

DOI: <https://doi.org/10.56124/claustro.v5i10.0054>

## CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH EN TRES CANTONES DE LA PROVINCIA DE MANABÍ

### PHYSICAL-MECANIC CHARACTERIZATION OF THE ANGUSTIFOLIA KUNTH GUADUA IN THREE CANTONS OF MANABI PROVINCE

Páez-Cornejo Julio Darío <sup>1\*</sup>; De la Rosa-Rosales Yusnier Enrique <sup>2</sup>;  
Verduga-Solórzano Gema <sup>3</sup>; Soto-Cevallos Johan Ariel <sup>4</sup>;  
Barreto-Barre Lady Ximena <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Magister en Gerencia Educativa – Ingeniero Civil. Profesor titular de la Facultad de Ingeniería, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador. Correo: julio.paez@uleam.edu.ec.

<sup>2</sup> Máster en Diseño Mecánico – Ingeniero Mecánico. Profesor no titular de la Facultad de Ingeniería, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.  
Correo: yusnier.delarosa@uleam.edu.ec.

<sup>3</sup> Ingeniera Civil. Investigadora. Manta, Ecuador. Correo: mgema10@hotmail.com.

<sup>4</sup> Ingeniero Mecánico Naval. Investigador. Manta, Ecuador. Correo: arielsece96@gmail.com.

<sup>5</sup> Ingeniera Mecánica Naval. Técnica Docente de la Facultad de Ingeniería, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador. Correo: lady.barreto@uleam.edu.ec.

## RESUMEN

Dentro de los materiales más característicos para la construcción en Manabí se encuentra la Guadua Angustifolia Kunth (GaK), sin embargo, la cantidad de datos respecto a sus propiedades físicas y mecánicas son limitados los mismos que se evidencian en la NEC-SE-GUADUA. En la presente investigación se realizaron ensayos de caracterización de las propiedades físico- mecánica; para esto se tomaron muestras de determinados guaduales pertenecientes a los cantones: Chone, Flavio Alfaro y El Carmen de la provincia de Manabí. Dentro de los ensayos realizados a este material en el trabajo de investigación se encuentran: compresión, tensión, cortante (paralelos a la fibra), y flexión a cuatro puntos, así como de densidad, contenido de humedad y contracción, los cuales siguen los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 5525; las muestras se elaboraron basadas en la conicidad de la GaK estipuladas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron obtener parámetros efectivos que servirán como base en el diseño estructural de sistemas constructivos sostenibles y referencia a futuras investigaciones.

**Palabras clave:** Guadua Angustifolia Kunth, físico-mecánica, sostenible, ensayos.

## ABSTRACT

Among the most characteristic materials for construction in Manabí is the Guadua Angustifolia Kunth (GaK), however, the amount of data regarding its properties physical and mechanical are limited the same as evidenced in the NEC-SE-GUADUA. In this research, characterization tests of the physical-mechanical properties were carried out. For this we took samples of certain guaduales belonging to the cantons: Chone, Flavio Alfaro and The Carmen of the province of Manabí. Within the tests carried out to this material are: compression, tension, cutting (parallel to the fiber), and bending to four points, as well as density, moisture content and contraction, which follow the guidelines of the Colombian technical standard NTC 5525. The samples were prepared based on the conicity of the GaK stipulated in the Ecuadorian building standard. The results obtained in this research allowed to obtain effective parameters effective as a basis in the structural design of sustainable constructive systems and reference to future research.

**Keywords:** Guadua Angustifolia Kunth, physical-mechanical, sustainable, essays.

85

**Fecha de recepción:** 08 de febrero de 2022; **Fecha de aceptación:** 10 de mayo de 2022; **Fecha de publicación:** 11 de julio de 2022.



## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) en el mapeo de manchas productivas de la guadua tanto en su especie de caña brava como caña mansa se localiza en un 66,5% en la costa ecuatoriana, un 10% en la sierra y un 23,5% en la Amazonía. En la provincia de Manabí existe un área 145,529 ha de superficie con caña guadua, siendo esta la de mayor porcentaje con un 24% del total de guaduales disponibles. El desconocimiento de las propiedades físico mecánicas de la caña guadua de Manabí ha provocado la utilización de este material de forma empírica sin tomar en cuenta la funcionalidad del material en el diseño de una estructura. En Ecuador son escasos los estudios realizados respecto a la caracterización de las propiedades físico mecánicas de la Gak, sin embargo, en la provincia de Loja, ciudad de Loja, se realizó una investigación de dicho material en base a la necesidad de construcciones amigables al ambiente especialmente en la zona rural de dicha provincia, enfocándose en el estudio de las principales propiedades mecánicas de la guadua. (Pilco, 2016).

Otra de las investigaciones que se llevó a cabo en el país fue la de Determinación de las propiedades físico mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth, pero en la Provincia de los Ríos, cantón Valencia, donde se aplicó los diferentes tipos de ensayos tanto físicos como mecánicos para obtener los valores característicos de la caña con lo que se pudiera diseñar y construir estructuras seguras. (Luis, 2014)

La presente investigación determina las propiedades físico-mecánicas de la caña Guadua Angustifolia Kunth, la importancia de conocer los valores reales que tiene este material tales como la tracción, compresión, flexión, corte, módulo de elasticidad, entre otros, en el proceso constructivo radica en poder demostrar que es lo suficientemente resistente a diferentes esfuerzos al igual que los materiales que generalmente se usan en la construcción como es el caso del concreto y además de poder usarlo de forma fiable. La determinación de dichas propiedades tanto físico como mecánica se la realizó en tres cantones de la zona Noroeste de la provincia de Manabí como son: Chone, Flavio Alfaro y El Carmen a través de la conformación de muestras que fueron ensayadas de acuerdo a la normativa vigente de Ecuador y Colombia.

## Desarrollo

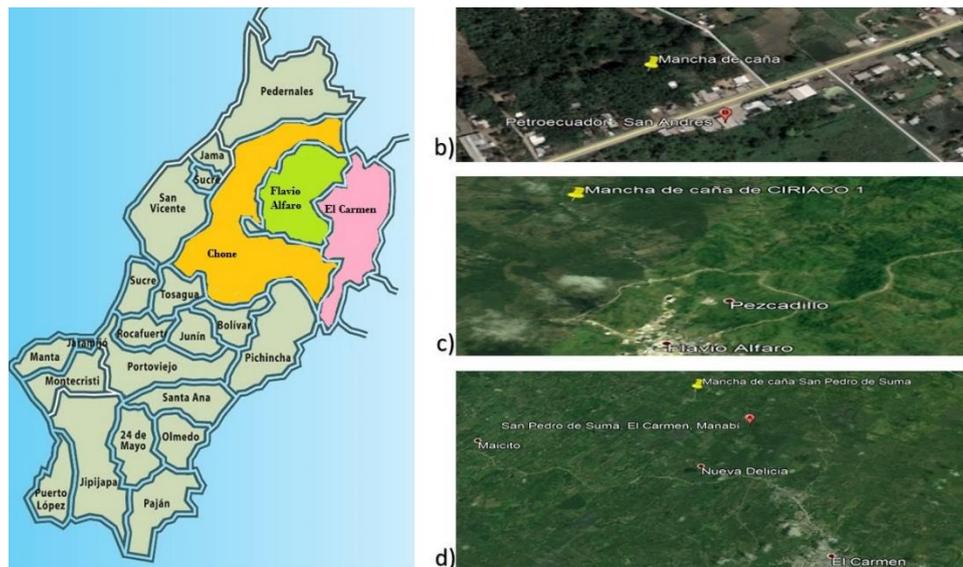
**Guadua Angustifolia.-** Guadua Angustifolia Kunth taxonómicamente pertenece a la familia Poaceae, a la subfamilia Bambusoideae y al género Guadua, esta especie crece naturalmente en Colombia, Ecuador y Venezuela, en los climas tropicales húmedos a orillas de quebradas, ríos y demás afluentes de agua. Es considerada como un material compuesto debido a que posee o se compone por fibras en el interior de una matriz de celulosa; estas fibras se distribuyen de manera irregular en la sección transversal de la guadua, lo que afecta en el comportamiento que tiene la guadua cuando es sometida a diferentes esfuerzos mecánicos. (Brand, 2015). Es una buena alternativa para la construcción, esto gracias a que se considera como producto no maderable y al ser una hierba no necesita re-plantación, ya que brota naturalmente cada año.

El rápido crecimiento de la planta es su gran ventaja frente a la madera, pues el rendimiento de un bosque de bambú puede ser 20 veces mayor que el de uno de árboles muy resistente y fuerte. (CONAFOR, 2014). Según el MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) en el mapeo de machas productivas de la caña guadua, Chone cuenta con el 4,4%, El Carmen con 9% y Flavio Alfaro con 2,2% de caña guadua. Las construcciones con caña en la provincia de Manabí llevan cientos de años realizándose de forma artesanal basada en la experticia de quienes conocen de este material, sin embargo, es necesario empezar a construir con criterios ingenieriles para así aprovechar el material de una mejor forma de acuerdo a las propiedades que posea según la zona.

## 2. METODOLOGÍA

Para la presente investigación se escogió tres cantones de la provincia de Manabí tal como se presenta en la figura en la 1, siendo: Chone, ubicado en sus coordenadas geográficas 0°40'4.53"S y 80° 2'55.02"O; Flavio Alfaro, ubicado en sus coordenadas geográficas 0°22'52.41"S y 79°55'42.64"O y El Carmen, ubicado en sus coordenadas geográficas 0°12'44.05"S y 79°32'34.16"O.

**Figura 1.** a) Mapa de Manabí, b) Parroquia San Andrés, Cantón Chone, c) Parroquia Ciriaco, Cantón Flavio Alfaro d) Parroquia San Pedro de Suma, Cantón El Carmen.



La conformación de probetas y la realización de los ensayos se llevó a cabo de acuerdo a la NTC-5525 (Norma Técnica Colombiana) y la NEC-SE-GUADUA (Norma Ecuatoriana de Construcción), las cuales definen en cuantas partes se divide cada espécimen (inferior, media y superior) y el número mínimo de probetas a realizarse; en total se tomaron 7 culmos en estado verde (4 a 6 años de madurez) de aproximadamente 20 metros para cada uno de los cantones seleccionados; con este tamaño de muestra se obtiene un 90% de confiabilidad en los resultados. Los especímenes fueron transportados a las instalaciones de Escuela taller de Empresa Pública donde se elaboró las probetas para luego trasladarlas al Laboratorio de Suelos Bolívar Ortiz L. de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en donde se utilizaron todos los procedimientos necesarios para obtener los resultados de las propiedades físicas tales como: la densidad, contenido de humedad, contracción y de las propiedades mecánicas como: ensayo a flexión, compresión, tensión y corte.

Estos resultados fueron debidamente tabulados para así poder realizar un análisis comparativo entre las diferentes propiedades obtenidas de cada cantón. A continuación, se muestra la tabla 1 en donde se explica de acuerdo al tipo de ensayo la descripción general, dimensiones de las probetas, su fórmula de cálculo y el número de muestras a ensayar. Cabe recalcar que cada uno de estos ensayos fueron realizados en cada uno de los cantones de estudio, dando como total 21 culmos de GaK.

**Tabla 1. Datos generales para la realización de cada uno de los ensayos.**

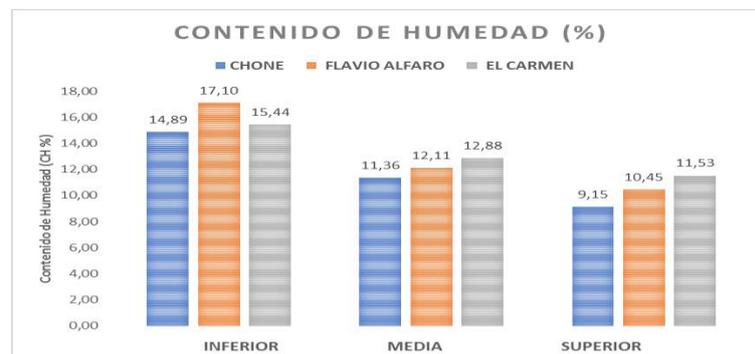
Ensayo	Descripción	Dimensiones de la muestra	Fórmula	# Muestras
<b>Propiedades Físicas</b>				
<b>Contenido de humedad</b>	Relación entre la masa húmeda y masa seca de la muestra.	2,5cm* 2,5cm	$CH = \frac{m - m_0}{m_0} * 100$	92 probetas por cada cantón
<b>Densidad</b>	Relación entre la masa seca y el volumen húmedo de la muestra.	2,5cm* 2,5cm	$\rho = (m/V) \times 10^6$	92 probetas por cada cantón
<b>Contracción</b>	Relación entre el espesor, diámetro y altura del material cuando está húmedo y la disminución en sus dimensiones luego de secarse	D= el que posea el material  Espesor= el que posea el material	$((I - F) / I) * 100 \%$	30 probetas por cada cantón
<b>Propiedades Mecánicas</b>				
<b>Corte</b>	Se determina: -la resistencia última al esfuerzo cortante, paralelo a las fibras, en probetas provenientes de culmos de GaK. - el módulo nominal de elasticidad.	Los ensayos se llevan a cabo en probetas las cuales el 50% es con nudo y el 50% sin nudo, la altura de la probeta depende del diámetro, si este es menor a 20cm su altura será el doble. Se hizo muestras en las secciones; inferior, media y superior. Velocidad de ensayo de 0,01mm/s	$T = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t \times L)}$  $E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{Deformacion uni.}} = \frac{S}{\epsilon}$  $\frac{S}{\epsilon} = \frac{F_{ult}/A}{\delta/l}$	30 probetas totales por cada cantón Inferior: 10 probetas Media: 10 probetas Superior: 10 probetas
<b>Compresión</b>	Se determina : --el esfuerzo último de compresión de las probetas provenientes de los culmos de GaK - el módulo nominal de elasticidad.	Los ensayos se llevan a cabo en cuyas probetas esten sin nudo, la altura de la probeta depende del diámetro, si este es menor a 20cm su altura será el doble. Se hizo probetas en la sección inferior, media y superior. Velocidad de ensayo de 0,01mm/s	$\sigma_{ult} = F_{ult}/A$  $E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{Deformacion uni.}} = \frac{S}{\epsilon}$  $\frac{S}{\epsilon} = \frac{F_{ult}/A}{\delta/l}$	30 probetas totales Inferior: 10 probetas Mediar: 10 probetas Superior: 10 probetas
<b>Tensión</b>	Determinación de: -la resistencia última a la tensión, paralela a las fibras - el módulo nominal de elasticidad.	La probetas fueron con nudo intermedio, tuvieron un ancho de 2 cm y una longitud de 27 cm, se las hizo en tira y no en forma de paleta debido a que las mordazas del equipo hacia que se resbalaran. Se hizo probetas en la sección inferior, media y superior. Velocidad de ensayo de 0,01mm/s	$\sigma_{ult} = F_{ult}/A$  $E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{Deformacion uni.}} = \frac{S}{\epsilon}$  $\frac{S}{\epsilon} = \frac{F_{ult}/A}{\delta/l}$	30 probetas totales por cada cantón Inferior: 10 probetas Media: 10 probetas Superior: 10 probetas
<b>Flexión</b>	Se determina: -la capacidad de flexión de los culmos usando un ensayo de flexión de cuatro puntos - el módulo de elasticidad nominal del culmo.	Longitud de la probeta 30 veces el diámetro. Solo se ensayó sección media de la caña. Velocidad de ensayo: 0,5mm/s	$\sigma_{ult} = F \cdot L \cdot \frac{D/2}{6} \times IB$  $IB = \pi/64 * [(D^4) - ((D-2t)^4)]$  $E = 23 * F * L^3 / 1296 * \delta * IB$	2 probetas totales por cada cantón Media: 2 probetas

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Propiedades físicas

Las propiedades físicas de la caña guadua son aquellas que se basan principalmente en la estructura de la misma, la cual es visible y medible, además son de gran importancia conocer a la hora de construir con dicho material. Dentro de estas propiedades se encuentran contenido de humedad, densidad y contracción, analizados de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen en donde a continuación se presentan en las figuras 2, 3 y 4 respectivamente, cabe recalcar que dichos ensayos fueron realizados después de cada ensayo mecánico.

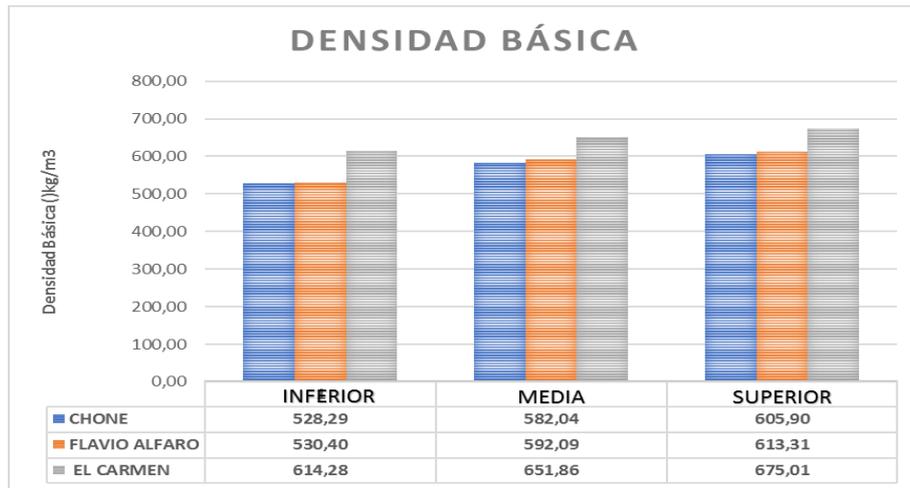
**Figura 2.** Valores promedio de contenido de humedad en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



Se puede notar en la figura 2 que el contenido de humedad en la GaK es mayor en la sección inferior y va disminuyendo hacia su sección superior, el proceso ocurre en los tres cantones estudiados y esto se debe a que la parte inferior de la caña se encuentra más cerca del suelo por lo que percibe mayor cantidad de humedad del suelo y del ambiente.

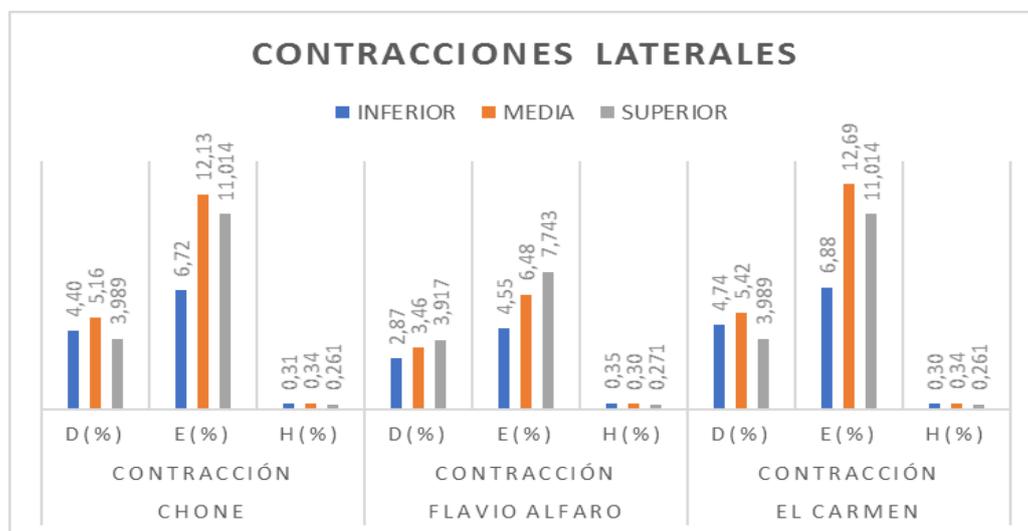
Luego de hacer un análisis comparativo en los tres cantones se determinó el cantón con mayor porcentaje de humedad en la GaK en su totalidad es El Carmen con un 13,28%, y el que posee menor porcentaje de humedad total en la GaK es Chone con 11,28%, estando dentro del porcentaje referencial que establece la NEC-SE-GUADUA en su apéndice 3 (Humedad equilibrio de la madera en varias localidades del Ecuador), donde indica que los culmos de GaK destinados a la construcción deben tener un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar el cual para Chone es de 20,3%.

**Figura 3.** Valores promedios de densidad básica en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



En la figura 3 se puede notar que la densidad básica aumenta desde la sección inferior hasta la superior en los tres cantones, esto se debe a que las fibras van reduciendo su tamaño proporcionalmente lo que hace que su densidad vaya creciendo respectivamente y se encuentre más compacta. En base al análisis comparativo de densidad básica realizado a los cantones estudiados se estableció que el cantón con mayor densidad básica en su totalidad de la caña guadua es El Carmen con  $647,051 \text{ kg/m}^3$ , estando dentro del rango que establece (Hernández, 2015) para la guadua angustifolia, con valores de  $620-900 \text{ kg/m}^3$ .

**Figura 4.** Valores promedios de contracción en las tres secciones de la GaK para el diámetro(D), espesor(E) y altura(H), de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.

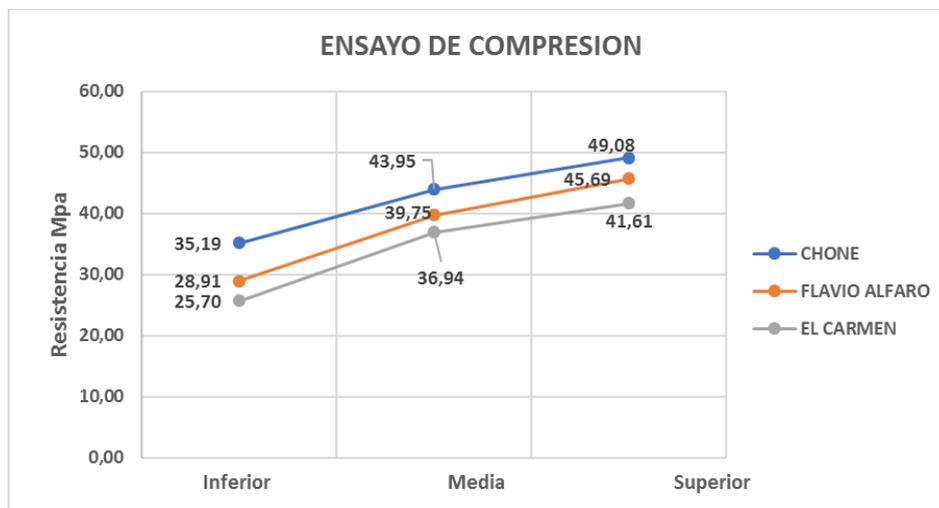


La contracción es una propiedad física de la GaK de suma importancia debido a que el material una vez cortado tiende a encogerse de manera significativa en diámetro, espesor y altura, todo esto por la pérdida de humedad, es decir que la contracción de la guadua es directamente proporcional a su contenido de humedad. Como se observa en la figura 4 sus contracciones en las tres secciones son mayores en espesor, seguido del diámetro, dejando las contracciones en altura muy por debajo debido a que no poseen valores significativos. En base al análisis comparativo del ensayo de contracción de la GaK de los cantones en estudio, se estableció que la que mayormente se contrae en su totalidad es la de El Carmen con 4,72% de contracción en diámetro(D), 10,2% en espesor y un 0,30% en altura.

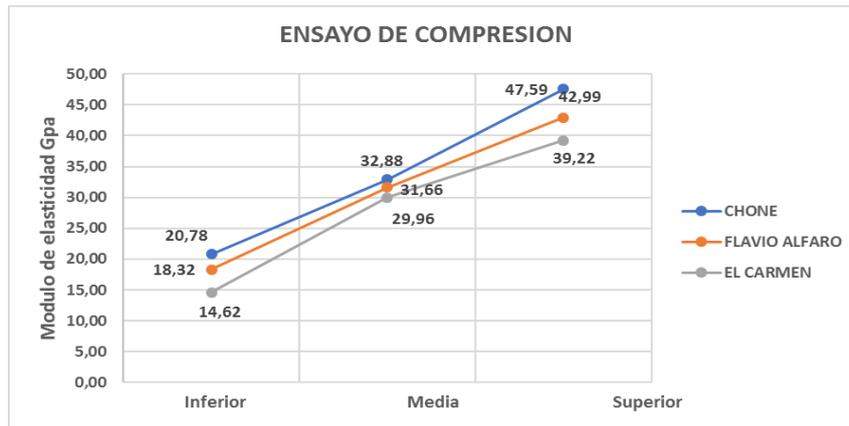
### Propiedades Mecánicas

Los materiales con los que se construyen entre ellos la GaK presentan ciertas características mecánicas que hacen que se resistan a la fuerza que se les aplica, entre estas se encuentran compresión, corte, tensión y flexión; las mismas que se evidencian a continuación en las figuras 5,7,9,11 y 13 con su resistencia en Mpa; y su módulo de elasticidad en Gpa en las figuras 6,8,10,12 y 14.

**Figura 5.** Valores promedios de resistencia a compresión en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



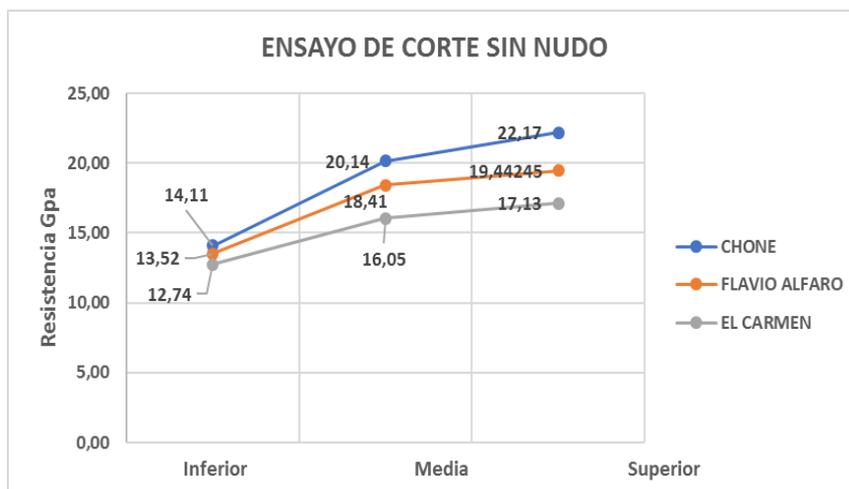
**Figura 6.** Valores promedio de módulo de elasticidad a compresión en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



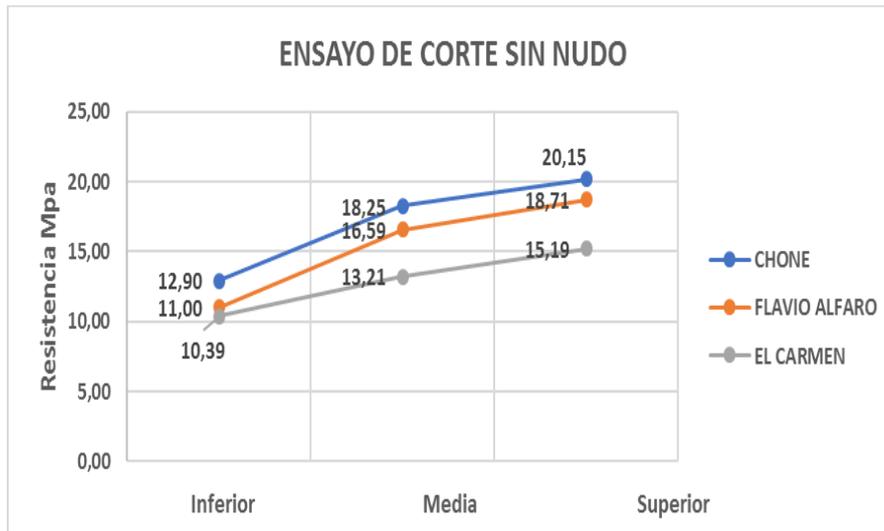
Una gran parte de la GaK que es usada en el sector constructivo está sometido al esfuerzo de compresión paralela a la fibra, como es el caso de columnas, soportes, etc. los cuales están propensas a cargas que tienden a aplastarlas o acortarlas. En la figura 5 y 6 se muestran valores de resistencia y módulo de elasticidad para cada sección de la guadua de los cantones en estudio, donde se evidencia, como sus valores de resistencia y módulo de elasticidad aumentan desde la parte inferior del culmo hacia la superior.

En base al análisis comparativo de los resultados del ensayo a compresión en los tres cantones, se estableció que la guadua que mayor resistencia y módulo de elasticidad posee es la de Chone, con valores promedio de 35,19Mpa y 33,75Gpa, con una deformación unitaria aproximada del 0,0010.

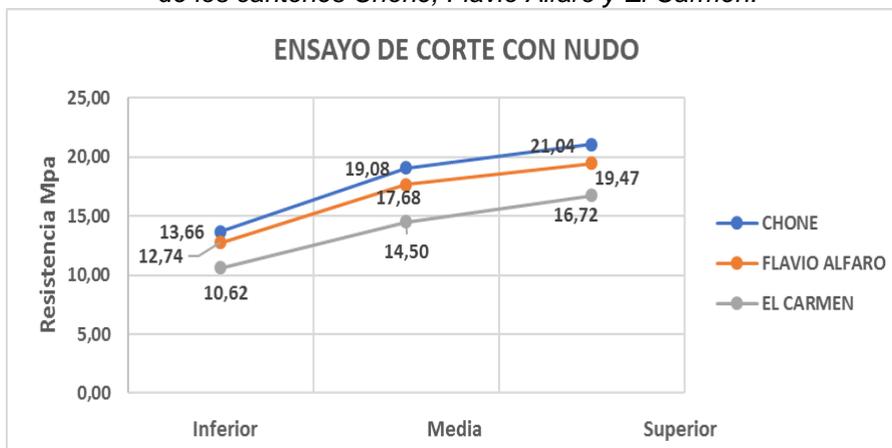
**Figura 7.** Valores promedio de resistencia a corte sin nudo en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



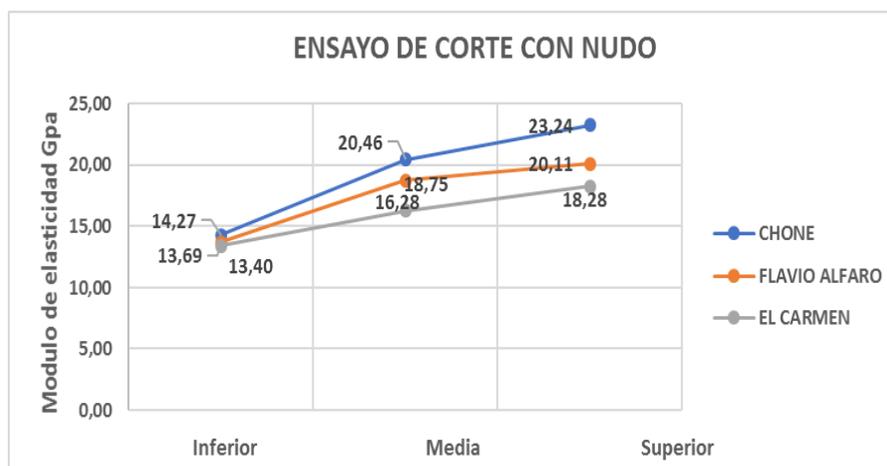
**Figura 8.** Valores promedio de módulo de elasticidad a corte sin nudo en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



**Figura 9.** Valores promedio de resistencia a corte con nudo en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.

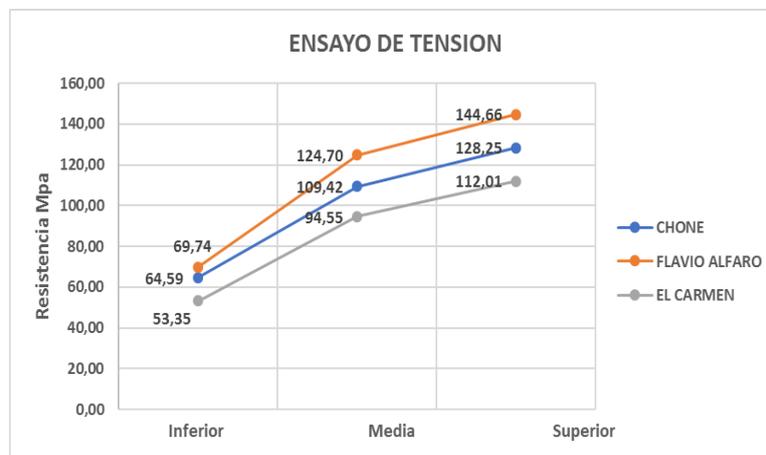


**Figura 10.** Valores promedio de módulo de elasticidad a corte con nudo en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.

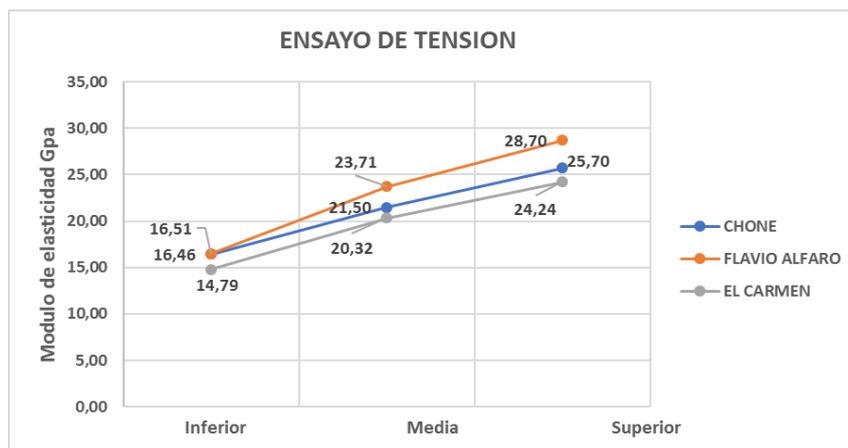


El esfuerzo cortante es aquel que permite resistir fuerzas que provocan deslizamiento de una parte del material con relación a la otra, esta propiedad se la debe tener muy en cuenta en el diseño de las uniones. En las figuras 7,8,9 y 10 se presentan valores de resistencia y módulo de elasticidad del ensayo a corte con nudo y sin nudo, en las tres secciones de los cantones en estudio, donde se puede observar que dichos valores aumentan desde la parte inferior de la GaK hasta la superior. En base al análisis comparativo de los tres cantones se determinó que la guadua de mayor resistencia y módulo de elasticidad tanto del ensayo a corte sin nudo y con nudo es la del cantón Chone con valores promedios del ensayo a corte sin nudo de 17,10 Mpa y 18,81 Gpa; y del ensayo con nudo de 17,93 Mpa y 19,33 Gpa, con una deformación unitaria aproximada de 0,0009 para ambos casos.

**Figura 11.** Valores promedios de resistencia a tensión en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



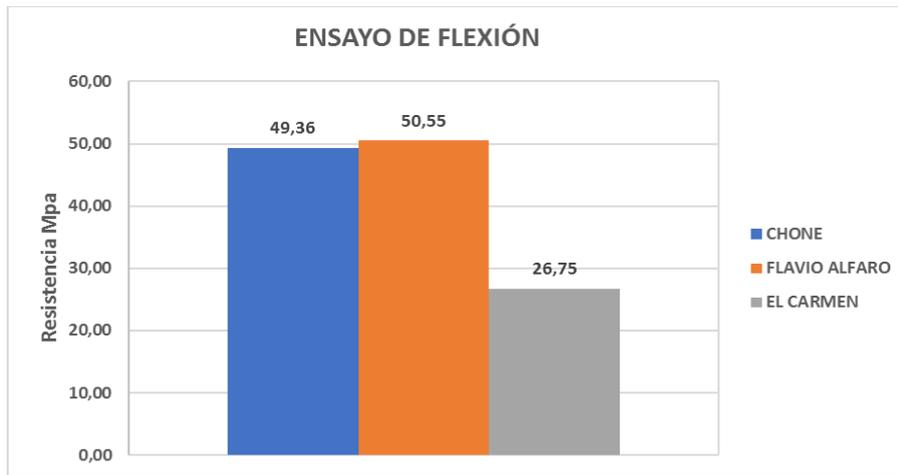
**Figura 12.** Valores promedios de módulo de elasticidad a tensión en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



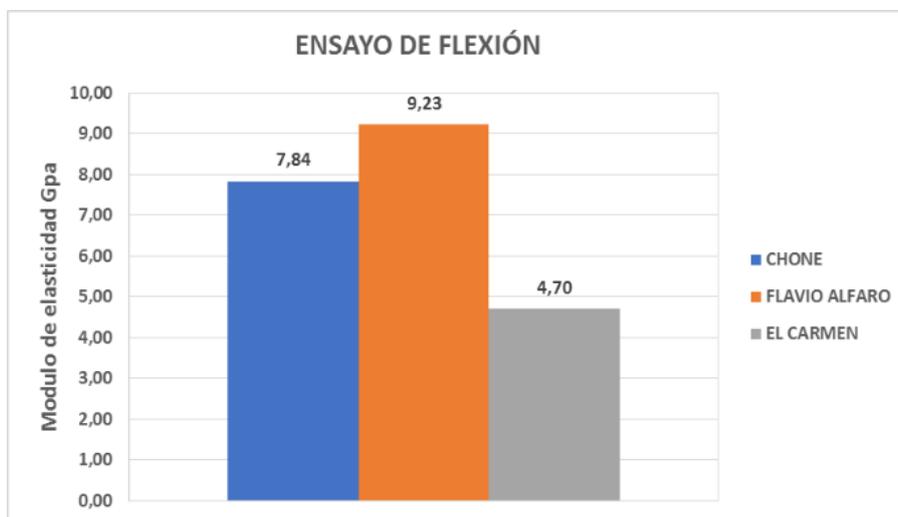
El resultado del ensayo a tensión de la caña depende al igual que los otros ensayos del % de humedad que posee, y de si posee o no nudos, tal como se observa en las figuras 11 y 12 los valores de resistencia y módulo de elasticidad aumentan desde la parte inferior hacia la superior.

En base al análisis comparativo de los tres cantones se estableció que la guadua del cantón Flavio Alfaro es la que mayor resistencia y módulo de elasticidad tiene, con valores de 100,76 Mpa y 21,22 Gpa respectivamente, con una deformación unitaria de 0,004.

**Figura 13.** Valores promedio de resistencia a flexión en la sección media de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



**Figura 14.** Valores promedio de módulo de elasticidad a flexión en la sección media de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.



#### 4. CONCLUSIONES

- Se determinó en el ensayo de contenido de humedad realizado a la Guadua Angustifolia Kunth en los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen, sus valores porcentuales disminuyen desde la sección inferior hacia la superior siendo esta última la de menor valor. El cantón con mayor porcentaje de contenido de humedad en su totalidad de la caña guadua es El Carmen con un 13,28%, y el que posee menor porcentaje de humedad total en la GaK es Chone con 11, 28%, estando dentro del porcentaje referencial que establece la NEC-SE-GUADUA en su apéndice 3 (Humedad equilibrio de la madera en varias localidades del Ecuador), donde indica que los culmos de GaK destinados a la construcción deben tener un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar el cual para Chone es de 20,3%.
- Se comprobó que la densidad básica, es la acumulación de las fibras de la caña relacionada con su peso y volumen, además de conocer que esta aumenta desde la parte inferior a la superior, estableciendo que el cantón con mayor densidad básica en su totalidad de la caña guadua es El Carmen con 647,051 kg/m<sup>3</sup> estando dentro del rango que establece Correal y Arbeláez (2010) para la guadua angustifolia, con valores de 620-900 kg/m<sup>3</sup>.
- En el ensayo de contracción se analizaron tres variables que son diámetro, espesor y altura de las cuales se comprobó que las dos primeras son las que más se contraen en los tres cantones. Concluyendo que la caña guadua del El Carmen es la que más se contrae, con un 4,72% en el diámetro(D) un 10,2% en espesor y un 0,30% es altura.
- Se determinó en el ensayo de compresión la resistencia y módulo de elasticidad de la caña guadua que sus valores aumentan desde la sección inferior hacia la superior, siendo la GaK de Chone la que cuenta con dichas propiedades en mayor escala, teniendo una resistencia de 35,19Mpa y un módulo de elasticidad 33,75Gpa, con una deformación unitaria aproximada de 0,0010.
- Se determinó en los ensayos de corte, en probetas de caña con nudo y sin nudo, la resistencia y módulo de elasticidad, dando como resultado que el cantón Chone posee estas propiedades en mayor proporción con valores

promedios del ensayo a corte sin nudo de 17,10 Mpa y 18,81 Gpa; y del ensayo con nudo de 17,93Mpa y 19,33Gpa, con una deformación unitaria de 0,0009 para ambos casos.

- Como resultado del ensayo a tensión, la caña guadua del cantón Flavio Alfaro es la que mayor resistencia y módulo de elasticidad tiene, con valores de con valores de 100,76 Mpa y 21,22Gpa respectivamente, con una deformación unitaria de 0,004.
- Como resultado del ensayo a flexión, la caña del cantón Flavio Alfaro es la de mayor resistencia y módulo de elasticidad, siendo 50,55Mpa y 9,32Gpa respectivamente, con una deformación aproximada de 0,005.
- Se determinó a través de los resultados obtenidos que la resistencia de la caña guadua ante cualquier esfuerzo, está relacionado con el contenido de humedad, debido a que, entre mayor contenido de humedad, menor resistencia obtiene; esto se comprueba en el cantón El Carmen el cual por tener mayor porcentaje de contenido de humedad obtuvo valores menores de resistencia, así como la contracción de la guadua es proporcional a su contenido de humedad, entre mayor humedad mayor % de contracción.
- Se concluye que la resistencia y módulo de elasticidad de la GaK varían de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas, es decir el ambiente, composición del suelo y clima donde nace dicho material.

## REFERENCIAS

Bambú Ecuador. (2021). Ordenanza que incorpora a la normativa municipal las reglas e incentivos para la construcción, conservación y aprovechamiento sostenible de la Guadua y otros bambúes en el cantón El Carmen. Obtenido de <https://bambu.com.ec/wp-content/uploads/2021/12/ORDENANZA-CANTON-EL-CARMEN-2021.pdf>

Bambú Ecuador. (2021). Ordenanza que incorpora a la normativa municipal las reglas e incentivos para la construcción, conservación y aprovechamiento sostenible de la Guadua y otros bambúes en el cantón Portoviejo. Obtenido de <https://bambu.com.ec/wp-content/uploads/2022/01/ORDENANZA-QUE-INCORPORA-A-LA-NORMATIVA-MUNICIPAL-LAS-REGLAS-E-INCENTIVOS-PARA-LA-CONSTRUCCIO%CC%81N-CONSERVACIO%CC%81N-Y->

## APROVECHAMIENTO-SOSTENIBLE-DE-LA-GUADUA-Y- OTROS-BAMBUES-EN-EL-CANTON-PORTO

Brand, R. S. (2015). Caracterización física y mecánica de la guadua rolliza de la especie angustifolia kunth mediante procesamiento digital de imágenes. Obtenido de [https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7264/PROYECTO\\_FINAL\\_CHARACTERIZACION%20FISICA%20Y%20MECANICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7264/PROYECTO_FINAL_CHARACTERIZACION%20FISICA%20Y%20MECANICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CONAFOR. (2014). Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables. Obtenido de [https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Catalogo\\_de\\_recursos\\_forestales\\_M\\_y\\_N.pdf](https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Catalogo_de_recursos_forestales_M_y_N.pdf)

Hernández, I. H. (2015). Propiedades de Físico-Mecánicas de una guadua mexicana. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v17n3/aop4515.pdf>

Luis, C. A. (2014). Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña Guadúa Angustifolia Kunth del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1423>

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2017). Estructuras de Guadúa. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>

Pilco, E. P. (2016). Estudio de las propiedades Físico Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth de Loja, e implementación de este como material de construcción. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/14399>