entrenudos generalmente huecos, separados transversalmente por tabiques o nudos (Hidalgo, 1974).

Según Karsulovic (1982), cuando un cuerpo es aplastado o es cargado, este llega hasta un límite llamado Límite de Proporcionalidad (ELP), hasta este punto el cuerpo puede volver a recuperar su estado original, cuando la carga es suprimida, ésta zona es denominada con el nombre de zona elástica. Si se sigue aumentando la carga el material quedará permanentemente deformado, a esta zona se le denomina, zona plástica.

Por ende *Bambusa vulgaris* var. *vittata* puede resistir cargas desde 111.93 kg/cm² hasta 254.8 kg/cm² y regresar a su estado original, según Osorio *et al* (2005) menciona que los valores de esfuerzos en el límite de proporcionalidad, son fundamentales para el diseño de elementos sometidos a compresión paralela.

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados del esfuerzo al límite proporcional observados en las diferentes matas evaluadas.

Cuadro 04. Prueba de promedios de Tukey para el esfuerzo al límite proporcional - ELP (Kg/cm²) de las matas evaluadas.

Matas	ELP (Kg/cm ²)
Mata 01	93.17 a
Mata 02	172.0 a
Mata 03	215.0 a
Mata 04	230.5 a
Mata 05	194.5 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

En el esfuerzo al límite proporcional, se observa que entre matas, no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$), pero numéricamente la mata 4 alcanzó el mayor valor (230.50 kg/cm²) y la mata 1 obtuvo el menor valor (93.17 kg/cm²). Las diferencias de los promedios para el esfuerzo al límite proporcional según las matas, se puede deducir que la ubicación influyó ligeramente, ya que cada ubicación presenta diferentes condiciones en suelo y clima para su desarrollo. Ya que la mata 4 estaba

ubicada a la rivera de la laguna Yarinacocha y la mata 1 en la parte alta del campus de la UNIA, siendo la mata 4 la que presento mejores condiciones para su desarrollo.

B. Cálculo de Resistencia Máxima en (kg/cm²)

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para la resistencia máxima (kg/cm²).

Cuadro 05. Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para la resistencia máxima (kg/cm²).

Estado de madurez (A)	Niveles (B)			Promedio
	Base (B ₁)	Medio (B ₂)	Ápice (B ₃)	
Maduro (A ₁)	462.2 a	267.8 a	402.0 a	377.33 a
Verde (A ₂)	357.0 a	256.8 a	296.6 a	303.47 a
Promedio	409.6 a	262.3 b	349.3 ab	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Con respecto al estado de madurez de los culmos (verde y maduro) no existe diferencias significativas ($p \geq 0.05$), sin embargo numéricamente el culmo maduro alcanzo el mayor valor (377.33 kg/cm²) y el culmo verde el menor valor (303.47 kg/cm²).

En relación a los niveles de altura se observa que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, se observa que el nivel base y apice no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$), de mismo modo el nivel ápice y medio no presenta diferencia estadística ($p \geq 0.05$), esto puede atribuirse a lo que menciona Liese (1985) y Londoño *et al* (2002), que en el sentido vertical del culmo la cantidad de fibra incrementa de la base hacia la punta mientras que la cantidad de tejido de parénquima decrece. Deduciendo que en la base hay mayor porcentaje de parénquima lo cual brinda mejor resistencia y en

el nivel ápice presenta mayor cantidad de porcentaje y concentración de las fibras, atribuyendo mejor resistencia. Del mismo modo el nivel medio y ápice no presentan diferencia ya que en la parte media disminuye ligeramente el porcentaje de parénquima pero aumenta la presencia de fibras, lo cual se asemeja a la resistencia del nivel ápice. También el distanciamiento de los nudos influye, ya que la base se encuentran más unidos brindando más rigidez al culmo, disminuye en la parte medio debido a que los nudos están más separados y finalmente el ápice los nudos vuelven a unirse.

Sin embargo, se observa que existe diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre el nivel base y medio, donde la base alcanzo el mayor valor (409.6 kg/cm^2) y el medio con menor valor (262.3 kg/cm^2). Esta diferencia se produjo debido a que la base presento mayor porcentaje de parénquima y en la parte media disminuyo el porcentaje de parénquima en el culmo, también se podría mencionar que influyo el distanciamiento de los nudos ya que en el medio son más distantes, mientras que en la base son más cercanos los nudos.

Para las interacciones entre el estado de madurez y el nivel de altura, se muestra que no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre las interacciones para la resistencia máxima.

La resistencia promedio a la compresión paralela a las fibras de *Bambusa vulgaris* var. *vittata* en la presente investigación son de 303.47 kg/cm^2 a 377.33 kg/cm^2 , estos valores de resistencia son ligeramente superiores a la resistencia de *Guadua sarcocarpa* con (363 kg/cm^2) determinado por Velázquez y Salvador (2008) y *Guadua amplexifolia* con valores de resistencia de (259 a 335 kg/cm^2) realizado por Espuna y Sánchez (2008). Estas diferencias que presentan con respecto a *Bambusa vulgaris* var. *vittata*, es debido a que los bambús anteriormente mencionados pertenecen a diferente género y especie y presentan diferente características morfológicas (distanciamiento de los entrenudos, espesores de la pared del culmo, diámetro del culmo), siendo *Bambusa vulgaris* vr. *vittata* la que presenta mayor diámetro del culmo de 8 a 11 cm

y con similar longitud de 17 a 19 m), comparados con *Guadua sarcocarpa* con diámetro de 3 a 5 cm y longitud de 8 a 11 m y para *Guadua amplexifolia* presento un diámetro de 6 a 10 cm y una longitud de 10 a 20 m (Velázquez y Salvador, 2008 y Montiel *et al.* 2006)

En el cuadro de Prueba de Tukey para los niveles de altura, se observa que el mayor valor de la resistencia máxima se registró en el nivel base (409.6 kg/cm²) y nivel ápice (349.3 kg/cm²), lo que se asemeja a lo que determino Córdova (2014) que menciona que la caña de *Guadua* presenta una resistencia de 403.61 kg/cm², indicando que este valor es muy importante, ya que si se compara con la resistencia del hormigón común de 280 kg/cm², se puede concluir que la caña *Guadua* es un material de construcción muy resistente, que es 1.44 veces más resistente a compresión que el hormigón común. Esto es muy positivo puesto que se obtiene mucha resistencia a muy bajo peso propio del material.

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados de la resistencia máxima observados en las diferentes matas evaluadas.

Cuadro 06. Prueba de promedios de Tukey para la resistencia máxima (kg/cm²) de las matas evaluadas.

Matas	Rest. Max. (kg/cm ²)
Mata 01	210.67 a
Mata 02	356.17 a
Mata 03	387.5 a
Mata 04	312.67 a
Mata 05	335.0 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Con respecto a la resistencia máxima, se observa que entre matas, no existe una diferencias significativas ($p \geq 0.05$), pero numéricamente la mata 3 alcanzo el mayor valor (387.5 kg/cm²) y la mata 1 el menor valor

(210.67 kg/cm²). La diferencia entre matas se puede deducir que la ubicación influyo en los promedios, ya que la mata 3 estaba ubicada cerca de una quebrada, presentando mejores condiciones de suelo y abastecimiento de agua para un óptimo desarrollo.

C. Cálculo de módulo de elasticidad: MOE (kg/cm²)

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para el módulo de elasticidad - MOE (kg/cm²).

Cuadro 07. Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para el módulo de elasticidad - MOE en (kg/cm²).

Estado de madurez (A)	Niveles (B)			
	Base	Medio	Ápice	Promedio
	(B ₁)	(B ₂)	(B ₃)	
Maduro (A ₁)	22101 c	24884 bc	41449 ab	29478.3 b
Verde (A ₂)	21700 c	35111 abc	47830 a	34880.5 a
Promedio	21900.8 b	29997.8 b	44639.6 a	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Con respecto al estado de madurez de los culmos (verde y maduro) existe una alta diferencia significativa ($p \leq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, se demuestra que entre el culmo verde y maduro existe una alta diferencia significativa ($p \leq 0.05$), con valores de 34880.5 kg/cm² para culmo verde y 29478.3 kg/cm² en el culmo maduro.

En relación a los niveles de altura se observa que existe una alta diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, se observa en los niveles base y medio no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$), sin embargo, se observa que existe diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre el nivel ápice con respecto a los niveles base y medio, donde el ápice presenta el mayor valor (44639.6 kg/cm²) y menor valor para medio (29997.8 kg/cm²) y base (21 900.8 kg/cm²).

En la prueba de Tukey para los niveles de altura, se observa que el mayor valor del módulo de elasticidad (MOE) se registró en el nivel ápice, lo que se asemeja a lo que asevera Ghavami (2004) que concluye que los mejores esfuerzos al módulo de elasticidad, se obtienen en el tope de los culmos esto debido a la alta concentración de haces vasculares y poco parénquima.

Para las interacciones entre el estado de madurez y el nivel de altura, se muestra que existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las interacciones, al realizar la prueba de promedios de Tukey, se muestra que, el ápice verde presento el mejor promedio de MOE, el cual no presenta diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto al ápice maduro y al medio verde, los mismos que no presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto al medio maduro, el mismo que no presenta diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto a la base verde y maduro, los mismos que si mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto al ápice verde.

Presenta diferencia significativa entre los niveles base y ápice en cuanto al módulo de elasticidad (MOE), debido a que en la parte apical de culmo se presenta mayor concentración de haces vasculares siendo las fibras las que presentan mayor cantidad, proporcionándole más elasticidad al culmo Ghavami (2004).

Según el López (2011) para *Guadua angustifolia* variedad bicolor de procedencia Tarapoto presento promedio para módulo de elasticidad de 77551.62 kg/cm² y para *Guadua angustifolia* var. bicolor y *Guadua angustifolia* común o kunt procedentes de Moyobamba se obtuvieron valores de 54039.2 kg/cm² y 69242.21 kg/cm², respectivamente, que son valores mayores a lo determinado en *Bambusa vulgaris* var. vittata (29478.3 kg/cm² culmo maduro y 34880.5 kg/cm² culmo verde), se presenta esta diferencia ya que ambos bambúes pertenecen a diferente género y especie, y presenta diferente característica morfológica, siendo el género *Guadua* el que presenta mayor diámetro entre 18 a 25 cm y altura entre 20 a 25 m, con respecto a *Bambusa vulgaris* var. vittata (Villegas. 2005).

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados del módulo de elasticidad observados en las diferentes matas evaluadas.

Cuadro 08. Prueba de promedios de Tukey para el módulo de elasticidad – MOE en (kg/cm²) de las matas evaluadas.

Matas	MOE (kg/cm ²)
Mata 01	26138.33 a
Mata 02	30059.0 a
Mata 03	31842.83 a
Mata 04	38920.5 a
Mata 05	33936.33 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el módulo de elasticidad (MOE), se observa que entre matas, no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$), pero numéricamente la mata 4 alcanzó el mayor valor (38920.50 kg/cm²) y la mata 1 el menor valor (26138.33 kg/cm²). La diferencia entre los promedios se puede atribuir a la ubicación de las matas, siendo la mata 4 la que presentó mayor valor, ya que se encuentra a la rivera de la laguna Yarinacocha, presentando mejores condiciones suelo, clima y agua para un mejor desarrollo de la mata. En la zona de la rivera de la laguna, generalmente es una zona donde existe mayor presencia de vientos, lo cual ha generado que el culmo desarrolle mayor elasticidad.

4.3. Análisis de varianza de compresión perpendicular del estado de madurez (verde y maduro) y niveles (base, medio y ápice).

A. Cálculo de compresión perpendicular CPe (kg/cm²)

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para la compresión perpendicular – Cpe en (kg/cm²).

Cuadro 09. Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para la compresión perpendicular - CPe en (kg/cm²).

Estado de madurez (A)	Niveles (B)			
	Base	Medio	Ápice	Promedio
	(B ₁)	(B ₂)	(B ₃)	
Maduro (A₁)	69.6 a	30.8 a	57.6 a	52.67 a
Verde (A₂)	15.2 a	15.8 a	14.4 a	15.13 b
Promedio	42.4 a	23.3 a	36.0 a	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Con respecto al estado de madurez de los culmos (verde y maduro) existen diferencias significativas, al realizar la prueba de promedios de Tukey, se muestra que entre el culmo verde y maduro existe una alta diferencia significativa ($p \leq 0.05$), con mayor valor (52.67 kg/cm²) para culmo maduro y 15.13 kg/cm² para el culmo verde.

En la prueba de Tukey para los estados de madurez, se observa que el mayor valor se registró en el culmo maduro, lo que se asemeja a lo que aseveran Ordoñez (1999) y Vélez (2008) que concluyen que el culmo maduro presenta mayor rigidez, ya que contiene mayor grado de lignificación, lo cual difiere con el culmo verde, que presenta los entrenudos limpios e inicialmente blandos por carecer de lignificación completa.

En relación a los niveles de altura se observa no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$), pero numéricamente la base alcanzo el mayor valor (42.4 kg/cm²) y el medio con menor valor (23.3 kg/cm²).

Esto relaciona lo que menciona Liese (1985) y Londoño *et al* (2002), que en el sentido vertical del culmo la cantidad de fibra incrementa de la base hacia la punta, mientras que la cantidad de tejido de parénquima decrece. Deduciendo que en la base hay mayor porcentaje de parénquima lo cual brinda mayor resistencia y en el nivel ápice presenta mayor concentración de fibras, atribuyendo mejor resistencia. Del mismo modo el nivel medio y ápice no presentan diferencia ya que el en la parte media disminuye

ligeramente el porcentaje de parénquima pero aumenta la presencia de fibras, lo cual se asemeja a la resistencia del nivel ápice.

Para las interacciones entre el estado de madurez y el nivel de altura, se muestra que no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre las interacciones.

En los resultados de la resistencia a la compresión perpendicular de *Bambusa vulgaris* var. vittata se obtuvieron valores bajos entre 15.13 kg/cm² a 52.67 kg/cm², lo mismo indica Martínez (1992) y Takeuchi (2003), donde determinaron que la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras (aplastamiento) es muy baja, ya que encontró valores de esfuerzos en *Guadua macana* de 23 kg/cm². Lo cual califica como baja, debido a que se aplica una carga a un cilindro hueco, el mismo que se deformaría, siendo *Bambusa vulgaris* var. vittata la que presenta mayor resistencia, ya que tiene mayor espesor de 0.88 a 2.44 cm y 8 a 11 cm de diámetro.

Sin embargo según Sánchez y Prieto (2002) el comportamiento mejora si se le da un confinamiento al culmo de bambú. Este confinamiento restringe en alguna medida la deformación lateral. Utilizaron dispositivos de carga y apoyo circulares para los ensayos de compresión perpendicular, donde encontraron que la carga última promedio aumentó con respecto a la utilización de dispositivos de carga y apoyo plano. En el trabajo de investigación en *Bambusa vulgaris* var. vittata se utilizaron dispositivos para adaptarlos en los ensayos, obteniéndose resultados ligeramente altos en el nivel base con 42.4 kg/cm², ápice 36 kg/cm² y medio 23.3 kg/cm². Ya que los dispositivos ayudan a que abarque la superficie de circunferencia del bambú y se expanda mejor al momento de que reciba la carga.

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados de la compresión perpendicular observados en las diferentes matas evaluadas.

Cuadro 10. Prueba de promedios de Tukey para la compresión perpendicular - CPe en (kg/cm²) de las matas evaluadas.

Matas	CPe (kg/cm ²)
Mata 01	32.83 a
Mata 02	52.0 a
Mata 03	19.83 a
Mata 04	54.67 a
Mata 05	10.17 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

En compresión perpendicular, se observa que entre matas, no existe una diferencia significativa ($p \geq 0.05$), pero numéricamente la mata 4 alcanzo el mayor valor (54.67 kg/cm²) y la mata 5 el menor valor (10.17 kg/cm²). Las diferencias de los promedios de las matas, posiblemente varían según su ubicación, ya que cada mata 4 se ubicaba en la riberla de la laguna Yarinacocha, lo cual se podría decir que la zona presento mejores condiciones suelo, clima y suministro de agua para un óptimo desarrollo.

4.4. Análisis de varianza de cizallamiento del estado de madurez (verde y maduro) y niveles (base, medio y ápice).

A. Resistencia máxima en (Kg/cm²)

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para la resistencia máxima de cizallamiento (kg/cm²).

Cuadro 11. Prueba de promedios de Tukey para el estado de madurez, nivel de altura y la interacción entre ellos, para la resistencia máxima de cizallamiento en (kg/cm²).

Estado de madurez (A)	Niveles (B)			
	Base	Medio	Ápice	Promedio
	(B ₁)	(B ₂)	(B ₃)	
Maduro (A ₁)	41.4 b	60.2 ab	76.2 a	59.27 a
Verde (A ₂)	53.2 ab	53.4 ab	39.8 b	48.8 a
Promedio	47.3 a	56.8 a	58.0 a	

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el estado de madurez (verde y maduro) no se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$), sin embargo numéricamente el culmo maduro presentó el mayor valor (59.27 kg/cm²) y el culmo verde el menor valor (48.80 kg/cm²).

En relación con los niveles de altura se observa que no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$), pero numéricamente el ápice alcanzó el mayor valor (58 kg/cm²) y la base presentó el menor valor (47.3 kg/cm²).

Para las interacciones entre el estado de madurez y el nivel de altura, se muestra que existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las interacciones, al realizar la prueba de promedios de Tukey, se observa que el ápice maduro, mostró el mejor promedio el cual no mostró diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto al medio maduro, medio verde y base verde, los mismos que tampoco presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto a la base madura y el ápice verde, los mismos que si presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto al ápice maduro.

Se observó que la interacción del culmo maduro y el ápice, presentó mayor valor, lo cual se atribuye a lo que menciona Ordoñez (1999), Liese (1985) y Londoño *et al.* (2002) quienes dicen que en el culmo maduro contiene mayor grado de lignina y que la parte apical presenta mayor porcentaje de fibras, brindándole mejor resistencia.

En cuanto al culmo verde se observó menor resistencia, debido a lo que menciona Ordoñez (1999) y Vélez (2008) que el culmo en estado verde

son ligeramente blandos debido a que los entrenudos son limpios e inicialmente blandos por carecer de lignificación completa.

La resistencia promedio de cizallamiento para *Bambusa vulgaris* var. vittata es de 48.80 kg/cm² a 59.27 kg/cm² para estado de madurez y en niveles promedios de 47.3 kg/cm² a 58.0 kg/cm², estos promedios se presentaron en anteriores trabajos de investigación para *Guadua angustifolia* donde Velázquez *et al.* (2005) encontraron valores de 35.68 kg/cm² a 59.93 kg/cm², lo cual indicaron que el bambú utilizado como material para ingeniería presenta una alta resistencia en dirección paralela a la orientación de las fibras. Si se relaciona estos valores, se puede afirmar que ambas especies presentan comportamiento al cizallamiento similar. Así mismo Castrillón y Malaver (2004) encontraron el valor de cizallamiento más alto para *Guadua angustifolia* K. de 79,9 kg/cm² ligeramente superior al de *Bambusa vulgaris* var. vittata, ya que *Guadua angustifolia* presenta diámetros mayores entre 10 y 25 cm y espesor hasta 2 cm.

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados de la resistencia máxima de cizallamiento observados en las diferentes matas evaluadas.

Cuadro 12. Prueba de promedios de Tukey para la resistencia máxima de cizallamiento (kg/cm²) de las matas evaluadas.

Matas	CPe (kg/cm ²)
Mata 01	56.67 a
Mata 02	65.83 a
Mata 03	44.33 a
Mata 04	49.83 a
Mata 05	53.5 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para la resistencia máxima para cizallamiento, se observa que entre matas, no existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$), pero numéricamente la mata 2 alcanzó el mayor valor (65.83 kg/cm²) y la mata

3 obtuvo el menor valor (44.33 kg/cm²). Posiblemente la ubicación de cada mata influyo en los promedios, siendo la mata 2 la de mayor valor cuya ubicación era en la zona alta y seca de la UNIA, lo cual posiblemente presento mejores condiciones edafoclimáticas.

CONCLUSIONES

1. En compresión paralela, el esfuerzo al límite proporcional (ELP), en estado verde fue 111.93 kg/cm², en estado maduro 250.13 kg/cm² y en los niveles de altura se obtuvo para base 176.4 kg/cm², medio 111.9 kg/cm² y ápice 254.8 kg/cm².
2. La resistencia máxima el culmo maduro presento 377.33 kg/cm² y el culmo verde 303.47 kg/cm² y en los niveles de altura, la base fue de 409.6 kg/cm², el medio 262.3 kg/cm² y el ápice 349.3 kg/cm².
3. El módulo de elasticidad (MOE) para el culmo verde se obtuvo 34880.5 kg/cm² y el culmo maduro 29478.3 kg/cm², y en los niveles de altura la base fue 21900.8 kg/cm², el medio 29997.8 kg/cm² y ápice 44639.6 kg/cm².
4. En compresión perpendicular, en el culmo maduro 52.67 kg/cm², en estado verde 15.13 kg/cm² y en los niveles de altura, para la base 42.4 kg/cm², medio 23.3 kg/cm² y ápice 36.0 kg/cm².
5. En cizallamiento, del culmo verde con 48.8 kg/cm² y maduro con 59.27 kg/cm² y en los niveles de altura para base 47.3 kg/cm², medio 56.8 kg/cm² y ápice 58 kg/cm².
6. Se concluye que *Bambusa vulgaris* var. vittata es apta para la construcción, siendo el culmo maduro el de mejor resistencia al rompimiento. Los mejores resultados se registraron en el nivel base, debido al mayor porcentaje de parénquima quien le brinda mejor resistencia y a la vez el nivel ápice gracias al mayor grado de concentración de fibras.
7. El nivel base en la construcción, se puede utilizar para postes, muros/ columnas para viviendas, vigas principales para cubierta de techo.
8. El nivel medio se puede utilizar para cercos, esterillas para recubrimiento de las paredes y también en tejas de bambú divididas por la mitad , con la

parte interior hacia arriba, la segunda capa se coloca al contrario, con el hueco hacia abajo.

9. El nivel ápice se puede emplear para vigas secundarias, para cubierta y armadura para techos.
10. También se puede dar uso en la artesanía y fabricación de muebles y utensilios del hogar.

RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas sobre flexión estática en *Bambusa vulgaris* variedad vittata.
2. Determinar el tamaño de las probetas para la prueba de flexión estática.
3. Probar con listones del culmo en dimensiones de 2.5 cm de ancho x 40 cm de largo y someterlas a la prueba de flexión, para reducir el índice de error.
4. Se recomienda realizar un estudio de suelo en cada ubicación de las matas, para determinar si la ubicación influye en los resultados.

BIBLIOGRAFIA

1. AHMAD, M. 2000. Analysis of Calcutta Bamboo for Structural Composite Materials. Ph.D. Thesis. USA. Virginia Polytechnic Institute and State University Virginia. 210 p.
2. ADAMS, C. 2006. Bamboo Architecture and Construction. (en línea), EU. Consultado 20 de feb. 2014. Disponible en www.greenbuilder.com/networks/naturalbuilding/bamboo.html
3. CASTAÑO, N. 2001. Industrialización sostenible de la *guadua*: Proyecto CAD USAID - Fundación Chemonics – Tecniforest Guadalajara de Buga – valle del Cauca, Bogotá, CO. 83 p.
4. CASTRILLON, M.; MALAVES, F. 2004. Determinación de las propiedades físico-mecánicas de la *Guadua*. En: Simposio Internacional de la *guadua*. Pereira: El Simposio, 2004. p. 1-3
5. CHEATLE, D.; LÓPEZ, L. 2002. Diseño de uniones y elementos en estructuras de *guadua*. En: Seminario - Taller Avances en la investigación sobre *Guadua*. Pereira: El Seminario, 2002.
6. CLASEN, I. 2005. El bambú Un producto natural de alta tecnología. Medellín, CO. 43 p.
7. CÓRDOVA, P. 2014. Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña de *Guadua Angustifolia* Kunth del Ecuador. Guayaquil, EC. 201 p.
8. DÍAZ, J.; GONZÁLEZ, C. 1992. Propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth. Trabajo de grado Ingenieros Agrícolas Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín, CO. 103 p.

9. ESPUNA, J y SÁNCHEZ, M. 2008. Propuesta experimental de losas y cubiertas de bambú concreto para viviendas de interés social en el sur de Tamaulipas: primera etapa, determinación de las propiedades físico mecánicas de la *Guadua amplexifolia* (en línea). Consultado 05 jul. 2015. Disponible en:<http://www.turevista.uat.edu.mx/Volumen%203%20numero%202/PRIMER%20FORO%20UNIVERSITARIO/ARQ-03.swf> México
10. GHAVAMI, K. 2004. El bambú como material estructural análisis de un caso práctico. Rio de Janeiro, BR. 13 p.
11. GONZALEZ, J. 2000. Resistencia a la flexión de la *Guadua angustifolia* Kunth a escala natural en la Universidad Nacional de Medellín. Medellín, CO. 20 p.
12. GONZALEZ, S.; EUGENIA, K.; DÍAZ, J. 1992. Propiedades físicas y mecánicas de la guadua. Medellín, CO. 52 p.
13. GONZALEZ, H.; MONTOYA, J.; BEDOYA, J. 2007. resultados del ensayo a flexión en muestras de bambú de la especie *Guadua angustifolia* Kunth (en línea), Pereira, CO. Consultado 06 nov. 2015. Disponible en: https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBoQFjAAahUKEwinplyblfrIAhVI5yYKHQWNDqc&url=http%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4805257.pdf&usg=AFQjCNG_UsxCAWyOITUY2KeyuHWmXZL2pw&sig2=WDmXxlviBO4t0DuxoYoAQ&bvm=bv.106923889,d.eWE
14. GONZÁLEZ, Y; MORA, N.; MOLINA, Y. 2009. Preservación de *Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendl mediante métodos sin presión. Revista Forestal Venezolana, Año XLIII 53(1): 43-50 p.
15. GROSSER, D.; LIESE, W. 1971. On the anatomy of Asian bamboo with especial reference to their vascular bundles. Wood Science and Technology 5: 290-312 p.

16. GTZ. 2004. Inventario del Bambú (en línea). Lima, PE. Consultado 20 feb. 2014. Disponible en: <http://perubambu.org.pe/pdf/Inventario-Bambu-Peru/Bambu-1.pdf>
17. INRENA 1996. Guía Explicativa del Mapa Forestal del Perú 1995 (en línea). Pucallpa, PE. Consultado el 28 de set. 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/ad396s/AD396s10.htm>
18. JANSSEN, J. 2002. Mecánicas properties of bamboo (en línea). Bogotá, CO. Consultado 12 ene. 2014. Disponible en: www.bambus\new\eng\reports\mechanical_properties\referat2.html.
19. KARSULOVIC, J. 1982. Propiedades mecánicas de la madera. Santiago, Chile. Editorial Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, departamento de Tecnología de la Madera. Santiago, CL. 101 p.
20. LIESE, W. 1985. The Anatomy and Properties of Bamboo. Recent Research on Bamboo. Proceedings of the International Bamboo Workshop, Hangzhou Republic of China, 196-209 p.
21. LONDOÑO, P., JANSSEN, J., GONZALEZ, J. 2002. The American Bamboos with emphasis in the Genus *Guadua*. Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas INCIVA. Cali. USA. 34 p.
22. LONDOÑO, X. 2002. Estudio anatómico de los diferentes órganos de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) con énfasis en el culmo. Bogotá, CO. Bamboo Science & Culture. 16 p.
23. LOPEZ, A. 2011. Bambú: biología, cultivo, manejo y usos en el Perú. 3ra Edición. Lima, PE. Ministerio de Agricultura – Dirección general de competitividad agraria. 64 p.

24. LÓPEZ, L. y CORREAL, J. 2009. Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural (en línea). CL. Consultado 5 jul. 2015. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718221X2009000300001&script=sci_arttext
25. MARTÍNEZ, E. 1992. Puentes en do mayor: congreso mundial de bambú/guadua. Brazil. 9 p.
26. McCLURE, F. 1966. The bamboos: a fresh perspective. Massachusett, USA, Harvard Univ. Press, 347 p.
27. MEJIA, J. 2000. Guadua en la reconstrucción: Eficiencia y costo en la construcción con *Guadua*. Armenia, CO. 52-53 p.
28. MONTIEL, M; JIMÉNEZ, V; GUEVARA, E. 2006. Ultraestructura del bambú *Guadua amplexifolia* (Poaceaea: Bambusoideae) presente en Costa Rica. Costa Rica (en línea). Consultado 7 nov. 2015. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v54s2/3375.pdf>
29. MOROMI, I. 2012. Promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras: Norma E.100: Construcción de Viviendas en Bambú. Lima, PE (en línea). Consultado 3 jul. 2015.. Disponible en: <http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2012/TOTAL/15.%20Norma%20E.100%20Bamb%C3%BA.pdf>
30. NORMA ASTM. 2002. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. ASTM internacional: ASTM D 143-94. USA. 04 (10). 21 - 31 p.
31. NORMA NTC. 2007. Norma Técnica Colombia NTC 5525. Bogotá, CO. 11 p.
32. ORDÓÑEZ, V. 1999. Perspectivas del bambú para la construcción en México: en: Madera y Bosques. Veracruz, MX. 3-12 p.

33. OSORIO, J.; CIRO, H.; VÉLEZ, J. 2005. Influencia de parámetros físicos en la resistencia de diseño a compresión de la *Guadua angustifolia* Kunth (en línea). Medellín, CO. Consultado 3 jul. 2015. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532005000400001
34. PANTOJA, T.; ACUÑA, J. 2005. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia* Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá CO. 94 p.
35. SÁNCHEZ, J y PRIETO, E. 2002. Comportamiento de la *Guadua angustifolia* sometida a flexión: Trabajo de grado - Universidad Nacional de Colombia. CO. 15 p.
36. SIERRA EXPORTADORA, PE. 2012. Sierra exportadora: promueve la siembra del bambú para la defensa ribereña y estabilización de taludes (en línea). Lima, PE. Consultado 3 jul. 2015. Disponible en: <http://www.sierraexportadora.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/BaMBU-Defensa-Riberena.pdf>
37. TAKEUCHI, C. 2003. Comportamiento estructural del a *Guadua angustifolia*. Uniones en guadua (en línea). Rio Blanco, BR. Consultado 20 jun. 2015. Disponible en: <http://www.bambubrasileiro.com/arquivos/Comportamiento%20estructural%20de%20la%20Guadua%20Angustifolia%20-%20Caori%20Takeuchi.pdf>
38. VELASQUEZ, J. 2003. Informe de parcela demostrativa conducente al repoblamiento de la guadua utilizada en la elaboración de artesanías en el eje cafetero. Bogotá, CO. 37 p.
39. VELÁSQUEZ, M Y SALVADOR, I. 2008. Evaluación y utilización de la *Guadua sarcocarpa* Londoño & Peterson en el bosque de la UNU - MACUYA. Perú. Pucallpa, PE. 77 p.

40. VELÁSQUEZ, J.; OSORIO, J. y VÉLEZ, J. 2005. Determinación de la resistencia mecánica a tensión y cizalladura de la *Guadua angustifolia* kunth. (en línea). Bogotá, CO. Consultado 3 jul. 2015. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/24363/1/21513-73501-1-PB.pdf>
41. VELEZ, S. 2008. Actualidad y futuro del bambú Universidad nacional de Colombia. Bogotá CO. 20 p.
42. VILLEGAS, M. 2005. *Guadua: Arquitectura y Diseño* (en línea). México. Consultado 7 nov. 2015. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=stkOLVrZheIC&printsec=frontcover&dq=marcelo+villegas+guadua+arquitectura+y+dise%C3%B1o+lugar&hl=es-419&sa=X&ved=0CBMQ6AEwAGoVChMI1aLSsfiCyQIVglcmCh21-wgn#v=onepage&q=marcelo%20villegas%20guadua%20arquitectura%20y%20dise%C3%B1o%20lugar&f=false>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
<p>¿Cuál será la influencia del estado de madurez y el nivel de altura del culmo de <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>Vittata</i>, respecto a sus propiedades mecánicas?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL</u></p> <p>Conocer las propiedades mecánicas del culmo verde y maduro de <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>Vittata</i>, en diferentes niveles de altura.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la variabilidad a la flexión estática, del culmo verde y maduro de <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i>, a diferentes niveles de altura. • Determinar la variabilidad a la compresión paralela y perpendicular, del culmo verde y maduro de <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i>, a diferentes niveles de altura. • Determinar la variabilidad al cizallamiento, del culmo verde y maduro de <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i>, a diferentes niveles de altura. 	<p>Ha: El estado de madurez y la altura del culmo de <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i>, tienen influencia sobre las propiedades mecánicas.</p> <p>Ho: El estado de madurez y la altura del culmo de <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i>, no tienen influencia sobre las propiedades mecánicas.</p>	<p>Independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estado de madurez (verde y maduro) ➤ Niveles de altura del culmo (base, medio y ápice) <p>Dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La flexión estática. ➤ La compresión paralela y perpendicular a las fibras. ➤ El cizallamiento.

Anexo 02: Certificado de acreditación de *Bambusa vulgaris var. vittata*.

Lima, 23 de Agosto del 2013

Señor Ing:

Robert Gilbert Pecho De la Cruz

De mi consideración

Me es grato dirigirme a usted con el propósito de certificarle que la especie colectada en el Campus Universitario de la Universidad Intercultural de la Amazonia (UNIA), del distrito de Yarinacocha, de la Provincia de Coronel Portillo de la Región Ucayali, es *Bambusa vulgaris var Vittata*, de la familia POACEAE.

Atentamente,

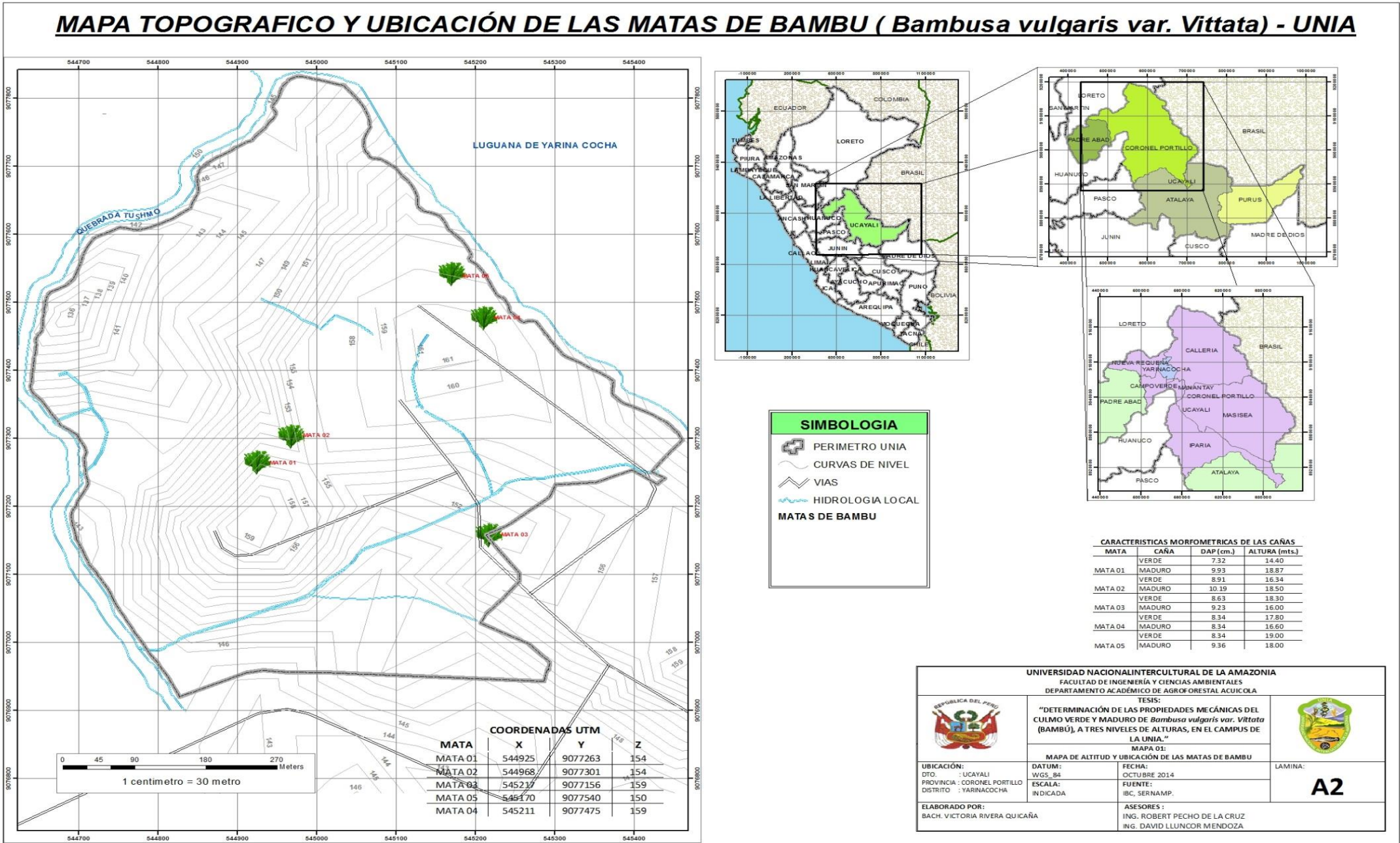


Ing. Forestal Luis Llerena Suárez
Gerente
PRESERBAMBU E.I.R.L.
(CIP 116066)

Jr. Los Alamos 225 Urb. Alto Los Ficus. Santa Anita — Lima
luislesu@hotmail.com

Anexo 03: Mapa de la ubicación de las cinco matas de bambú dentro del campus de la UNIA.

MAPA TOPOGRAFICO Y UBICACIÓN DE LAS MATAS DE BAMBU (*Bambusa vulgaris var. Vittata*) - UNIA



CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS CAÑAS

MATA	CAÑA	DAP (cm.)	ALTURA (mts.)
MATA 01	VERDE	7.32	14.40
	MADURO	9.93	18.87
MATA 02	VERDE	8.91	16.34
	MADURO	10.19	18.50
MATA 03	VERDE	8.63	18.30
	MADURO	9.23	16.00
MATA 04	VERDE	8.34	17.80
	MADURO	8.34	16.60
MATA 05	VERDE	8.34	19.00
	MADURO	9.36	18.00

Anexo 04: Datos de resistencia a la compresión paralela a las fibras de las probetas del culmo verde de *Bambusa vulgaris* var. *vittata*

Código	DE λ	DI λ	RE	RI	Área	QLP	Carga max.	Deflexión	ELP	FC//	MOE
	Mm	mm	cm	cm	cm ²	Kg-f	Kg	cm	kg/cm ²	Kg/cm ²	kg/cm ²
1BVCZ1	67.65	44.81	3.38	2.24	20.17	3990.00	4050.00	0.20	197.83	200.81	1010.39
1BVCZ2	62.07	40.99	3.10	2.05	17.07	5220.00	5630.00	0.38	305.87	329.89	809.18
2BVCZ1	84.07	69.82	4.20	3.49	17.22	1057.00	8970.00	0.13	61.37	520.84	467.44
2BVCZ2	84.58	70.11	4.23	3.51	17.59	899.00	8720.00	0.04	51.12	495.86	1164.49
3BVCZ1	77.79	65.01	3.89	3.25	14.33	678.00	4750.00	0.02	47.31	331.42	2231.38
3BVCZ2	78.10	64.83	3.90	3.24	14.90	320.00	3600.00	0.01	21.48	241.68	1965.51
4BVCZ1	77.72	67.73	3.89	3.39	11.41	635.00	4790.00	0.03	55.67	419.95	2009.82
4BVCZ2	78.44	68.17	3.92	3.41	11.83	833.00	4940.00	0.06	70.41	417.55	1270.91
5BVCZ1	82.45	69.38	4.12	3.47	15.59	426.00	6680.00	0.02	27.33	428.60	1454.65
5BVCZ2	84.66	71.75	4.23	3.59	15.86	447.00	2910.00	0.02	28.18	183.42	1178.89
1MVCZ1	64.99	54.80	3.25	2.74	9.59	379.00	1952.00	0.02	39.51	203.52	1674.35
1MVCZ2	65.92	56.41	3.30	2.82	9.13	433.00	1571.00	0.02	47.42	172.04	2494.29
2MVCZ1	72.00	64.70	3.60	3.24	7.83	542.00	1765.00	0.02	69.20	225.36	3798.24
2MVCZ2	72.06	63.84	3.60	3.19	8.77	3780.00	4360.00	0.19	430.83	496.94	2296.55
3MVCZ1	73.78	66.39	3.69	3.32	8.14	392.00	2240.00	0.02	48.19	275.35	2200.30
3MVCZ2	76.28	66.16	3.81	3.31	11.32	462.00	2260.00	0.02	40.81	199.62	2080.95
4MVCZ1	66.23	58.24	3.31	2.91	7.81	291.00	2300.00	0.02	37.28	294.66	2209.86
4MVCZ2	59.40	51.15	2.97	2.56	7.16	501.00	1144.00	0.06	69.99	159.81	1085.07
5MVCZ1	81.32	69.28	4.07	3.46	14.25	4110.00	4140.00	0.31	288.49	290.60	921.70
5MVCZ2	82.42	73.21	4.12	3.66	11.25	630.00	2830.00	0.02	55.99	251.53	3183.32

1AVCZ1	47.89	39.31	2.39	1.97	5.88	776.00	1117.00	0.04	132.06	190.09	3439.03
1AVCZ2	65.28	56.82	3.26	2.84	8.11	1535.00	1967.00	0.27	189.20	242.45	698.17
2AVCZ1	61.61	51.82	3.08	2.59	8.72	2930.00	2940.00	0.11	336.13	337.28	3055.73
2AVCZ2	64.00	55.64	3.20	2.78	7.86	484.00	3230.00	0.02	61.58	410.95	2850.86
3AVCZ1	66.10	56.93	3.31	2.85	8.86	385.00	1850.00	0.02	43.45	208.79	2511.56
3AVCZ2	67.10	57.41	3.36	2.87	9.48	472.00	1795.00	0.02	49.79	189.34	2476.97
4AVCZ1	51.70	45.60	2.59	2.28	4.66	385.00	1850.00	0.02	82.59	396.86	4773.99
4AVCZ2	52.39	45.24	2.62	2.26	5.48	472.00	1795.00	0.02	86.16	327.65	4286.39
5AVCZ1	65.75	57.88	3.29	2.89	7.64	542.00	2650.00	0.02	70.97	347.02	3649.08
5AVCZ2	63.99	55.93	3.20	2.80	7.59	2380.00	2410.00	0.15	313.54	317.49	2151.97

Anexo 05: Datos de resistencia a la compresión paralela a las fibras de las probetas del culmo maduro de *Bambusa vulgaris* var. vittata

Código	DE \bar{x}	DI \bar{x}	RE	RI	Área	QLP	Carga max.	Deflexión	ELP	FC//	MOE
	Mm	mm	cm	cm	cm ²	Kg-f	Kg	cm	kg/cm ²	Kg/cm ²	kg/cm ²
1BMCZ1	105.37	87.99	5.27	4.40	26.39	939.00	3000.00	0.04	35.58	113.67	817.884
1BMCZ2	108.29	91.15	5.41	4.56	26.85	2140.00	7520.00	0.08	79.71	280.09	1032.482
2BMCZ1	97.30	81.32	4.87	4.07	22.42	12110.00	12500.00	0.27	540.19	557.59	1985.992
2BMCZ2	98.14	80.81	4.91	4.04	24.36	632.00	6700.00	0.03	25.95	275.08	788.679
3BMCZ1	91.75	73.39	4.59	3.67	23.81	350.00	14150.00	0.01	14.70	594.39	1022.409
3BMCZ2	90.57	72.83	4.53	3.64	22.77	9870.00	13790.00	0.28	433.42	605.56	1553.486
4BMCZ1	93.17	77.90	4.66	3.90	20.52	865.00	12210.00	0.03	42.16	595.13	1364.438
4BMCZ2	93.73	76.81	4.69	3.84	22.66	13310.00	14750.00	0.28	587.34	650.88	2120.344
5BMCZ1	86.95	69.62	4.35	3.48	21.31	8710.00	9140.00	0.28	408.71	428.89	1444.221

5BMCZ2	86.12	70.77	4.31	3.54	18.91	9330.00	9850.00	0.29	493.27	520.76	1683.525
1MMCZ1	97.28	83.20	4.86	4.16	19.95	497.00	4250.00	0.03	24.91	213.03	919.244
1MMCZ2	94.15	80.77	4.71	4.04	18.38	233.00	1268.00	0.02	12.68	68.99	553.552
2MMCZ1	83.71	70.88	4.19	3.54	15.57	573.00	5270.00	0.02	36.80	338.45	1777.742
2MMCZ2	83.32	72.36	4.17	3.62	13.41	350.00	1330.00	0.02	26.11	99.20	1203.067
3MMCZ1	87.42	74.10	4.37	3.71	16.90	3470.00	9240.00	0.15	205.36	546.83	1399.838
3MMCZ2	85.66	72.66	4.28	3.63	16.17	0.00	6340.00	0.00	0.00	392.07	0.000
4MMCZ1	80.86	69.71	4.04	3.49	13.19	2470.00	2980.00	0.10	187.25	225.91	1874.334
4MMCZ2	82.69	70.01	4.13	3.50	15.21	0.00	2410.00	0.00	0.00	158.42	0.000
5MMCZ1	74.53	64.53	3.73	3.23	10.93	1618.00	2860.00	0.10	148.08	261.74	1473.390
5MMCZ2	74.86	64.92	3.74	3.25	10.91	866.00	4090.00	0.03	79.40	375.00	3077.584
1AMCZ1	81.26	68.50	4.06	3.43	15.00	0.00	6640.00	0.00	0.00	442.60	0.000
1AMCZ2	81.50	68.59	4.07	3.43	15.22	400.00	1085.00	0.02	26.29	71.30	1402.654
2AMCZ1	72.58	60.64	3.63	3.03	12.49	4640.00	5190.00	0.16	371.41	415.43	2367.175
2AMCZ2	72.91	61.53	3.65	3.08	12.01	660.00	1243.00	0.07	54.95	103.49	788.418
3AMCZ1	74.73	61.69	3.74	3.08	13.97	10280.00	10330.00	0.29	735.83	739.41	2519.971
3AMCZ2	74.87	61.54	3.74	3.08	14.28	0.00	4650.00	0.00	0.00	325.60	0.000
4AMCZ1	69.78	59.04	3.49	2.95	10.86	7380.00	7500.00	0.22	679.51	690.56	3160.520
4AMCZ2	67.59	56.18	3.38	2.81	11.09	0.00	6830.00	0.00	0.00	615.78	0.000
5AMCZ1	70.83	63.12	3.54	3.16	8.11	175.70	1451.00	0.01	21.68	179.01	1673.832
5AMCZ2	71.76	62.89	3.59	3.14	9.38	3730.00	4100.00	0.11	397.67	437.11	3560.140

Anexo 06: Datos de resistencia a la compresión perpendicular a las fibras de las probetas del culmo verde de *Bambusa vulgaris* var. vittata

Código	CLP Kg	Ancho cm	Espesor cm	Área cm²	C_{Pe} Kg/cm²
1BVC1	20.2	0.85	1.28	1.088	18.57
2BVC2	12.94	0.9	1.28	1.152	11.23
3BVC1	17.3	1.8	1.28	2.304	7.51
3BVC2	17.49	0.8	1.28	1.024	17.08
4BVC1	15.36	1.3	1.28	1.664	9.23
5BVC1	62.2	1.3	1.28	1.664	37.38
5BVC2	14.34	1.3	1.28	1.664	8.62
1MVC1	35.4	0.95	1.28	1.216	29.11
1MVC2	9.35	8.5	1.28	10.88	0.86
2MVC1	81.3	1.15	1.28	1.472	55.23
2MVC2	12.14	1.3	1.28	1.664	7.30
3MVC1	22.6	1.2	1.28	1.536	14.71
3MVC2	30.2	1.5	1.28	1.92	15.73
4MVC1	16.49	1.2	1.28	1.536	10.74
5MVC1	9.77	1.7	1.28	2.176	4.49
5MVC2	10.51	0.8	1.28	1.024	10.26
1AVC1	13.52	0.8	1.28	1.024	13.20
1AVC2	20.9	0.5	1.28	0.64	32.66
2AVC1	39.5	0.9	1.28	1.152	34.29
2AVC2	11.52	0.8	1.28	1.024	11.25
3AVC1	18.36	1.3	1.28	1.664	11.03
3AVC2	61.6	3.8	1.28	4.864	12.66
4AVC1	6.61	0.9	1.28	1.152	5.74
4AVC2	3.95	1.5	1.28	1.92	2.06
5AVC1	54	3.5	1.28	4.48	12.05
5AVC2	8.48	0.9	1.28	1.152	7.36

Anexo 07: Datos de resistencia a la compresión perpendicular a las fibras de las probetas del culmo maduro de *Bambusa vulgaris* var. vittata

Código	CLP Kg	Ancho cm	Espesor cm	Área cm²	CPe Kg/cm²
1BMC1	64.9	1.7	1.28	2.176	29.83
2BMC1	248	0.8	1.28	1.024	242.19
2BMC2	89.7	3.1	1.28	3.968	22.61
3BMC1	28.7	1.65	1.28	2.112	13.59
3BMC2	61.2	3.05	1.28	3.904	15.68
4BMC1	422	2.3	1.28	2.944	143.34
4BMC2	333	1.4	1.28	1.792	185.83
5BMC1	11.14	1.15	1.28	1.472	7.57
5BMC2	17	3.8	1.28	4.864	3.50
1MMC1	292	2.65	1.28	3.392	86.08
1MMC2	74	2	1.28	2.56	28.91
2MMC1	15.16	1.3	1.28	1.664	9.11
2MMC2	16.47	1.6	1.28	2.048	8.04
3MMC1	79.4	2.2	1.28	2.816	28.20
3MMC2	146.8	1.8	1.28	2.304	63.72
4MMC1	51.2	1.4	1.28	1.792	28.57
4MMC2	69.1	1.3	1.28	1.664	41.53
5MMC1	10.46	1.1	1.28	1.408	7.43
1AMC1	95	0.9	1.28	1.152	82.47
1AMC2	52.4	1.8	1.28	2.304	22.74
2AMC1	138.8	0.55	1.28	0.704	197.16
2AMC2	19.87	1.55	1.28	1.984	10.02
3AMC1	95.2	2.9	1.28	3.712	25.65
3AMC2	113.6	7.1	1.28	9.088	12.50
4AMC1	17.63	4.6	1.28	5.888	2.99
4AMC2	262	1	1.28	1.28	204.69
5AMC1	11.63	0.8	1.28	1.024	11.36
5AMC2	30.7	5.5	1.28	7.04	4.36

Anexo 08: Datos de resistencia al cizallamiento de las probetas del culmo verde de
Bambusa vulgaris var. vittata

Código	Largo 1	Largo 2	Espesor 1	Espesor 2	Área	Carga	Rest. Max.
	cm	cm	cm	Cm	cm ²	kg-f	Kg/cm ²
1BVCZ1	4.403	4.601	0.644	0.594	5.57	415	74.53
1BVCZ2	4.693	4.431	0.626	0.601	5.60	342	61.06
2BVCZ1	5.297	5.28	0.704	0.738	7.63	398	52.19
2BVCZ2	5.102	5.054	0.715	0.732	7.35	547	74.45
3BVCZ1	5.103	5.323	0.737	0.635	7.14	311	43.55
3BVCZ2	5.297	5.134	0.567	0.607	6.12	221	36.11
4BVCZ1	5.121	5.272	0.646	0.635	6.66	358	53.79
4BVCZ2	5.144	5.251	0.594	0.542	5.90	221	37.45
5BVCZ1	5.084	5.136	0.729	0.682	7.21	385	53.41
5BVCZ2	5.385	5.382	0.647	0.707	7.29	318	43.63
1MVCZ1	4.96	5.181	0.491	0.452	4.78	156.6	32.78
1MVCZ2	5.314	5.13	0.47	0.452	4.82	357	74.12
2MVCZ1	4.97	4.991	0.567	0.472	5.17	391	75.57
2MVCZ2	5.075	4.962	0.532	0.497	5.17	347	67.17
3MVCZ1	5.089	5.029	0.47	0.433	4.57	217	47.49
3MVCZ2	5.13	5.05	0.431	0.471	4.59	86.5	18.85
4MVCZ1	5.273	5.131	0.449	0.417	4.51	329	72.99
4MVCZ2	5.105	5.003	0.433	0.433	4.38	234	53.46
5MVCZ1	5.325	5.16	0.565	0.516	5.67	199.1	35.11
5MVCZ2	5.106	5.086	0.518	0.452	4.94	294	59.47
1AVCZ1	5.103	4.949	0.543	0.545	5.47	157	28.71
1AVCZ2	5.044	4.821	0.378	0.372	3.70	236	63.78
2AVCZ1	5.24	5.169	0.412	0.414	4.30	297	69.09
2AVCZ2	4.943	5.016	0.396	0.397	3.95	83.3	21.10
3AVCZ1	5.516	5.34	0.473	0.518	5.38	61.9	11.52
3AVCZ2	5.026	5.032	0.503	0.507	5.08	62.5	12.30
4AVCZ1	5.092	5.065	0.395	0.389	3.98	249	62.54
4AVCZ2	5.241	5.236	0.361	0.36	3.78	131.5	34.82
5AVCZ1	5.064	5.115	0.389	0.434	4.19	285	68.02
5AVCZ2	5.264	5.141	0.429	0.426	4.45	118.2	26.57

Anexo 09: Datos de resistencia al cizallamiento de las probetas del culmo maduro de
Bambusa vulgaris var. vittata

Código	Largo 1	Largo 2	Espesor 1	Espesor 2	Área	Carga	Rest. Max.
	cm	cm	cm	Cm	cm ²	kg-f	Kg/cm ²
1BMCZ1	5.156	4.948	0.903	0.949	9.35	316	33.79
1BMCZ2	4.87	5.129	1.01	1.052	10.31	264	25.60
2BMCZ1	5.656	5.762	0.819	0.851	9.54	359	37.65
2BMCZ2	5.019	5.077	0.788	0.788	7.96	357	44.87
3BMCZ1	5.386	5.235	0.944	0.972	10.17	397	39.03
3BMCZ2	5.184	5.012	0.813	0.863	8.54	562	65.81
4BMCZ1	4.925	4.185	1.025	0.982	9.16	549	59.95
4BMCZ2	5.177	5.082	0.763	0.758	7.80	79.3	10.16
5BMCZ1	5.155	5.101	0.767	0.836	8.22	545	66.32
5BMCZ2	5.175	5.124	0.722	0.734	7.50	234	31.21
1MMCZ1	5.153	4.91	0.796	0.804	8.05	296	36.77
1MMCZ2	5.135	5.013	0.766	0.726	7.57	218	28.79
2MMCZ1	5.232	5.086	0.67	0.608	6.60	725	109.89
2MMCZ2	5.358	5.341	0.588	0.608	6.40	402	62.83
3MMCZ1	5.001	5.117	0.682	0.647	6.72	707	105.19
3MMCZ2	4.841	4.941	0.675	0.659	6.52	184.8	28.33
4MMCZ1	5.022	4.928	0.599	0.603	5.98	266	44.48
5MMCZ1	5.073	5.064	0.566	0.529	5.55	473	85.22
5MMCZ2	5.13	5.084	0.511	0.508	5.20	293	56.30
1AMCZ1	5.171	5.456	0.609	0.628	6.58	562	85.47
1AMCZ2	5.04	5.055	0.712	0.631	6.78	907	133.81
2AMCZ1	5.134	5.163	0.57	0.538	5.70	675	118.34
2AMCZ2	5.277	5.411	0.532	0.536	5.71	344	60.27
3AMCZ1	5.233	4.997	0.717	0.656	7.03	432	61.45
3AMCZ2	5.12	4.947	0.635	0.677	6.60	416	63.03
4AMCZ1	5.077	5.111	0.536	0.54	5.48	449	81.92
4AMCZ2	5.043	4.925	0.54	0.562	5.49	233	42.43
5AMCZ1	5.084	5.046	0.52	0.53	5.32	427	80.29
5AMCZ2	4.975	5.032	0.569	0.564	5.67	205	36.16

Anexo 10: Datos de resistencia a la flexión estática de las probetas del culmo verde de *Bambusa vulgaris* var. *vittata*

Código	Diam. ext. cm	Espesor (cm)	Diam. int cm	Circunferencia (cm)			Largo cm	QLP Kg-f	Carga max. Kg-f	Deflexión cm	ELP kg/cm ²	MOE kg/cm ²	MOR kg/cm ²
				1	2	又							
				1BVF1	6.58	1.95	4.63	20.677	14.542	17.609	36	523	575
1BVF2	6.66	1.73	4.93	20.924	15.501	18.212	36	572	737	1.105	569	64448	733
2BVF1	8.18	1.76	6.42	25.692	20.163	22.927	36	427	522	0.753	325	52916	397
2BVF2	8.24	1.70	6.55	25.899	20.566	23.232	36	0	411	0	0	0	332
3BVF1	7.67	1.39	6.27	24.087	19.712	21.900	36	272	298	1.062	346	50493	379
3BVF2	7.78	1.63	6.15	24.456	19.332	21.894	36	172.9	180.7	0.747	160	28421	168
4BVF1	7.90	1.42	6.48	24.805	20.358	22.581	36	280	423	1.09	334	46785	505
4BVF2	7.91	2.11	5.79	24.835	18.193	21.514	36	108.4	131.5	0.463	61	13431	74
5BVF1	7.82	2.02	5.79	24.562	18.201	21.381	36	0	262	0	0	0	161
5BVF2	8.20	1.62	6.58	25.760	20.680	23.220	36	280	305	0.82	249	40551	271
1MVF1	6.86	1.12	5.74	21.536	18.029	19.782	36	240	243	1.688	526	60273	532
1MVF2	6.77	1.04	5.74	21.281	18.026	19.653	36	205	208	1.976	525	55333	532
2MVF1	7.74	1.10	6.64	24.308	20.856	22.582	36	0	137.1	0	0	0	271
2MVF2	7.71	1.17	6.54	24.228	20.546	22.387	36	0	134.8	0	0	0	237
3MVF1	7.33	1.07	6.26	23.042	19.676	21.359	36	64.3	75.6	1.321	142	21607	166
3MVF2	7.16	0.74	6.43	22.501	20.191	21.346	36	111.5	115.7	1.407	522	108945	541
4MVF1	6.90	0.81	6.09	21.671	19.129	20.400	36	71.1	92.5	1.307	288	58744	374
4MVF2	6.82	0.88	5.94	21.416	18.650	20.033	36	101.2	123.7	1.41	352	61270	430
5MVF1	8.51	1.02	7.49	26.726	23.531	25.128	36	0	96.8	0	0	0	201
5MVF2	8.50	1.03	7.47	26.703	23.462	25.083	36	0	57.2	0	0	0	116
1AVF1	6.53	0.93	5.60	20.521	17.605	19.063	36	112.9	116.1	1.361	371	63460	382
1AVF2	6.28	0.88	5.40	19.727	16.974	18.350	36	0	92.6	0	0	0	355

2AVF1	6.72	0.99	5.73	21.107	18.003	19.555	36	109.6	127	0.92	310	73679	359
2AVF2	6.58	0.88	5.69	20.658	17.882	19.270	36	0	115.9	0	0	0	416
3AVF1	7.03	1.04	5.99	22.083	18.813	20.448	36	79.6	88.6	0.978	194	41155	216
3AVF2	7.24	1.00	6.23	22.733	19.579	21.156	36	79.3	91.8	1.329	201	32505	232
4AVF1	5.76	0.67	5.09	18.096	15.995	17.046	36	48.4	83.3	1.075	343	103126	591
4AVF2	5.61	0.65	4.96	17.630	15.578	16.604	36	78.4	100.9	1.276	598	155009	770
5AVF1	6.95	1.00	5.94	21.822	18.676	20.249	36	108.7	129.3	1.127	289	55351	344
5AVF2	6.82	0.77	6.06	21.435	19.026	20.231	36	101.9	106	0.988	463	131914	481

Anexo 11: Datos de resistencia a la flexión estática de las probetas del culmo maduro de *Bambusa vulgaris* var. vittata

Código	Diam. ext. cm	Espesor (cm)	Diam. int cm	Circunferencia (cm)			Largo	QLP	Carga max.	Deflexión	ELP	MOE	MOR
				1	2	又	cm	Kg-f	Kg-f	cm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
1BMF1	9.95	2.39	7.55	31.249	23.733	27.491	36	0	722	0	0	0	248
1BMF2	10.54	2.49	8.06	33.120	25.307	29.213	36	0	354	0	0	0	106
2BMF1	8.93	1.54	7.39	28.054	23.218	25.636	36	0	407	0	0	0	362
2BMF2	9.76	2.00	7.76	30.660	24.371	27.515	36	475	502	0.6	233	41839	246
3BMF1	9.02	2.35	6.68	28.347	20.975	24.661	36	720	818	0.572	286	46065	325
3BMF2	8.87	2.08	6.79	27.856	21.335	24.595	36	0	299	0	0	0	152
4BMF1	8.17	2.46	5.71	25.676	17.939	21.808	36	0	642	0	0	0	262
4BMF2	8.50	2.23	6.27	26.706	19.700	23.203	36	0	568	0	0	0	266
5BMF1	8.54	1.90	6.64	26.834	20.856	23.845	36	340	413	0.727	213	33196	258
5BMF2	8.50	1.59	6.91	26.699	21.701	24.200	36	303	319	0.821	267	44190	281
1MMF1	9.87	1.27	8.60	31.012	27.021	29.017	36	0	114.6	0	0	0	132
1MMF2	9.91	1.58	8.33	31.130	26.159	28.644	36	0	120.3	0	0	0	91

2MMF1	8.71	1.16	7.55	27.366	23.732	25.549	36	0	195.2	0	0	0	308
2MMF2	8.77	1.12	7.65	27.548	24.045	25.796	36				0	0	0
3MMF1	9.17	1.46	7.71	28.823	24.223	26.523	36	0	236	0	0	0	224
3MMF2	8.91	1.46	7.45	27.981	23.392	25.687	36	0	160.6	0	0	0	158
4MMF1	8.91	1.34	7.58	28.006	23.805	25.906	36	0	159.5	0	0	0	186
4MMF2	8.95	1.79	7.16	28.106	22.496	25.301	36	0	213	0	0	0	143
5MMF1	7.70	1.19	6.51	24.185	20.461	22.323	36	84	93.7	0.762	145	34593	161
5MMF2	7.58	1.05	6.53	23.814	20.506	22.160	36	172.7	175.4	1.271	380	61255	385
1AMF1	7.55	1.22	6.33	23.720	19.882	21.801	36	0	254	0	0	0	421
1AMF2	7.83	1.21	6.62	24.610	20.811	22.710	36	0	152.2	0	0	0	247
2AMF1	8.34	1.52	6.82	26.186	21.413	23.800	36	0	54	0	0	0	53
2AMF2	7.45	1.01	6.44	23.416	20.229	21.822	36	0	228	0	0	0	548
3AMF1	8.19	1.42	6.77	25.733	21.260	23.496	36	0	69.2	0	0	0	78
3AMF2	7.96	1.36	6.61	25.017	20.751	22.884	36	0	114.2	0	0	0	146
4AMF1	7.72	1.13	6.58	24.241	20.678	22.460	36	0	117.5	0	0	0	220
4AMF2	8.00	1.89	6.11	25.146	19.200	22.173	36	161.3	182.3	0.429	110	29169	124
5AMF1	6.39	1.03	5.36	20.079	16.835	18.457	36	86.3	105.7	1.127	237	43965	290
5AMF2	6.84	0.88	5.96	21.482	18.718	20.100	36	0	119.4	0	0	0	414

Anexo 12: Base de datos para el análisis estadístico de *Bambusa vulgaris* var. vittata

MATAS	CULMOS	NIVELES	Compresión paralela			compresión perpendicular	Cizallamiento	Flexión		
			ELP (kg/cm ²)	Rest. Max. (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Rest. Max. (kg/cm ²)	ELP (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)
1	1	1	58	197	14803	30	30	0	0	177
2	1	1	283	416	22197	132	41	233	41839	304
3	1	1	224	600	20607	15	52	286	46065	239
4	1	1	315	623	27878	165	35	0	0	264
5	1	1	451	475	25022	6	49	240	38693	270
1	1	2	19	141	11782	57	33	0	0	111
2	1	2	31	219	23846	9	86	0	0	154
3	1	2	205	469	22397	46	67	0	0	191
4	1	2	187	192	29989	35	44	0	0	164
5	1	2	114	318	36408	7	71	262	47924	273
1	1	3	26.290	257	49241	53	110	0	0	334
2	1	3	213	259	25245	104	89	0	0	301
3	1	3	736	533	40320	19	62	0	0	112
4	1	3	680	653	50568	104	62	110	29169	172
5	1	3	210	308	41872	8	58	237	43965	352
1	2	1	252	265	14557	19	68	495	62461	598
2	2	1	56	508	13055	13	63	325	52916	364
3	2	1	34	287	33575	12	40	253	39457	273
4	2	1	63	419	26246	9	46	198	30108	289
5	2	1	28	306	21068	23	49	249	40551	216
1	2	2	43	188	33349	15	53	525	57803	532
2	2	2	250	361	48758	31	71	0	0	254
3	2	2	44	237	34250	15	33	332	65276	354

4	2	2	54	227	26359	11	63	320	60007	402
5	2	2	172	271	32840	7	47	0	0	158
1	2	3	161	216	33098	23	46	371	31730	368
2	2	3	199	374	47253	23	45	310	73679	388
3	2	3	47	199	39908	12	12	197	36830	224
4	2	3	84	362	72483	4	49	471	129068	680
5	2	3	192	332	46408	10	47	376	93633	413

Anexo 13. ANVA, y su significancia estadística para Compresión Paralela: ELP (kg/cm²)

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
blq	4	69454.1819	17363.5455	0.66	0.6294
culmo	1	143284.3808	143284.3808	5.42	0.0306 *
nivel	2	102466.8569	51233.4285	1.94	0.1703
culmo*nivel	2	77141.8836	38570.9418	1.46	0.2564
Error	20	529163.8254	26458.1913		
Corrected Total	29	921511.1286			

R-Cuadrado	C.V (%)	Raiz MSE	celp Promedio
0.425765	69.72070	162.6597	181.0430

Anexo 14. ANVA, y su significancia estadística para Compresión Paralela: Rest. Max. (Kg/cm²)

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
blq	4	147296.2000	36824.0500	2.89	0.0489
culmo	1	40922.1333	40922.1333	3.21	0.0884
nivel	2	109674.6000	54837.3000	4.30	0.0280*
culmo*nivel	2	14820.8667	7410.4333	0.58	0.5685
Error	20	255083.4000	12754.1700		
Corrected Total	29	567797.2000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	cmax Mean
0.550749	33.17696	112.9344	340.4000

Anexo 15. ANVA y su significación estadística para Compresión Paralela: MOE (kg/cm²)

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
blq	4	537798622	134449656	1.53	0.2310
culmo	1	218872834	218872834	2.49	0.1299
nivel	2	2656655806	1328327903	15.14	0.0001**
culmo*nivel	2	144784687	72392343	0.83	0.0452*
Error	20	1754889119	87744456		
Corrected Total	29	5313001067			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	cpmoe Mean
0.669699	29.10931	9367.201	32179.40

Anexo 16. ANVA y su significación estadística para Compresión Perpendicular: Resistencia (kg/cm²)

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
blq	4	9126.86667	2281.71667	1.95	0.1421
culmo	1	10565.63333	10565.63333	9.01	0.0071**
nivel	2	1890.20000	945.10000	0.81	0.4607
culmo*nivel	2	2060.86667	1030.43333	0.88	0.4308
Error	20	23459.13333	1172.95667		
Corrected Total	29	47102.70000			

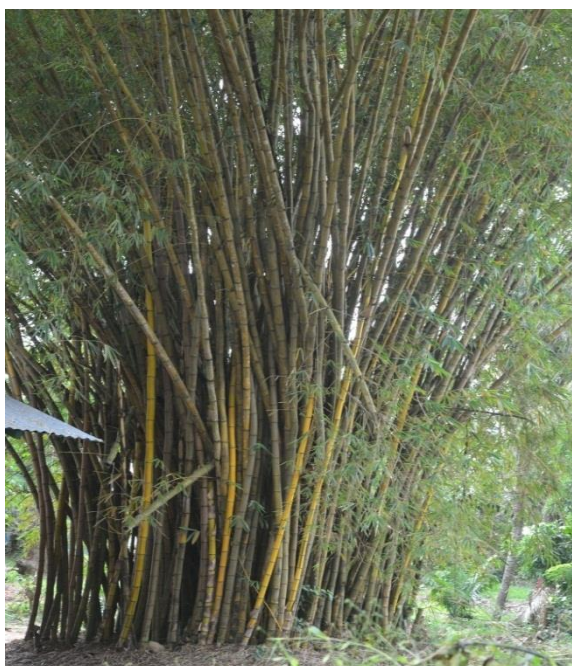
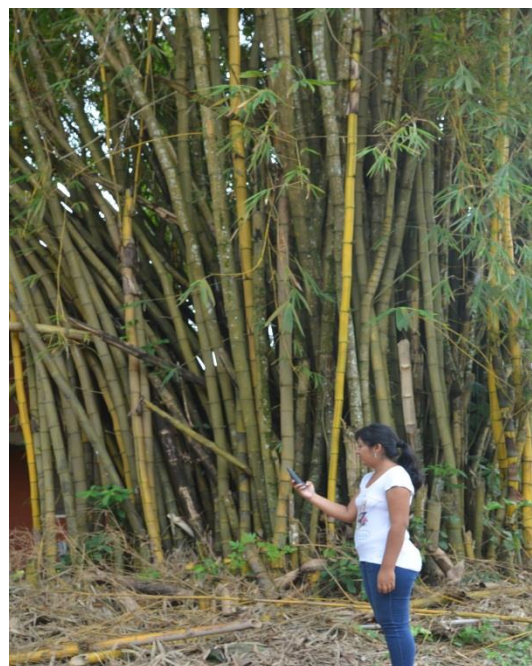
R-Square	Coeff Var	Root MSE	resi Mean
0.501958	101.0279	34.24845	33.90000

Anexo 17. ANVA y su significación estadística para Cizallamiento: Rest. Max. (Kg/cm²)

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
blq	4	1549.133333	387.283333	1.53	0.2311
culmo	1	821.633333	821.633333	3.25	0.0865
nivel	2	687.266667	343.633333	1.36	0.2796
culmo*nivel	2	2954.466667	1477.233333	5.84	0.0100*
Error	20	5056.46667	252.82333		
Corrected Total	29	11068.96667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ciz Mean
0.543185	29.42706	15.90042	54.03333

ICONOGRAFIA

Anexo 18: Ubicación de la especie**A. Mata de bambú****B. Registro de las coordenadas geográficas de la****Anexo 19: Colecta de muestra e identificación botánica****A. Colecta de las muestras****B. Roció de la solución FAA a la muestra**



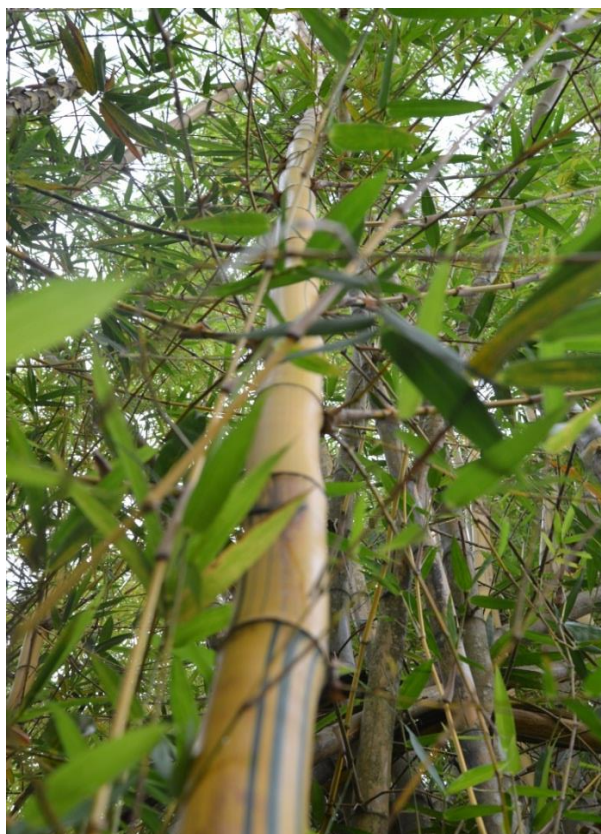
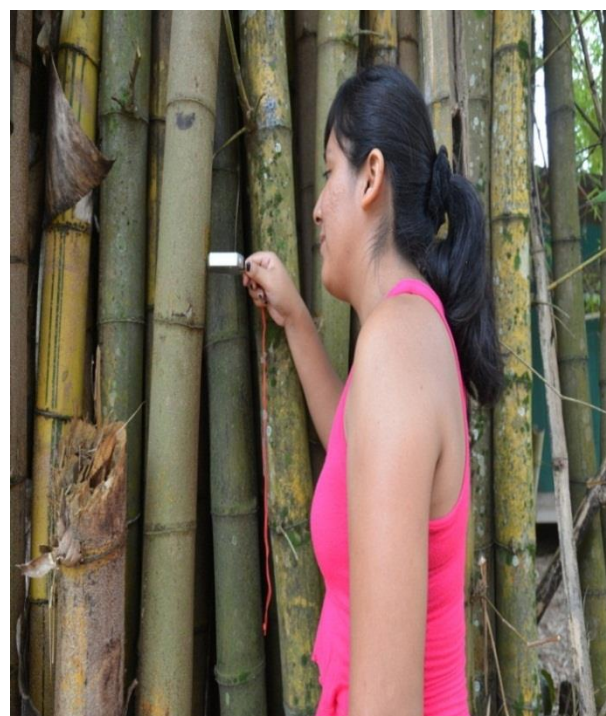
C. Prensado de la muestra con cartón y periódico



D. Secado de las muestras en la estufa a 60°C



E. Montaje de las muestras

Anexo 20: Selección y colección de los culmos verdes y maduros**Anexo 21:** Evaluación del DAP y orientación del norte magnético.**A.** Medición del DAP**B.** Orientación del norte magnético con la brújula

Anexo 22: Extracción y corte de las ramas de los culmos.**A.** Extracción de los culmos**B.** Corte de las ramas**Anexo 23:** Medición de la longitud total de los culmos, longitud y circunferencia de internudos**A.** Medición del culmo**B.** Numeración y medición de los nudos y internudos



C. Medición de la circunferencia de los internudos

Anexo 24: División de los culmos en tres partes (Base, Medio y Ápice)



Anexo 25: Preparación de las probetas (compresión, cizallamiento y flexión)



A. Corte de las probetas



B. Probetas compresión perpendicular



C. Probetas compresión paralela



D. Probetas cizallamiento



E. Probetas flexión

Anexo 26: Montaje de la prueba mecánica para flexión.



Anexo 27: Montaje de la prueba mecánica para compresión paralela



Anexo 28: Montaje de la prueba mecánica para compresión perpendicular



A. Montaje de prueba compresión perpendicular



B. Prueba mecánica

Anexo 29: Montaje de la prueba mecánica para cizallamiento



A. Prueba mecánica cizallamiento



B. Probeta y accesorio de la prensa universal