



*Análisis de la resistencia a la Guadúa angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de tensión paralela a las fibras, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador*

*Analysis of the resistance to Guadúa angustifolia Kunth subjected to tension efforts parallel to the fibers, from several cantons of the province of Manabí, Ecuador*

*Análise da resistência de Guadúa angustifolia Kunth submetida a esforços de tensão paralelos às fibras, de vários cantões da província de Manabí, Equador*

Cristhian Cevallos López <sup>1</sup>  
[cmcevallosl\\_1982@hotmail.com](mailto:cmcevallosl_1982@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-3157-101X>

**Correspondencia:** [amalia\\_educadora@hotmail.com](mailto:amalia_educadora@hotmail.com)

Ciencias Técnica y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de noviembre de 2023 \* **Aceptado:** 22 de diciembre de 2023 \* **Publicado:** 08 de enero de 2024

I. Arquitecto, investigador, Portoviejo, Ecuador.

## Resumen

La necesidad de contar con infraestructuras sutiles y que, al mismo tiempo sean ventajosas con el medio ambiente, son cada vez más ineludibles. La provincia de Manabí, conformada por 22 cantones, es predilecta por contar con uno de los recursos naturales más notables y aceptado por muchas personas como es la caña guadúa (bambú), en especial de la especie angustifolia Kunt (GaK), haciendo presencia en 21 cantones (95% de la provincia), excepto, el cantón Jaramijó donde no se encontró plantaciones de guaduales. Y razón de esto es que, muchos profesionales que incursionan en diferentes ramas, entre ellas, la arquitectura, la ingeniería civil e ingeniería ambiental apuestan por estudiar este material para el uso en la construcción porque de manera cierta y comprobada, no altera el ecosistema al momento de su cosecha. La aceptación de la GaK ha permitido que empiece a ser tomada en cuenta para abrir proyectos arquitectónicos no solo habitacionales, sino también comerciales, como en restaurantes, bares, discotecas, así como de uso público como paradero de buses, garajes, entre otros. Conociendo que la caña guadúa es liviana y flexible, su uso no debe hacerse a la ligera, siendo lo más recomendable realizar los debidos estudios y/o análisis de su resistencia, cuando está expuesta a diferentes fuerzas. En el presente artículo, analizaremos el comportamiento de la GaK sometida a esfuerzos de tensión.

**Palabras Clave:** Guadúa angustifolia Kunt; ensayo tensión; resistencia culmo; tensión.

## Abstract

The need to have subtle infrastructures that, at the same time, are advantageous to the environment, are increasingly unavoidable. The province of Manabí, made up of 22 cantons, is preferred for having one of the most notable natural resources accepted by many people, such as guadúa cane (bamboo), especially the Kunt angustifolia species (GaK), which is present in 21 cantons (95% of the province), except the Jaramijó canton where no guaduales plantations were found. And the reason for this is that many professionals who venture into different branches, including architecture, civil engineering and environmental engineering, are committed to studying this material for use in construction because in a certain and proven way, it does not alter the ecosystem by time of harvest. The acceptance of the GaK has allowed it to begin to be taken into account to open architectural projects not only for housing, but also for commercial projects, such as restaurants, bars, nightclubs, as well as for public use such as bus stops, garages, among others. Knowing that the bamboo cane is light and flexible, its use should not be done lightly, and it is

most advisable to carry out due studies and/or analysis of its resistance when it is exposed to different forces. In this article, we will analyze the behavior of GaK subjected to tensile stresses.

**Keywords:** Guadúa angustifolia Kunt; tension test; culm resistance; strain.

## Resumo

A necessidade de contar com infra-estruturas subtis e que, ao mesmo tempo, sejam vantajosas para o ambiente, é cada vez mais inevitável. A província de Manabí, formada por 22 cantões, é preferida por ter um dos recursos naturais mais notáveis e aceitos por muitas pessoas, como a cana-guadúa (bambu), especialmente a espécie Kunt angustifolia (GaK), que está presente em 21 cantões. (95% da província), exceto o cantão Jaramijó onde não foram encontradas plantações de guaduales. E a razão para isso é que muitos profissionais que se aventuram em diferentes ramos, incluindo arquitetura, engenharia civil e engenharia ambiental, estão empenhados em estudar esse material para uso na construção civil porque de forma certa e comprovada, ele não altera o ecossistema com o tempo. de colheita. A aceitação do GaK permitiu que ele começasse a ser levado em consideração para abrir projetos arquitetônicos não só de habitação, mas também de empreendimentos comerciais, como restaurantes, bares, discotecas, bem como de uso público como pontos de ônibus, garagens, entre outros. Sabendo que a cana de bambu é leve e flexível, seu uso não deve ser feito levemente, sendo mais aconselhável realizar os devidos estudos e/ou análises de sua resistência quando exposta a diferentes forças. Neste artigo analisaremos o comportamento do GaK submetido a tensões de tração.

**Palavras-chave:** Guadúa angustifolia Kunt; teste de tensão; resistência do colmo; variedade.

## Introducción

Tomando en consideración el artículo sobre el análisis de la resistencia a la Guadúa angustifolia Kunt sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador, desarrollamos este artículo sobre la resistencia a la tensión por ser la misma investigación.

Los bambúes son un grupo de especies de rápido crecimiento y gran versatilidad [1], lo que hace que, cientos de decenas de familias opten por tener plantaciones de él (especialmente la Guadúa angustifolia Kunt) - (GaK) en sus propiedades, teniendo como ventaja que, su altura máxima se la puede obtener con apenas 6 meses y su resistencia máxima entre los 4 y 6 años de edad [2]. Este

proyecto de investigación se lo realiza con la finalidad de conocer la resistencia de la Guadúa angustifolia Kunt (GaK), proveniente de los cantones que conforman la provincia de Manabí. El terremoto suscitado en las costas de nuestro país Ecuador en abril del 2016, fue una razón muy importante la que, profesionales y constructores consideremos proyectar edificaciones no tan rígidas producto de los materiales convencionales como el hierro y el cemento, sino, materiales que ofrece la madre naturaleza que, pueden estar al alcance de toda familia, de forma tal que de ellas se puede generar suficiente materia prima para la construcción de viviendas [3], siendo éstas una de las mayores necesidades que tienen las familias manabitas, sobre todo del sector rural. La caña guadúa, es una especie que desarrolla espinas en todas sus ramas (por esta característica, también se la conoce como caña brava), tiene entrenudos huecos [4] de diferentes diámetros y longitudes según la sección que se utilice (cepa, basa o sobrebasa). Para esta investigación, al tomar las muestras, estudiamos 12 metros de longitud, distribuyendo la caña en tres secciones, la primera (cepa), la segunda (basa) y la tercera (sobrebasa) a tres, seis y tres metros de longitud respectivamente. Esto, debido a que, en la longitud más óptima para ser considerada dentro de los elementos estructurales como vigas y columnas, siendo estos dos elementos considerados puntales importantes en el accionar de la estructura ante un eventual movimiento telúrico, por esta razón se considera necesario el análisis de fuerzas a tensión.

El cambio climático que se ha generado a pasos desmedidos, ha sido el detonante principal de deslizamientos de tierra, por ello, la recuperación del suelo puede lograrse por medio de diversos servicios ambientales que proveen diversas especies de bambúes [5], logrando de esta manera, su total restauración. Adicionalmente, los bosques incluyen servicios de aprovisionamiento de alimentos y agua, de plagas y otros [6]. La industria diariamente aumenta la demanda de especies productoras de papel. La guadúa es una solución a esta crisis, ya que es utilizada como una fuente potencial de pulpa [7]. Ante estas razones y por la riqueza que brinda la caña guadúa, enfatizamos de manera el compromiso de seguir estudiando el comportamiento mecánico de la GaK, para interpretar las diferentes resistencias que presentan las cañas entre ellas, sometidas a esfuerzos de tensión que, en otros términos, también se conoce como tracción.

## Materiales y metodología

### A. Materiales.

Hay en la guadúa un gran potencial para la solución de muchos problemas en especial el de vivienda [8], y con la finalidad de realizar los ensayos a tensión de la Guadúa angustifolia Kunt como dato imprescindible [9] volvemos a considerar 12 cantones de la provincia de Manabí, incluyendo a cada uno de ellos sus respectivas coordenadas UTM para conocer con mayor exactitud la orientación [10], entre ellos: A) Portoviejo, B) Junín, C) 24 de mayo, D) Olmedo, E) Santa Ana, F) Jipijapa, G) Paján, H) Pichincha, I) El Carmen, J) Flavio Alfaro, K) Pedernales y L) Puerto López, en su orden. (Fig. 1 y 2).

ID	Cantón	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
		578470,6	9890946,3
<b>A</b>	<b>Portoviejo</b>	7	3
		593703,1	9897893,4
<b>B</b>	<b>Junín</b>	0	0
	<b>24 de Mayo</b>	579943,0	9850115,0
<b>C</b>	<b>Mayo</b>	0	0
		580076,9	9850426,3
<b>D</b>	<b>Olmedo</b>	0	0
		574425,8	9868002,8
<b>E</b>	<b>Santa Ana</b>	0	0
		548339,8	9849276,8
<b>F</b>	<b>Jipijapa</b>	5	9
		568021,7	9828314,8
<b>G</b>	<b>Pajan</b>	0	0
		610591,4	9883101,9
<b>H</b>	<b>Pichincha</b>	0	0

		649567,4	9966432,9
<b>I</b>	<b>El Carmen</b>	0	0
	<b>Flavio</b>	612552,9	9949258,4
<b>J</b>	<b>Alfaro</b>	0	0
	<b>Pedernale</b>	618468,0	9997106,4
<b>K</b>	<b>s</b>	0	0
	<b>Puerto</b>	526395,3	9814746,4
<b>L</b>	<b>López</b>	0	0

Fig. 1. Identificación y localización de cantones para el estudio.

Fig. 1 Identification and location of cantons for study.

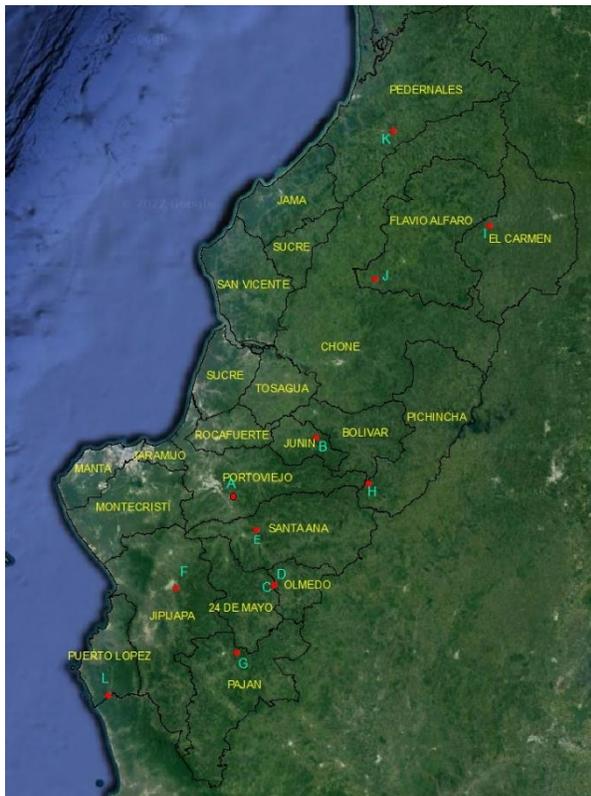


Fig. 2. Ubicación geográfica de los cantones.

Fig. 2. Geographical location of the cantons.

Realizado el recorrido para seleccionar cada espécimen situadas a diferentes alturas [11], se tomaron 5 muestras o culmos y de ellos, se seleccionaron 2 que fueron divididas en tres secciones: cepa o parte baja, basa o parte media y sobrebasa o parte superior (Fig. 3) para los ensayos a flexión (con los otros 3 culmos se elaboraron probetas para ensayos a compresión, corte, contracción, densidad y contenido de humedad). De estos 2 culmos se toman las muestras para elaborar las probetas para los ensayos a tensión, según la Norma Técnica Colombiana NTC-5525 “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadúa angustifolia Kunth” basada en la norma ISO 22157-1:2004 [12].

En la figura 3 se muestra la ruta de toma de muestras en cada cantón para la elaboración de las probetas de cada sección, las mismas que fueron transportadas con el debido cuidado al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, ubicada en la ciudad de Manta, para el respectivo ensayo.

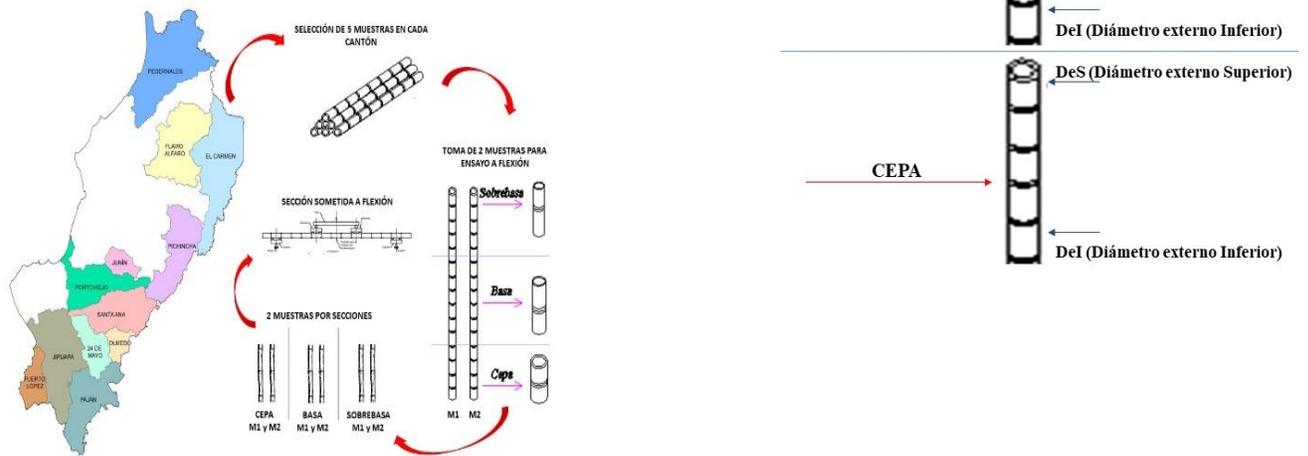


Fig. 3. Esquema para la toma de muestras para ensayos a tensión.

Fig. 3. Scheme for taking samples for tensile tests.

## B. Metodología.

Esta experimentación se tomó como variable importante la edad de la guadúa [13] (de 4 a 6 años) para su utilización y/o comercialización. El corte de los culmos se lo realizó teniendo en cuenta

[14] la sección cepa o parte baja, sea en el primer o segundo canuto (entrenado) por encima del nudo para evitar el estancamiento del agua en el espacio hueco de la caña y así impedir la pudrición de su raíz. Una vez cortada la caña, se realizó la respectiva medición de la longitud total de la misma (desde el extremo inferior hasta el extremo superior); esto, para conocer la variación del desarrollo longitudinal de todas las muestras.

En cada corte de culmo, se obtuvieron 3 secciones (cepa, basa y sobrebasa) y 2 Diámetros externos en cada uno de ellos, nombrados de la siguiente manera: *DeI* (*Diámetro externo Inferior*) y *DeS* (*Diámetro externo Superior*). *Figura 4*.

Para realizar los ensayos a tensión, rigurosamente se debe realizar primero los ensayos a flexión, debido a que, las muestras se toman cerca de las fallas que experimentan los culmos cada vez que reciben la carga establecida para conocer los resultados de este último ensayo.

Por cada cantón se elaboran las siguientes cantidades de probetas: 4 de la sección cepa, 4 de la sección basa y 4 de la sección sobrebasa, realizando un total de 144 entre los 12 cantones objetos de esta investigación. *Fig. 5*.

Fig. 4. Representación DeI y DeS de las tres secciones.

Fig. 4. DeI and DeS representation of the three sections.

			<b>12 CANTONES</b>	
			<b>Cantidad</b>	<b>TOT</b>
			<b>Por</b>	<b>AL</b>
			<b>Cantones</b>	
Secci	Cepa	4	48	
ón de	Basa	4	48	
la	Sobrebas	4	48	
Guad	a	4	48	
ua				
<b>Totales</b>		<b>12</b>	<b>144</b>	

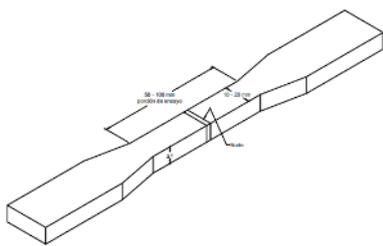
Fig. 5. Distribución por sección de probetas ensayadas.

Fig. 5. Distribution by section of tested specimens.

### C. Elaboración de las probetas.

Como primer paso se elaboran unas tablillas de 25cm de longitud (paralela a las fibras) por 3cm de ancho (perpendicular a las fibras). Luego como segundo paso, para dar forma definitiva a la probeta, se tomó una porción de ensayo con una sección rectangular cuyas medidas son de 10cm al eje longitudinal (paralelo a las fibras) por 1cm al eje transversal (perpendicular a las fibras). *Fig. 6.*

Las muestras se tomaron de las partes inferior (cepa), media (basa) y superior (sobrebasa) de cada culmo, las cuales fueron identificadas con el nombre del cantón respectivo. La norma NTC-5525 indica que, para los ensayos de tensión paralelas a las fibras, las probetas rigurosamente deben contar con el nudo en el centro de ella, pero en caso de investigación científica como es el nuestro, existe total libertad para decidir elaborar otras probetas [15]. Siendo así, se prepararon muestras de ensayo que incluían nudos y entrenudos [16]. *Fig. 7.*



*Fig. 6 y 7. Ejemplo de probeta para ensayo de tensión.*

*Fig. 6 and 7. Example of specimen for tensile test.*

### D. Ensayo de resistencia a Tensión.

Realizados los ensayos a flexión, se procedió a identificar el lugar de las fallas en cada culmo para que, de aquella área o cerca de ellas, elaborar las muestras respectivas que, a la postre se le dará la forma respectiva para la probeta que sería sometida al debido ensayo a tensión. Elaboradas las probetas, fue propicio trasladarlas al Laboratorio de Suelo de la Facultad de Ingeniería de la ULEAM – Manta, donde se procedió a someterlas a las fuerzas en direcciones opuestas en sus dos extremos, procediendo así al respectivo ensayo.

Una vez colocadas las probetas en su posición vertical sujetas en sus extremos, se toma medida de la separación entre los sujetadores superior e inferior ya que, esta distancia forma parte del cálculo respectivo para obtener los resultados.

Para calcular la resistencia de la GaK a la tensión paralela a las fibras, se lo realizó bajo la fórmula que describe la NTC-5525, y que se detalla a continuación:

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

Donde:

$\sigma_{ult}$  Es el esfuerzo último de tensión, en MPa (o  $N/mm^2$ ), con aproximación a un Mpa entero.

$F_{ult}$  Es el valor de la carga aplicada en la cual falla la probeta, expresada en N.

A es el área media de la sección transversal de la porción de ensayo, expresada en  $mm^2$ .

Su procedimiento fue, tensionar o estirar las probetas en direcciones opuestas, es decir, primero las 4 probetas de la cepa, luego las 4 de la basa para culminar con las 4 de la sobrebasa, aplicando la fuerza necesaria del dispositivo de carga. Esta carga aplicada incide para que la probeta experimente la falla respectiva en el centro de la probeta, en el mismo punto donde se encuentra el nudo, aunque, en algunos casos, la falla se presentaba en los extremos de la misma. *Fig. 8 y 9.*

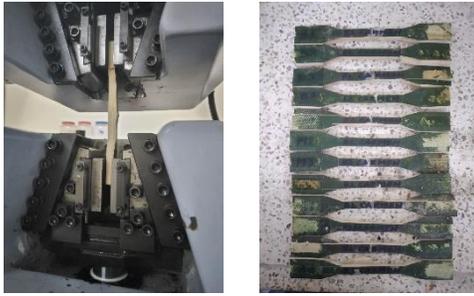


Fig. 8 y 9. Probetas sometidas a esfuerzos de tensión.

Fig. 8 and 9. Specimens subjected to tensile stresses.

### Resultados y discusión

Revisando los valores de resistencia presentados en las tablas, se observa que el bambú tiene propiedades mecánicas muy altas con relación a la madera y aún con el concreto [17], las que determinarán que ella se encuentra apta para la construcción y sobre todo para su uso estructural. La GaK debe contar con la edad necesaria y/o recomendada para tal efecto, como es de 4 a 6 años. Antes de los 4 años no se recomienda su uso estructural, debido a que, aún se encuentra demasiado tierna, mientras que, de haber pasado los 6 años, sus características mecánicas empiezan a perder resistencias por el hecho de empezar a envejecer.

Su curado respectivo se lo puede realizar de dos maneras muy prácticas: A) Método del avinagrado, que consiste en cortar la caña completa en la parte baja, sobre el primero o segundo nudo (al cortar la caña, se debe precautelar el empozamiento del agua en el entrenudo o canuto para evitar la pudrición del culmo). Una vez cortada la caña, se la deja parada sobre la misma pata que forma parte de la raíz, por un lapso de 45 días. Este método hace es que los líquidos con los almidones/azúcares que se encuentran en las paredes de la caña se fermentan internamente, logrando un preservado natural. B) Método de inmersión, que consiste en introducir los culmos en una piscina que contiene agua junto a la mezcla de dos productos químicos, como son el Bórax y el Ácido Bórico con una proporción del 7\*100, queriendo decir que, para 100 unidades de agua se mezcla 3,5 unidades del primero y 3,5 unidades del segundo.

Los valores experimentales determinados a partir de los ensayos [18] de tensión a las que fueron sometidas las muestras de GaK tuvieron un impacto significativo en los resultados de las pruebas

[19] y así identificar las resistencias que alcanzan los especímenes de cada cantón, cuyos resultados se muestran a continuación en las figuras 8, 9, 10 y 11; distinguiendo como premisa de esta investigación, las resistencias de muestras y/o culmos con y sin nudo.

En la *figura 8* se presentan los valores de resistencia promedio bajo fuerzas tensionantes paralelas a las fibras de las probetas de GaK de los cantones mencionados anteriormente con inclusión de nudos, tal como estipula la norma NTC-5525, y en relación a las secciones de la GaK propuestas para análisis (zona B, M y A).

De esta manera, según los registros analizados, el estudio de las GaK de los 12 cantones representan resistencias óptimas superiores a la resistencia admisible de 19 MPa prevista en la NEC-SE-GUADÚA en su apéndice 4.3 (*Método de diseño estructural- Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad*), observando resultados mayores en la zona B (Cepa) de las GaK en la mayoría de los cantones en análisis, lo que representa un cumplimiento en cuanto a los requisitos de calidad que debe poseer la guadúa para uso estructural.

Los materiales compuestos del bambú siempre muestran comportamientos mecánicos en compresión y tensión [20], en función a ello, se puede establecer una comparativa entre los 12 cantones, distinguiendo al cantón Paján como el cantón con mejores especímenes resistentes a tracción, superando al valor establecido en la NEC-SE-GUADÚA del esfuerzo último a tracción de 117 MPa, tanto en la zona B como en la zona M (Cepa y Basa), seguido por el cantón Junín con resultados regulares en sus especímenes de cada zona y el cantón 24 de Mayo, mismos que presentan valores representativos en los culmos de las tres zonas (B, M y A) estudiadas, con esfuerzos resistentes a tensión mayores a 85 MPa.

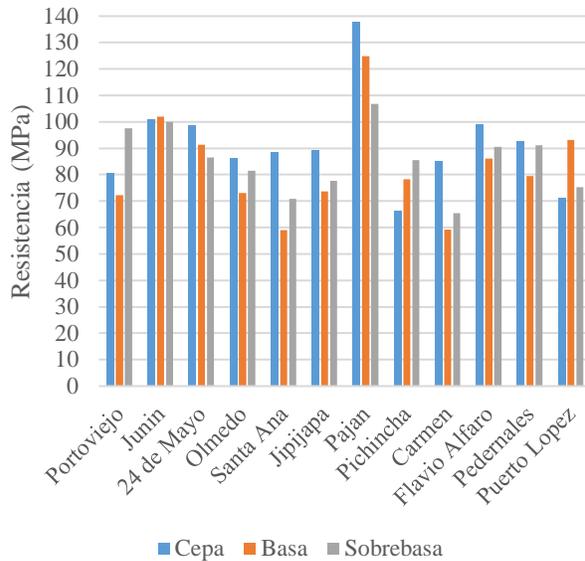


Fig. 8. Resistencias obtenidas por cantón de las GaK en probetas con nudo.

Fig. 8. Resistances obtained by canton of the GaK in specimens with a knot.

Por otro lado, para evitar confusiones y variaciones en el planteamiento estadístico [21], en un análisis con respecto a las probetas sin nudo en la *figura 9*, se puede observar un aumento de aproximadamente un 15 % de la resistencia en comparación de las probetas con nudo, resaltando al cantón Paján con una resistencia mayor a tensión, incluso superior a las probetas con nudo, sobrepasando los 125 MPa y cumpliendo a cabalidad con la NEC-SE-GUADÚA. Seguido de ellos, el cantón Junín y Pedernales con valores superiores a 75 MPa; por lo que se puede determinar que las resistencias bajo esfuerzos a tensión en las GaK analizadas de los 12 cantones en función a su longitud con nudos y entrenudos se desempeñan correctamente si se disponen para uso estructural.

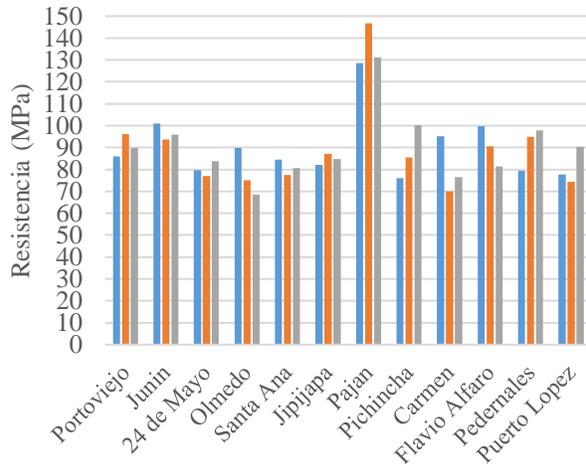


Fig. 9. Resistencias obtenidas por cantón de las GaK en probetas sin nudo.

Fig. 9. Resistances obtained by canton of the GaK in specimens without a knot.

El módulo de elasticidad ayuda a la determinación de la rigidez del material en función a una carga aplicada sobre el mismo, establecido a través de la relación entre el esfuerzo por el que está sometido y su deformación unitaria; mismo que se establece en las figuras 10 y 11.

De esta manera, se establece a los cantones Portoviejo y Paján como los que ostentan especímenes más rígidos en relación a los demás cantones, presentando módulos de elasticidad por encima de los 2 Gpa para sus muestras con nudos intermedios representados como una media de cada zona de la GaK.

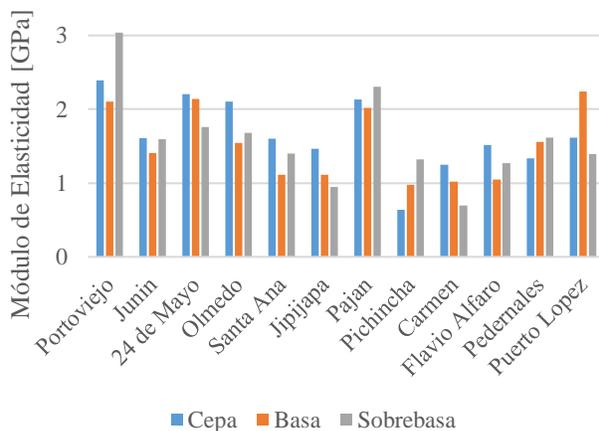


Fig.10. Módulo de elasticidad obtenidos por cantón de las GaK con nudo.

Fig.20. Modulus of elasticity obtained by canton of the GaK with knot

Condiciones similares se presentan en las muestras sin nudo, estableciendo, asimismo, a Portoviejo y Paján como los cantones con GaK de mayor rigidez al evaluar su módulo de elasticidad promedio en cada zona de estudio (Cepa, Basa y Sobrebasa) que supera los 2 Gpa.

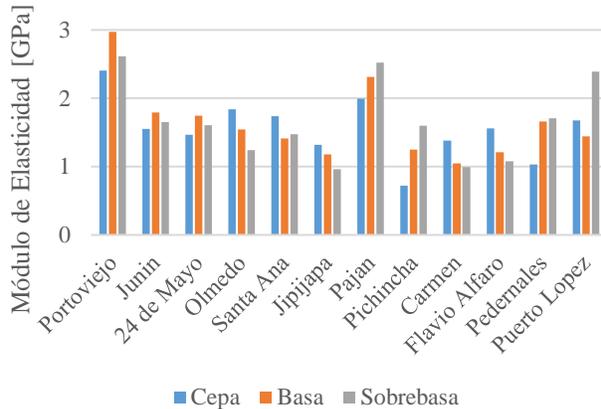


Fig.31. Módulo de elasticidad obtenidos por cantón de las GaK sin nudo.

Fig.41. Modulus of elasticity obtained by canton of the GaK without knot.

A manera de establecer comparativas entre las GaK de los 12 cantones analizados se presenta la *figura 12* en donde se resumen las medias ponderadas de resistencia a tensión paralela a las fibras evaluando la longitud neta de la GaK, lo que incluye sus tres zonas B, M y A (Cepa, Basa y Sobrebasa), así como su desplazamiento y deformación unitaria promedio de probetas ensayadas con nudo intermedio, tal como lo estipula la norma NTC-5525.

Basado en los resultados, el cantón Paján se constituye como el cantón con especímenes de mayor resistencia a la tensión superando los 100 MPa ( $N/mm^2$ ) bajo una deformación menor al 6%, seguido del cantón Junín con una resistencia de 96,82 MPa en un porcentaje de deformación similar de 6.59% en probetas con nudo.

Asimismo, se puede evidenciar al cantón El Carmen como uno de los que presentan resultados menores en relación a los demás cantones en su resistencia a tensión con 69.94 MPa, con una deformación del 7% en sus probetas con nudo intermedio.

Por otro lado, en un análisis comparativo con las probetas sin nudo intermedio analizadas a tensión de los 12 cantones en estudio, se puede evidenciar un aumento significativo en cuanto a su resistencia, quedando como el cantón con mejores especímenes a Paján, superando en más de 10 MPa en relación a la resistencia de sus probetas con nudo, obteniendo deformaciones bastante similares de alrededor de un 6%, lo que denota una buena trabajabilidad en cuanto al uso y

desempeño estructural. Seguido de este, se encuentra el cantón Junín, que aun con una leve disminución en su resistencia presenta especímenes de gran calidad en resistencia bajo esfuerzos de tensión en aproximadamente 97 MPa con una deformación de 5.85% observándose un menor desplazamiento.

### Con Nudo

Cantón	Tensión	Desplazamiento	Deformación	Mod.
	N/mm <sup>2</sup>	mm	%	Elást Gpa
Portoviejo	83.521	4.934	3.344	2.513
Junín	100.907	9.846	6.596	1.536
24 de Mayo	92.228	6.708	4.617	2.034
Olmedo	80.312	6.915	4.621	1.775
Santa Ana	72.774	7.681	5.292	1.371
Jipijapa	80.295	10.104	7.017	1.173
Paján	123.146	8.613	5.764	2.150
Pichincha	76.767	12.845	7.339	0.977
Carmen	69.947	11.280	7.339	0.988
Flavio Alfaro	91.973	11.375	7.390	1.279
Pedernales	87.817	8.670	5.922	1.502
Puerto López	79.909	7.140	4.840	1.749

Fig. 12. Resultados generales de resistencia, deflexión y módulo de elasticidad de las GaK por cantón con nudo.

Fig. 12. General results of strength, deflection and modulus of elasticity of GaK by canton.

**Sin Nudo**

<b>Cantón</b>	<b>Tensión</b>	<b>Desplazamiento</b>	<b>Deformación</b>	<b>Mod. Elást</b>
	N/mm <sup>2</sup>	mm	%	Gpa
Portoviejo	90.712	5.032	3.441	2.663
Junín	96.824	8.843	5.846	1.665
24 de Mayo	80.093	7.378	5.075	1.607
Olmedo	77.848	7.510	5.166	1.541
Santa Ana	80.837	7.676	5.291	1.541
Jipijapa	84.743	10.511	7.589	1.153
Paján	135.597	9.006	5.999	2.277
Pichincha	87.240	11.979	7.941	1.188
Carmen	80.499	10.909	7.177	1.139
Flavio Alfaro	90.522	11.091	7.141	1.281
Pedernales	90.753	9.805	6.490	1.465
Puerto López	80.727	6.666	4.528	1.838

Fig. 13. Resultados generales de resistencia, deflexión y módulo de elasticidad de las GaK por cantón sin nudo.

Fig. 13. General results of strength, deflection and modulus of elasticity of GaK by canton.

Es evidente que se necesita un fortalecimiento de la cadena productiva de la guadúa, con el objetivo de lograr el reconocimiento del sector como actividad económica en el marco de generación de empleos en el país. [22]

## Conclusiones

Las GaK estudiadas de los 12 cantones, en función a los resultados obtenidos y su caracterización mecánica bajo esfuerzos de tensión, responden a especímenes aptos para uso estructural en condiciones de apoyo que requieran significativa resistencia para fuerzas de tensión paralelas a las fibras longitudinales, pues sus cualidades de resistencia cumplen los parámetros admisibles de esfuerzo que detalla la NEC-SE-GUADÚA sobre los 15 Mpa.

Gracias al análisis comparativo planteado se puede establecer en la presente investigación que, el cantón con mejores especímenes de GaK resistentes a tensión en las zonas de Cepa, Basa y Sobrebasa es Paján, superando los 100 MPa característicos para resistencias en fibras con nudo, mismos que interfieren en la absorción del 40% de la fuerza aplicada a los especímenes que se sometieron a este ensayo.

Por otro lado, iguales o mayores valores se obtuvieron para probetas sin nudo, estableciendo, asimismo, a Paján como el cantón que evidencia mejores resistencias en un análisis a probetas de GaK sin interrupción de la continuidad de sus fibras (sin nudo) con resistencias superiores a 120 MPa en sus tres zonas de análisis.

De la misma manera, se puede evidenciar a las GaK del cantón El Carmen como los especímenes de menor resistencia en su análisis con nudos con valores cercanos a los 70 MPa que, sin embargo, atiende a resistencias superiores a las admisibles especificadas por norma; en la misma vía de análisis las GaK del cantón Olmedo representan las menores resistencias en las fibras estudiadas sin nudo intermedio, destacando un valor medio de 77 MPa en función a las tres zonas de análisis. En relación a la rigidez y/o ductilidad de las GaK de los 12 cantones se establece a Portoviejo y Paján como los cantones en donde se encontraron especímenes de guadua más rígidos con respecto a su comportamiento bajo tensión en estado fresco.

Es importante señalar que el uso de las GaK de los 12 cantones en el ámbito constructivo tendrá que determinarse en función a las sollicitaciones de carga de cada estructura a diseñar, por lo que se debe tener en cuenta los esfuerzos tensionantes admisibles que presentan los especímenes de cada cantón, mismos que presentan óptimas resistencias para tal efecto. Por ello, las GaK de estas zonas de Manabí se consideran selectas para diferentes aplicaciones estructurales y/o arquitectónicas, logrando un buen desempeño en relación a su resistencia, que se denota igualmente óptima en cada sección de las GaK (cepa, basa y sobrebasa).

## Agradecimientos

A cada uno de los propietarios de los guaduales de cada cantón, por darme la facilidad de llegar a sus propiedades quienes se unieron a este objetivo, brindando todas las facilidades requeridas para tomar las muestras de los culmos, y de esta manera, dar avance a este análisis investigativo.

Al Laboratorio de Suelos “*Bolívar Ortíz*” de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí – ULEAM, por prestar sus instalaciones y equipamientos, para poder realizar los ensayos a las muestras de los culmos escogidos para tal investigación.

## Referencias

- Idalia Zaragoza-Hernández, Víctor Rubén Ordoñez-Candelaria, Guadalupe Martha Bárcenas-Pazos, Amparo Máxima Borja-de la Rosa, Francisco José Zamudio-Sánchez. Propiedades Físico-Mecánicas de una *Guadúa Mexicana* (*Guadúa Aculeata*). *Maderas. Ciencia y tecnología* 1783):505 – 516, 2015. DOI: 10.4067/S0718-221X2015005000045
- Cristhian Cevallos López, Arq. Análisis de la resistencia a la *Guadúa angustifolia* Kunt sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Dominio de las Ciencias*. DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i13.3480>
- Luis Alfredo Cely Moreno, Wilmar Geovany Hernández Rojas, Oscar Javier Gutiérrez Junco. Caracterización de la *Guadúa angustifolia* Kunt cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NRS-10. *Revista Facultad de Ingeniería, UPTC*, Julio-Diciembre de 2012, Vol. 21, No 33, pp.53-71.
- Idalia Zaragoza-Hernández, Víctor Rubén Ordoñez-Candelaria, Guadalupe Martha Bárcenas-Pazos, Amparo Máxima Borja-de la Rosa, Francisco José Zamudio-Sánchez. Anatomía del culmo de bambú (*Guadúa Aculeata* Rupr) de la región nororiental del estado de Puebla, México. *Maderas y bosques*. Vol.20, núm. 3:87-96 - 2014.
- Eliane Ceccon, Pilar A. Gómez-Ruiz. Las funciones ecológicas de los bambúes en la recuperación de los servicios ambientales y en la restauración productiva de ecosistemas. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop.Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 67(4): 679-691, septiembre 2019.
- Pérez-García, Nelson; Rueda-González, Manuel; Rojo-Martínez, Gustavo Enrique; Martínez-Ruíz, Rosa; Ramírez-Valverde; Benito; Juárez-Sánchez, José Pedro. El bambú (*Bambusa* spp.) como sistema agroforestal: Una alternativa de desarrollo mediante el pago por servicios

- ambientales en la sierra nororiental del Estado de Puebla. Disponible en:  
<https://www.redalcy.org/articulo.oa?id=46111817008>
- Daniel Amariles Zapata. El agua y la guadúa como recursos fundamentales. Gráficas Disciplinarias de la UCP, Pereira-Colombia N° 25; 168-172, 2014.
- Arq. Mario Álvarez Ureña. Plantemos bambú-guadúa para cosechar casas. Disponible en:  
[http://www.arquitectura.com/arquitectura/monografias/tubos\\_de\\_papel/tubos2.asp](http://www.arquitectura.com/arquitectura/monografias/tubos_de_papel/tubos2.asp)  
Revista Envío, Edificio Nitlapán, 2do. Piso.  
Los Mil y un usos del Milenario Bambú.  
Universidad Cantroamericana, UCA. Disponible en:  
<https://www.envio.org.ni/articulo.php?id=2177>
- Li, H. T., Wu, G., Zhang, Q. S., Deeks, A. J., Su, J. W. (2008). Ultimate bending capacity evaluation bamboo lumber beams.  
Construction and Building Materials, 160(4), 365-375. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.058.
- Correal, J.F.; Arbeláez, J. 2010. Influence of age and height position on colombian Guadua angustifolia bamboo mechanical properties. Maderas. Ciencia y tecnología 12(2): 105-113.
- Mateo Gutiérrez-González, Caori Patricia Takeuchi-Tam. Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú Guadua Angustifolia Kunth. Scientia et Technica Año XIX, Vol. 19, No. 3, septiembre de 2014. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.
- González, H.A; Montoya, J.A.; Bedoya, J.R. 2006. Esfuerzo de tensión y la influencia de la humedad relativa del ambiente y la altura a lo largo del tramo en la especie de bambú Guadúa angustifolia Kunth. Scientia et Technica 12(32):445-450.
- Ciro, H.J.; Osorio, J.A.; Vélez, J.M. 2005. Determinación de la resistencia mecánica a tensión y cizalladura de la Guadúa angustifolia Kunth.  
Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 58(1):2709-2715. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472005000100010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472005000100010)
- Norma Técnica Colombiana NTC-5525. Métodos de ensayo para determinar para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunt.
- Poblete, H.; Cuevas, H.; Díaz-Vaz, J.E. 2009. Property Characterization of Chusquea culeou, a bamboo growing in Chile. Maderas: Ciencia y Tecnología 11(2):129-138.

- Akinbade, Y., Harries, K. A., Flower, C. V., Nettleship, I., Papadopoulos, C. et al. (2019). Through-culm Wall mechanical behaviour of bamboo. *Construction and Building Materials*, 216(1), 485-495. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.214>
- Liu, P. C., Zhou, Q. S., Jiang, N., Zhang, H., Tian, J. F. (2020). Fundamental research on tensile properties of phyllostachys bamboo. *Results in Materials*, 7, 100076. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2020.100076>.
- Liu, P. C., Zhou, Q. S., Jiang, N., Zhang, H., Tian, J. F. (2020). Fundamental research on tensile properties of phyllostachys bamboo. *Results in Materials*, 7, 100076. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2020.100076>.
- Qui, Z. Y., Fan, H. L. (2020). Nonlinear modeling of bamboo fiber reinforced composite materials. *Composite Structures*, 238(1), 111976. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.111976>.
- Gonzpalez, H. Á.; Montoya, J. A.; Bedoya, J.R. (2008). Comportamiento de muestras de Guadúa Angustifolia Kunt con diafragma y sin diafragma sometidas a esfuerzos de compresión. *Scientia et Technica XIV*:449-454.
- Céspedes Prieto Nubia Edith, Carda Castello Juan, Cervantes Estrada Luis Carlos, Gil Noreña Jonnathan Manuel. Análisis del Desarrollo Innovador para el Aprovechamiento de la (Guadua angustifolia Kunth) en la Sustitución de Cultivos Ilícitos. *Ciencia en Desarrollo*, Vol. 11 No. 2. Doi: <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n2.2020.11518>.