

REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE MÉTODOS DE ENSAYO PARA
ESTIMAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y LA TENSIÓN DE CULMOS
DE BAMBÚ.

RUTH BRICEÑO GONZALEZ
CLEMENCIA PRIETO AREVALO

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.

2017-I

REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE MÉTODOS DE ENSAYO PARA
ESTIMAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y LA TENSION DE CULMOS
DE BAMBÚ.

RUTH BRICEÑO GONZALEZ
CLEMENCIA PRIETO AREVALO

Ing. JANNETH GIL
Asesor Disciplinar

Mag. SHELLEY VELÁSQUEZ
Asesor Metodológico

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.

2017-I

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
3. OBJETIVOS.....	2
3.1. OBJETIVO GENERAL	2
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
4. JUSTIFICACIÓN.....	3
5. METODOLOGÍA.....	5
5.1. CRONOGRAMA.....	5
5.1.1. Revisión de especificaciones.....	5
5.1.2. Adquisición de información.....	6
5.1.3. Homologación de datos	6
5.1.4. Identificación de parámetros claves.....	6
5.1.5. Estructuración Base de datos.....	6
5.1.6. Implementación sistema de consulta.....	6
5.2. PRESUPUESTO	7
6. DESARROLLO	8
6.1. REVISIÓN CRÍTICA SOBRE PROCEDENCIA DE EVIDENCIA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TENSIÓN.....	8
6.2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y A LA TENSIÓN DE CULMOS DE BAMBÚ.....	8
6.2.1. CATEGORÍA 1: MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	11
6.2.2. CATEGORÍA 2: CONTENIDO DE HUMEDAD EN CEPA, BASA Y SOBREBASA.....	13
6.2.3. CATEGORÍA 3: COMPRESIÓN Y TENSIÓN CON NUDO Y SIN NUDO. 14	
6.2.3.1. COMPRESIÓN.....	14
6.2.3.2. TENSIÓN	14
6.2.4. CATEGORÍA 4: TENSIÓN Y COMPRESIÓN DE PROBETAS POR MEDIO DE ANALISIS MULTIFACTORIAL (ANOVA).	15
6.2.4.1. TENSIÓN	16
6.2.4.2. COMPRESIÓN.....	17

6.2.5. CATEGORÍA 5: RESULTADOS OBTENIDOS DE DIFERENTES TIPOS DE UNIONES.....	21
6.2.5.1. SMV UNIÓN TIPO SIMÓN VÉLEZ MODIFICADA U.N.....	21
6.2.5.2. UNIÓN TIPO SANDRA CLAVIJO SC.	22
6.2.5.3. UNIÓN TIPO DIEGO JARAMILLO Y GISELLA SANCLEMENTE (DG). 23	
6.2.6. CATEGORÍA 6: ELEMENTOS A COMPRESIÓN CON PERFORACIÓN PARA EL RELLENO DE MORTERO.....	23
6.2.6.1. Ensayo a compresión tipo 1: en probetas sin hueco y sin concreto. 24	
6.2.6.2. Ensayo a compresión tipo 2: probetas con hueco y sin concreto. 24	
6.2.6.3. Ensayo a compresión tipo 3: probetas con hueco y con concreto. 25	
6.2.6.4. Ensayo de compresión tipo 4: probetas con hueco, con concreto y con una alternativa de solución.	26
6.2.7. CATEGORÍA 7: DE ACUERDO AL SITIO Y SUS FACTORES CLIMATICOS.....	27
6.2.8. CATEGORÍA 8: TRES TIPOS DE FORMULACIÓN.....	27
6.2.9. CATEGORÍA 9: MEDIANTE EL ANALISIS EN PROGRAMAS.....	28
6.2.9.1. Programa estadístico SPSS-10.....	28
6.2.9.2. Software KS-400 Versión 3.0.	29
6.3. IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS EN LA CATEGORÍA.....	30
6.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD	31
6.3.2. COMPRESIÓN	33
6.3.3. Tensión.....	37
6.3.4. NORMA SISMO RESISTENTE NRS-10.....	43
6.3.4.1. ESFUERZOS ADMISIBLES.....	43
6.4. INTERFAZ GRÁFICA.....	44
7. CONCLUSIONES	45
7.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DIAGRAMA DE CAJA Y BIGOTES.....	46
8. REFERENCIAS	50
ANEXOS	1

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma Propuesto.....	6
Tabla 2. Características y usos principales del segmento longitudinal los culmos	10
Tabla 3. Métodos de ensayo del Contenido de Humedad.....	33
Tabla 4. Métodos de ensayo de compresión paralela a las fibras de la Guadua. .	37
Tabla 5. Métodos de ensayo de tensión paralela a las fibras de la Guadua.	41
Tabla 6. Factores de reducción.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la guadua.	11
Figura 2. Esquema de la probeta de ensayo a tensión con nudo.....	14
Figura 3. Esquema de la probeta de ensayo a tensión sin nudo.....	15
Figura 4. Latas de guadua, entera y ahusada.	17
Figura 5. B3i. Curvas de nivel generadas por franjas de Moiré, con nudo en las extremidades.....	19
Figura 6. B2i. Curvas de nivel generadas por franjas de Moiré, con nudo en la región central.....	19
Figura 7. B1i. Curvas de nivel generadas por franjas de Moiré, sin nudo.	20
Figura 8. SMV.	21
Figura 9. SC.	22
Figura 10. DG.....	23
Figura 11. Ensayo a compresión tipo 1.	24
Figura 12. Ensayo a compresión tipo 2.	25
Figura 13. Ensayo a compresión tipo 3.	25
Figura 14. Retiro y limpieza del mortero.....	26
Figura 15. Aplicación de la masilla epóxica.....	26
Figura 16. Fabricación de listones de fibra de guadua compactada.	27
Figura 17. Variación del volumen de las fibras a lo largo de la longitud del culmo	30
Figura 18. Máquina de compresión.	37
Figura 19. Capa intermedia.	37
Figura 20. Probeta para ensayos de tensión.....	41
Figura 21. Pieza de prueba en forma de cuña para pruebas de tensión.....	42
Figura 22. Pieza de prueba de tracción con extremos de madera. Todas las dimensiones están en mm.....	42
Figura 23. Pieza de prueba para ensayos de tensión. Dimensiones en mm.....	42

1. INTRODUCCIÓN

La caña guadua (*Guadua Angustifolia*) es una especie, de la familia del bambú, que es cultivada en regiones tropicales y subtropicales de nuestro país Colombia. Este recurso forestal no ha sido valorado como tal, por falta de una cultura de manejo orientada a la industrialización, sin aprovecharlo en su totalidad, ha sido usada ancestralmente por diversas comunidades de todo el país, siendo la recuperación y revalorización de un material propio de la arquitectura tradicional y con una huella ecológica muy baja en su uso. Siendo un material que contiene propiedades fisicomecánicas comparables a las del acero, con especial resistencia a esfuerzos de flexión y tensión, aspecto relevante en zonas sísmicas como Colombia. Asimismo, un producto que no es nuevo pero que ha ido ingresando al mercado poco a poco y se quedó por sus múltiples características de sismo resistencia en las construcciones de las viviendas, como también en los puentes, y su alto grado de calidad en el ámbito de la construcción con 200 años de garantía.

En la actualidad en nuestro país, la industrialización de la guadua ha sido muy limitada, debido a diferentes factores, primordialmente la carencia de cultivos controlados, es decir cultivos en los cuales se conoce su edad, especie, su forma de corte, etc. Además, la poca cultura que tenemos en el país sobre ella, hace que no existan empresas que la industrialicen de manera adecuada. Con el paso del tiempo se han venido trabajando en el desarrollo de ensayos que permitan una mejor comprensión del material, teniendo como base la normatividad vigente aportada por la Norma Técnica Colombiana NTC 5525 sobre información general de equipos, especificaciones de referencia y protocolos particulares, de igual manera en la NSR-10 se encuentran las especificaciones relevantes en cuanto a factores de corrección y los cálculos necesarios para dichos ensayos.

Por consiguiente éste proyecto está orientado a aportar al conocimiento ingenieril con una base de datos del estado del arte de los ensayos a compresión y tensión, consolidando la información ofreciendo un sitio para poder investigar, obteniendo conocimiento de lo que hasta el día de hoy se ha realizado en cuanto a los ensayos y que campos están inconclusos o nulos para nuevas investigaciones.

Para la implementación se desarrollaron seis etapas. Primera: revisión de las especificaciones, que comprende la consulta de las especificaciones y normas para caracterizar el material; segunda: adquisición de la información, comprende la recolección de resultados de ensayos a partir de una revisión detallada de trabajos de grado y artículos; tercera: homologación de datos, corresponde a la verificación y estandarización de criterios de ensayos por diversas fuentes para hacerlos comparables; cuarta: identificación de parámetros claves, identificación de parámetros comunes entre los documentos para categorizarlos; quinta:

estructuración base de datos, considerando las variables representativas de manera sistemática para el registro de estos ensayos y sexta: implementación sistema de consulta, desarrollar un programa para facilitar la búsqueda de la información.

Luego del trabajo realizado se terminó la propuesta, el resultado de ello consistió en crear una interfaz gráfica que permite un fácil acceso, el cual brinda los resultados obtenidos a partir de las categorías anteriormente mencionadas permitiendo así la recolección de la información en un solo sitio y que sea de mayor alcance al lector.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Si bien el Bambú Guadua Angustifolia Kunth es un material de construcción reconocido en las especificaciones nacionales de construcción sismo resistente, se observa que existe gran variabilidad en los valores de diseño recomendados.

Similarmente se proponen valores conservativos de diseño para carga axial (tensión y compresión) de 15MPa, 18Mpa y 14MPa en sentido paralelo a las fibras. Estos límites son bastante inferiores a resultados de caracterización desarrollados en institutos de investigación nacionales. Esta situación es reconocida explícitamente por la especificación NSR-10, al permitir adoptar como valores de diseño resultados de campañas de ensayos que involucren al menos el desarrollo de 20 pruebas.

Sin embargo, efectuar este nivel de investigación experimental no es práctico en condiciones de uso extensivo, dado su alto costo. En atención a ello se propone explorar maneras para consolidación los resultados de investigaciones desarrolladas en el país en torno a la resistencia a la compresión y tensión, acorde con las variables contempladas para ensayos en sentido paralelo a las fibras y en diferente localización del culmo del bambú, independientemente si existieran condiciones de contacto con epóxicos o amplitud para ser ensayados en forma de uniones o cortes estandarizados según el criterio de ensayo. Teniendo en cuenta también que se tengan dispersiones notorias dependiendo el tipo de ensayo, aumentando o disminuyendo las resistencias para tener claridad en qué tipo de ensayo el material responde mejor y hay mayor aprovechamiento.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Compilar una base de datos que consolide el estado del arte de la caracterización de resistencia a compresión y tensión de culmos de Bambú *Angustifolia* Kunth en Colombia, permitiendo acceso libre e intuitivo mediante una interfaz gráfica.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Hacer una recopilación de la información con respecto a los procedimientos relacionados con la evaluación de resistencia a la compresión y la tensión de culmos de bambú en la República de Colombia.
- Organizar información recolectada sobre los resultados de ensayos de la resistencia a la compresión y a la tensión de culmos de Bambú, principalmente en instituciones de educación superior en la ciudad de Bogotá.
- Identificar parámetros relevantes en la caracterización de la resistencia a la tensión y compresión de culmos de Bambú en Colombia, para proponer criterios de homologación y estandarización basados en la revisión de información efectuada y las especificaciones vigentes.
- Construir una interfaz gráfica que permita el fácil acceso a una base de datos que contenga información relevante sobre el estado del arte de la caracterización de la resistencia a la compresión y tensión de culmos de Bambú en Colombia.

4. JUSTIFICACIÓN

El BAMBÚ es una especie arbórea de cañas; alto, leñoso y resistente, con hojas alargadas de color verde claro; usualmente suele alcanzar unos 20 metros de altura. Esta especie crece en todos los continentes, excepto Europa, aunque es particularmente observable en Asia y América Latina. En Colombia se reconoce la presencia de dos especies: *Angustifolia* y *Latifolia*, siendo la primera la más empleada en construcción, dadas sus notables propiedades mecánicas, específicamente: alta resistencia a la compresión en sentido paralelo al tallo, buena resistencia al corte paralela al tallo, y gran flexibilidad.¹

Se ubica en las orillas de los ríos y en los bosques húmedos de las laderas de montaña, especialmente su desarrollo se da en condiciones óptimas desde los 900 hasta los 1600 m.s.n.m de manera que es endémico, se encuentra específicamente en los departamentos de Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima, Valle del Cauca, Cundinamarca y Santander. Requiere de suelos sueltos, fértiles, con mediana profundidad, húmedos pero no inundables. Los suelos derivados de cenizas volcánicas y aluviales son los preferidos por la especie, especialmente suelos areno-limosos y arcillo-limosos de color amarillo o amarillo - rojizos.²

Actualmente, el desarrollo de iniciativas para uso extendido de la madera como material de construcción es de interés a nivel mundial, dado su potencial de almacenamiento de dióxido de carbono CO₂ en celulosa, lo cual implica un bajo nivel de emisiones de este gas de invernadero durante su ciclo de vida. Otros materiales de uso común en Ingeniería civil, en cambio, se caracterizan por tener altos contenidos de emisión de CO₂ durante su elaboración.

Análisis de ciclo de vida de casas en Estados Unidos, considerando una vida media de 100 años, establecen que el uso de concreto en el sistema estructural puede incrementar por un factor de 2 las emisiones de emisiones de CO₂ equivalente (Una metodología para comparar efectos de diversos gases de invernadero) y aumentar el consumo energético en 15%. Si bien, el impacto ambiental del acero puede ser más moderado, se observa que su empleo implica emisiones de CO₂ equivalente 20% mayores, y un consumo energético 17% más alto³.

Consecuentemente, iniciativas que tengan como objeto el desarrollo de la guadua como material de construcción son pertinentes actualmente, atendiendo una necesidad crítica observada donde la disminución de gases que contribuyen al

¹ GUSTAVO TENECHE. *Guadua y bambú Colombia (GBC), guadua Angustifolia Kunth. [En línea]. Disponible en: <http://guaduaybambu.es.tl/Guadua-Angustifolia.htm>*

² Ibid.

³ Upton B., Miner R., Spinney M., Heath L. (2008) *The Greenhouse gas and energy impacts of using Wood instead of alternatives in residential construction in the United States. Biomass and Bioenergy; 32 1:10.*

calentamiento global inducido por el hombre, al lograr un aprovechamiento más eficiente desde el punto de vista ambiental de un recurso forestal abundante, eficientemente ubicado en la vecindad de la mayor parte de la población Colombiana.⁴

Si bien es un material con muchas ventajas a la hora de construir, también cabe resaltar que no es conocido en el medio, por su baja utilización en las grandes construcciones, un ejemplo de esto es que en Bogotá Ciudad Capital de Colombia existe un solo puente peatonal en guadua ubicado en la carrera 119 con la troncal de la calle 80 y si vemos las cifras de puentes peatonales en concreto y metálicos tenemos que para marzo de 2015 habían 409 puentes peatonales correspondiendo (48,4%) de los puentes en la ciudad⁵.

Por este motivo se hace necesario construir una interfaz gráfica que permita recopilar los resultados de ensayos trabajados durante algún tiempo (entre los años 2003-2016) para tener en un lugar la información concisa y poder trabajar en nuevos proyectos que permitan ampliar conocimiento en el campo.

⁴ *Ibíd.*

⁵ Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). *Inventario de Puentes. Actualización marzo 2015* [En línea]. <https://www.idu.gov.co/documents/20181/2121303/boletin_puentes_2015_.pdf/692bc237-2a8a-48e5-ad58-f5651a5e9c19> [citado el 3 de junio de 2017]

5. METODOLOGÍA

Se propone hacer una revisión exhaustiva del estado del arte, considerando resultados obtenidos en iniciativas adelantadas en las siguientes entidades educativas: Universidad La Gran Colombia, (sedes Bogotá y Armenia), Pontificia Universidad Javeriana (sede Bogotá), Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá), Universidad Santo Tomás (sede Bogotá), Universidad de los Andes y Universidad Surcolombiana. En una primera etapa se efectuará una búsqueda amplia en los registros de documentos electrónicos en cada biblioteca; considerando palabras clave como: bambú, guadua, caracterización mecánica, resistencia a la compresión, resistencia a la tensión y estructuras en guadua. Luego se procederá a la consulta detallada de recursos haciendo énfasis en títulos, resúmenes y conclusiones.

A la luz de las especificaciones vigentes aportadas por la norma técnica colombiana NTC 5525 sobre información general de equipos, especificaciones de referencia y protocolos particulares; haciendo énfasis en las no-conformidades. Se detallarán los procedimientos y protocolos de ensayo considerados en cada uno de los trabajos consultados.

Después de hacer este análisis general se procederá a estructurar una base de datos relacional en Excel © con Visual Basic. Una vez se han identificado parámetros comunes, se harán propuestas particulares para homologar resultados y efectuar correcciones de ajuste que permitan comparaciones directas entre diversas campañas de ensayos. Los resultados ya ajustados se consignarán en otra base de datos, manteniendo de esta forma la integridad de la información recolectada, por lo tanto, todas las modificaciones propuestas serán reversibles.

5.1. CRONOGRAMA

Se considera un horizonte de tiempo de un año para el desarrollo de esta iniciativa, a partir de una dedicación efectiva de 20 horas a la semana por parte de cada uno de los participantes de esta iniciativa. Específicamente se proponen las siguientes etapas:

- 5.1.1. Revisión de especificaciones: Es una consulta de gran espectro de diversas especificaciones y normas nacionales e internacionales que establecen el marco normativo para caracterizar la capacidad estructural de culmos de Bambú.

- 5.1.2. Adquisición de información: Comprende la recolección de resultados de ensayos efectuados con el objeto de caracterizar la resistencia a la compresión y tensión de culmos de Bambú en Colombia, principalmente. Ello implica la revisión detallada de trabajos de grado y reportes de investigación relacionados con este tema.
- 5.1.3. Homologación de datos: Corresponde a la verificación y estandarización de criterios de ensayos efectuados, por diversas fuentes, para hacerlos comparables.
- 5.1.4. Identificación de parámetros claves: Implica la identificación de parámetros comunes entre los diferentes documentos hallados para proponer relaciones preliminares entre parámetros, con objeto de establecer métricas relevantes para la caracterización de la resistencia a la compresión y tensión de culmos de Bambú.
- 5.1.5. Estructuración Base de datos: Considerando las variables representativas, se propone una manera sistemática para el almacenamiento de registros de ensayos individuales.
- 5.1.6. Implementación sistema de consulta: Hacer una base de datos para facilitar la búsqueda de información en la biblioteca de la universidad la gran Colombia.

El desarrollo de estas actividades está condicionado por el siguiente cronograma:

Actividad	2016					2017			
	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Marz	Abr
Revisión de las especificaciones									
Adquisición de la información									
Homologación de datos									
Identificación de parámetros clave									
Estructuración base de datos									
Implementación sistema consulta									

Tabla 1. Cronograma Propuesto.

Estas actividades permitirán desarrollar los siguientes documentos de divulgación de conocimiento: un reporte técnico; un manual operativo, el cual detalla el uso de la plataforma de socialización de datos y un artículo de divulgación especializada, estos documentos se entregarán en el último mes de la iniciativa.

5.2. PRESUPUESTO

El desarrollo de esta iniciativa requiere de 300 COP mensuales, los cuales solventarán gastos de movilización locales en la ciudad de Bogotá, costos varios asociados a la recopilación de información (fotocopias, por ejemplo) y gastos accesorios (manutención). Este costo será asumido por los proponentes de esta iniciativa.

Adicional, la universidad ofrecerá un puesto de trabajo incluyendo una Workstation, con acceso de alta velocidad a internet, recursos bibliográficos y software básico de procesamiento de datos, particularmente Excel©.

6. DESARROLLO

6.1. REVISIÓN CRÍTICA SOBRE PROCEDENCIA DE EVIDENCIA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TENSIÓN.

Para la resistencia a compresión y tensión de culmos de bambú, se tomaron las tesis encontradas en la Universidad Nacional, Universidad la Gran Colombia, Universidad Surcolombiana, Universidad de la Salle, Universidad de los Andes, II Simposio internacional de GUADUA Y BAMBÚ y artículos relacionados con la misma, de acuerdo a los procedimientos se revisaron una a una. Este proceso consistió en la consulta, lectura y extracción de información clave sobre los estados del arte de resistencia a compresión y tensión de culmos de Bambú, consolidando la referencia de la cual procede la información, por medio de estas pruebas realizadas en cada uno de los documentos se determinó las características de los materiales, como parte de las técnicas de reconocimiento.

De las tesis seleccionadas se extrajeron los datos de ensayos resultantes y los datos con los cuales fueron confrontados para su veracidad, de igual manera en los artículos se trabajó dependiendo el Factor de Impacto, el cual da una medida de la importancia de la publicación asignando un criterio de confiabilidad.

Finalmente se relacionaron en una base de datos en Excel, primero los criterios para tesis de: año, autor, título, resultados (tensión y compresión en MPa), métodos de ensayo y referencias; segundo los criterios para artículos de: año, autor, título, resultados (tensión y compresión en MPa), métodos de ensayo, referencias, nivel de importancia y cuartil (Q).

Como resultados de esta consolidación se presenta el anexo 1 para el reconocimiento de las tesis y el anexo 2 para el reconocimiento de artículos.

6.2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y A LA TENSIÓN DE CULMOS DE BAMBÚ

La información relacionada con éstos resultados se organiza en categorías de análisis de acuerdo con la intencionalidad de la monografía documental. Las categorías presentadas son:

- Categoría 1: Mediante el análisis estadístico.
- Categoría 2: Contenido de humedad en Cepa, Basa y Sobrebasa.
- Categoría 3: Compresión y tensión con nudo y sin nudo.
- Categoría 4: Tensión y compresión de probetas por medio del análisis multifactorial (ANOVA).
- Categoría 5: Resultados obtenidos de diferentes tipos de uniones.
- Categoría 6: Elementos a compresión con perforación para el relleno de mortero.
- Categoría 7: De acuerdo al sitio y sus factores climáticos.
- Categoría 8: Tres tipos de formulación.
- Categoría 9: Mediante el análisis en programas.

Antes de realizar la descripción de cada categoría implementada, es necesario contextualizarse con la guadua como un material estructural de importancia en la ingeniería civil por sus propiedades físico-mecánicas de resistencia a compresión y tensión; así como la resistencia al ataque de muchos insectos y hongos.

La guadua *Angustifolia* es una gramínea gigante de América. Taxonómicamente pertenece a la familia Poaceae, a la subfamilia Bambusoideae y al género *Guadua*, curiosamente esta planta no es un árbol y es preferible catalogarla como un pasto gigante. Esta especie se distingue de los demás bambúes por los culmos largos y espinosos, por las bandas de pelos blancos en la región del nudo y por las hojas caulinares de forma triangular. Es un bambú endémico de América y fue descrito por primera vez por Kunth en 1822.

Esta especie ha sido seleccionada como uno de los 20 mejores bambúes del mundo debido a sus excelentes propiedades físico-químicas y es considerada como la más importante especie nativa de Colombia. Desde 1966 autores como Maclure han ratificado a la guadua *Angustifolia* como el bambú nativo más sobresaliente del hemisferio occidental.

El género *Guadua* se puede encontrar desde México a los 23° latitud Norte, hasta Argentina a los 35° latitud sur, y en alturas sobre el nivel del mar comprendidas entre los 0 m.s.n.m. a los 2800 m.s.n.m. En Colombia esta especie se encuentra principalmente en la cordillera central, exactamente en las zonas de ladera y en las riberas de los ríos y quebradas (Figura 5). El rango óptimo de temperatura varía entre los 20°C y los 26°C. Los suelos que más favorecen su desarrollo son los suelos fértiles, aluviales, derivados de cenizas volcánicas, ricos en materias orgánicas e irrigadas por fuentes naturales de agua⁶.

⁶ OSORIO, Lina, *TRUJILLO DE LOS RIOS, Efraín. Caracterización Físico Química de la fibra de Guadua Angustifolia Kunth. Universidad Nacional de Colombia. Colombia: Manizales, 2004.*

Tabla 2. Características y usos principales del segmento longitudinal los culmos⁷

Parte	Descripción	Utilización
Cepa	Es la sección basal del culmo con mayor diámetro, la distancia de sus entre nudos es corta, proporcionando una mayor resistencia. Su longitud es aproximadamente de 3,0 metros.	Se utiliza para columnas en construcción, cercos y entibados; para estabilidad de taludes tiene gran uso. Presenta buen comportamiento frente a esfuerzos a flexión gracias a la corta distancia entre nudos.
Basa	Parte de la guadua que posee mayores usos, debido a que su diámetro es intermedio y la distancia entre nudos superior a la de las cepas. Tiene una longitud aproximada de 8,0 metros.	Si el tallo es de buen diámetro se utiliza también para columnas, además de esta sección se elabora la esterilla, la cual tiene múltiples usos en construcción de casetones, paredes, postes y para formaletear.
Sobrebasa	El diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor comparada con la basa. Es un tramo con buen comercio, debido a que su diámetro permite buenos usos. La longitud es de aproximadamente 4,0 metros.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción (punta). También se emplea como viguetas para formaletear vaciados de losas, vigas y columnas.
Varillón	Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3,0 metros.	Generalmente se utiliza en la construcción como apuntalamientos y como soporte (correa) para disponer tejas de barro o paja.
Copa	Es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1,20 a 2,0 metros.	Se pica en el suelo del guadual como aporte de materia orgánica.
Nudo	Puntos de unión de los entrenudos y los entrenudos son una porción del tallo comprendida entre dos nudos.	No Aplica

⁷ Prada & Zambrano, 2003.

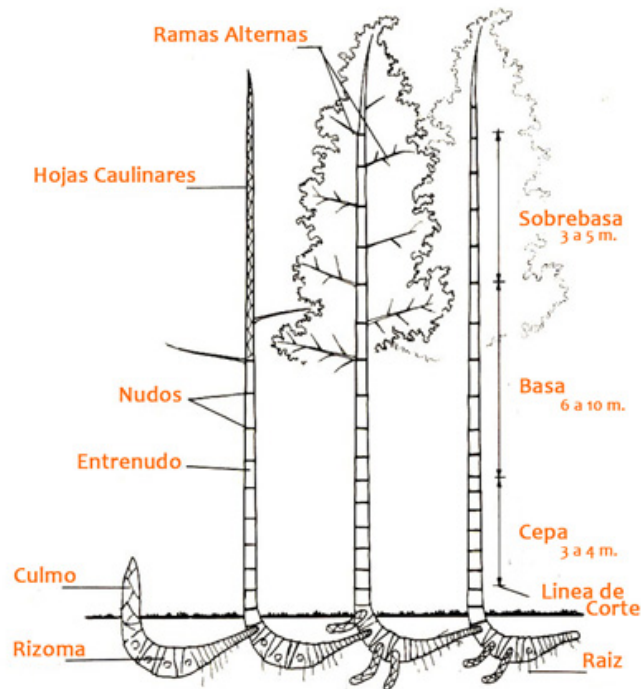


Figura 1. Partes de la guadua⁸.

6.2.1. CATEGORÍA 1: MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se determinaron resultados mediante un análisis estadístico el cual calcula los siguientes parámetros mediante el coeficiente de asimetría de Pearson:

$$\text{Media} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{Mediana} = \text{med} = x_{\left(\frac{N+1}{2}\right)} = \text{cuando } N \text{ (par)}$$

$$\text{med} = \frac{x_{\left(\frac{N}{2}\right)} + x_{\left(\frac{N+1}{2}\right)}}{2} = \text{cuando } N \text{ (impar)}$$

$$\text{Moda} = (\text{valor mas frecuente})(Mo)$$

⁸ OROZCO, LORENA. "Guadua Angustifolia Kunth un regalo de la naturaleza / el hierro verde", [25 de Noviembre de 2011]. Disponible en la web: <http://web.catie.ac.cr/guadua/default.asp>

$$\text{Varianza} = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$\text{Desviación estándar} = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$\text{Coeficiente de variación} = CV = \frac{S}{\bar{x}}$$

Rango: diferencia entre el valor mayor y el menor

$$\text{Coeficiente asimetría Pearson} = As = \frac{\bar{x} - Mo}{S}$$

De acuerdo al coeficiente de asimetría de Pearson, tenemos:

- Si su valor el cero(0) la distribución es simétrica
- Si su valor el positivo(+) existe asimetría a la derecha
- Si su valor en negativo(-) existe asimetría a la izquierda

Luego se obtuvo el esfuerzo característico y el esfuerzo admisible

$$\sigma_k = \sigma_{0,05} \left(1 - \frac{\frac{2,75}{m}}{\sqrt{n}} \right)$$

Donde:

σ_k : Esfuerzo característico

$\sigma_{0,05}$: Percentil 5 (MPa)

M: Esfuerzo media (MPa)

S: Desviación estándar (MPa)

N: Numero de ensayos (mínimo 10)

$$\sigma_{adm} = \sigma_k * \frac{G * D}{S}$$

G: Modificación de la diferencia de la calidad (Laboratorio-Practica (0,5))

D: Modificación duración carga

1 capacidad permanente

1,25 carga permanente + temporal

1,5 anterior + carga viento

S: Factor seguridad (2,25)

Estos datos fueron obtenidos a partir de la realización de ensayos mediante la norma NTC 5525 en los datos de tesis⁹ y de acuerdo a la norma ASTM 143-94 e ISO TC 165 DEL INBAR (1999) para los artículos¹⁰.

6.2.2. CATEGORÍA 2: CONTENIDO DE HUMEDAD EN CEPA, BASA Y SOBREBASA.

Se halló el contenido de humedad (CH) mediante:

$$CH\% = \frac{\text{peso humedo} - \text{peso anhidro}}{\text{peso anhidro}} * 100$$

Peso anhidro se obtiene a (103°C +/- 2°C)

También se puede hallar con el CHE (contenido de humedad en equilibrio), el cual se obtiene cuando pierde agua expuesto al aire. Pero de todas formas no se obtiene una probeta totalmente seca, según Hidalgo la saturación en las fibras varía entre un 13% y 20%.

La resistencia máxima a tensión se obtuvo:

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

Donde:

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

Si se hacen probetas con nudo la fuerza última es igual a:

$$\text{Si } CH < 20\% \rightarrow F_{TCH} = \left(1 - \left(\frac{CH - 12}{101}\right) \ln \frac{F_{t12}}{902}\right)$$

⁹ ROJAS ALVARADO, Javier Mauricio: análisis de las propiedades mecánicas de la guadua angustifolia mediante técnicas estadísticas y redes neuronales. Bogotá. Trabajo (Magister en ingeniería). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Análisis Diseño y Materiales - GIES.

¹⁰ CIRO VÉLASQUEZ, Héctor José; OSORIO SARAZ, Jairo Alexander y VELEZ RESTREPO, Juan Manuel. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin (online). 2005. Vol.58, n.1, pp.2709-2715. ISSN 0304-2847.

$$\text{Si } CH > 20\% \rightarrow F_{TCH} = \left(1 - \left(\frac{CH - 20}{9,5}\right) \text{Ln} \frac{F_{t20}}{150}\right)$$

Estos datos fueron obtenidos a partir de la realización de ensayos mediante la norma NTC 5525¹¹.

6.2.3. CATEGORÍA 3: COMPRESIÓN Y Tensión CON NUDO Y SIN NUDO.

6.2.3.1. COMPRESIÓN

El ensayo a compresión fue realizado mediante las siguientes condiciones en las probetas de ensayo:

Sentido aplicación fuerza: Paralelo

Bloque de aplicación: Φ : 140 mm, V: 0,01 mm/s

Probeta de guadua: Φ : 110 mm

Bloque de apoyo: Φ : 140 mm

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

6.2.3.2. Tensión

$$\sigma_{ult} = \frac{P_{ult}}{A} = \frac{P_{ult}}{b * t}$$

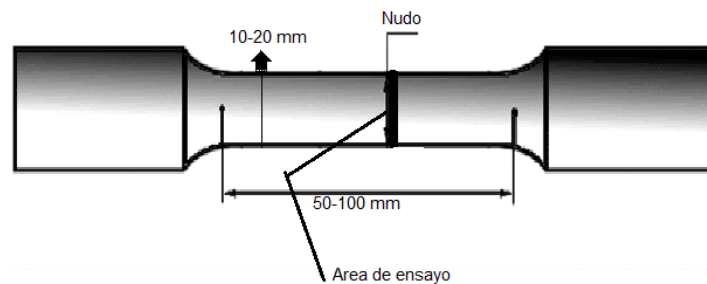


Figura 2. Esquema de la probeta de ensayo a tensión con nudo.

¹¹ GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, Mateo: factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a la tensión paralela a la fibra de la guadua *Angustifolia Kunth*. Bogotá, 2011. Trabajo de Maestría (Magister en Ingeniería - Estructuras). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Unidad de Estructuras.

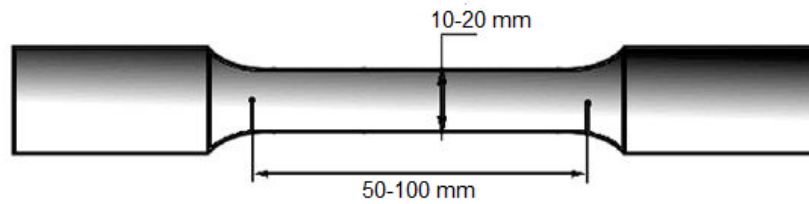


Figura 3. Esquema de la probeta de ensayo a tensión sin nudo.

Algunas de estas probetas fueron ensayadas con nudo, ensayo que consiste en hacer probetas donde las fibras del nudo queden en el centro de la probeta, de igual manera para resultados de probetas sin nudo se hacen probetas del entre nudo la cual posteriormente es ensayada bajo los parámetros de la norma técnica colombiana NTC 5525.

6.2.4. CATEGORÍA 4: Tensión Y COMPRESIÓN DE PROBETAS POR MEDIO DE ANALISIS MULTIFACTORIAL (ANOVA).

Un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

En los ensayos hechos la variable dependiente para el diseño ANOVA multifactorial es el esfuerzo a la tensión paralela a la fibra y los factores que pueden afectarla son: la procedencia de la guadua y sección del culmo.

Luego de esto es necesario hacer una caracterización:

- Caracterización física de los culmos: se tuvieron en cuenta los diámetros y espesores de cada una de las secciones de la guadua (cepa, basa y sobrebasa).
- Características físicas de la probeta: se obtuvieron medidas geométricas, junto con las áreas de la sección transversal.

$$\text{Area} = b_{\text{prom}} * e_{\text{prom}}$$

Donde:

bprom: Es el valor promedio del diámetro.

eprom: Es el valor promedio del espesor.

Seguido se obtiene el esfuerzo último a tensión:

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

A partir de los anteriores cálculos fueron obtenidos los esfuerzos admisibles por medio de (Titulo G.12.7.2) y valores características a partir del (Titulo: G.12.7.4), y el percentil 5 mediante (G.A.1) tomados de la norma NSR-10¹².

Estas propiedades físicas y mecánicas del bambú, fueron tomadas de la parte inferior y superior del culmo, estas secciones no obtenían nudo y su longitud fue igual al diámetro externo. La superficie de la probeta tenía un ángulo recto con la longitud de esta y con una desviación mínima de 0,2mm.

EQUIPOS: Se usó una maquina universal de ensayos servo hidráulica de la serie UMIB-600 fabricada por Ibertest¹³.

Algunos de estos resultados fueron obtenidos a partir de la ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA 1998. Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS y la INBAR STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO, homologa los ensayos de bamboo a partir de 1999.

6.2.4.1. TENSIÓN

Se realizó el ensayo con latas de guadua ahusadas, para facilitar el agarre de las probetas según la recomendación del INBAR, al usar estas probetas se proporciona una buena zona de agarre y además se induce a que la falla ocurra hacia el centro de la probeta, donde las tensiones son más uniformes y fáciles de calcular. Los resultados de los ensayos de tracción se muestran en un gráfico donde se observa que la tendencia es normal, los gráficos se agrupan alrededor

¹² ALARCÓN GUTIÉRREZ, John Édison; OLARTE FLÓRES, Jairo Francisco: *esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la guadua angustifolia del municipio de Pitalito - Huila*. Neiva, 2013. Trabajo de grado (Ingeniero Agrícola). Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola.

¹³ SALAZAR, Álvaro; QUINTERO, Carlos y FONTHAL, Gerardo. *Revisión de la norma ISO-N314-22157 para estandarizar los ensayos de compresión paralela en la guadua Angustifolia Kunth*. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Vol. 39, No. 2, 56-63, 2016.

de la media y con una desviación estándar, y con base en el grafico se determinará un valor de diseño para tracción.



Figura 4. Latas de guadua, entera y ahusada.

Ordenando los resultados de los ensayos en forma creciente, el valor que define el límite de exclusión del 5% es el ensayo número $0.05 \cdot n$, siendo n por lo general un número pequeño de muestras. En este caso 30

$$\text{Límite de exclusión} = 0.05 \cdot 30 = 1.5 \approx 1$$

El esfuerzo último corresponde al valor más bajo registrado en los ensayos.

$$u = 35.25 \text{ MPa}$$

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad; en el caso de la tracción se utilizan dos:

$FS = 1.2$ (Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad)

$$\varphi = \frac{1}{FS \cdot FDC}$$

$$\sigma_{adm} = \varphi \cdot \sigma_u$$

Este valor de esfuerzo admisible a tracción paralela, es aplicable solo a latas de guadua, para el caso en el que se tengan elementos de guadua rolliza sometidos a tracción el análisis se debe concentrar en la unión.

6.2.4.2. COMPRESIÓN

La norma internacional para ensayos de bambú INBAR STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO, específica para el ensayo de compresión una altura de la probeta entre

1 y 2 veces el diámetro, precisamente para que el ensayo resulte evaluando las propiedades del material, sin que sea afectado por efectos secundarios como el pandeo.

La distribución de las resistencias máximas a compresión, el comportamiento de las columnas está condicionado por la longitud de las mismas, por lo que, para hacer esta distribución se trató de dejar a un lado el problema del pandeo., las columnas largas e intermedias fueron convertidas en cortas y sus y sus resistencias máximas a compresión convertidas en resistencias máximas para columnas equivalentes de longitud 0.12m, mediante un procedimiento aproximado.

Se obtiene el valor del esfuerzo último para 5%, percentil correspondiente a una resistencia de 28 MPa. Se optó por utilizar este criterio por tratarse de una población considerable.

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad; en el caso de la compresión se utilizan dos¹⁴:

FS=1.6 (Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad)

FDC=1.25 (Factor de duración de carga)

$$\varphi = \frac{1}{FS * FDC}$$

$$\sigma_{adm} = \varphi * \sigma_u$$

Otras de estas probetas fueron ensayadas mediante la TECNICA DE MOIRE.

Una alternativa para estudiar el campo de las deformaciones en un material sometido a sollicitación es la técnica de Moiré.

Los patrones Moiré pueden ser definidos como la superposición de dos ondas planas en ángulo entre sus direcciones de propagación. En las regiones en que las dos ondas están en fase, ocurre una interferencia constructiva, resultando en franjas claras y donde ellas están fuera de fase se generan franjas oscuras, debido a la interferencia destructiva (Malacara, 1992). Esta aproximación es derivada de la interferencia entre los patrones de franjas a través del uso de relaciones usualmente llamadas de modelos de transición inicial (Pisarev y Balavov 2001).

En este experimento fue utilizada la técnica de Moiré de sombra. Takasaki (1970) utilizó la sobre posición de una malla sobre su propia sombra (Moiré de sombra)

¹⁴ LÓPEZ, Luis y TRUJILLO, David. *Diseño de uniones y elementos en estructuras de guadua. SIGGUADUA. Seminario - Taller avances en la investigación sobre Guadua. Pereira, mayo 16-17 y 18 de 2002*

para medir el relieve de objetos y personas. En este caso las franjas de Moiré formadas fueron constituidas por un conjunto de puntos de la misma cota, semejantes a las curvas de nivel de mapas topográficos.

Las probetas de bambú (*Guadua angustifolia*) fueron sometidas a pequeñas cargas de compresión. De estas probetas, tres presentaban nudos en las extremidades (B3i), tres presentaban nudos en la región central del inter-nudo (B2i) y tres no presentaban nudos (B1i). Para cada probeta fueron obtenidas diez fotos digitales relativas a diez niveles de esfuerzos sobre la muestra, para efecto de estabilización de las probetas fue realizada una pre-carga de 870 kgf, y a partir de este valor fueron realizadas fotos digitales para seis niveles de esfuerzos. Las cuatro primeras fotos no fueron aprovechadas en el experimento, sirviendo apenas para que ocurriese la estabilización de la muestra, visto que las bases de la misma no estaban perfectamente paralelas. El experimento fue conducido para dos condiciones de humedad: tallos recién-cortados (saturados) y tallos secos al aire (humedad en torno de 12%).

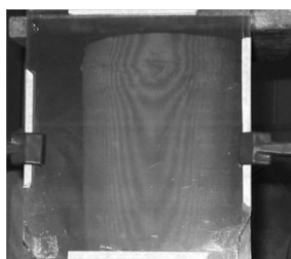


Figura 5. B3i. Curvas de nivel generadas por franjas de Moiré, con nudo en las extremidades¹⁵.

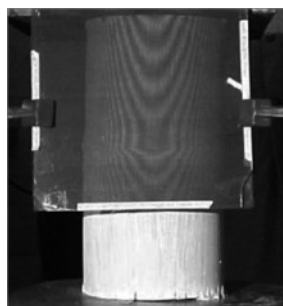


Figura 6. B2i. Curvas de nivel generadas por franjas de Moiré, con nudo en la región central¹⁶.

¹⁵ LUDOVICO, Antonio; ALBIERO, Daniel; DA SILVA, Antonio; DAL FABBRO, Inacio y RODRIGUEZ, Silvestre. Técnica de MOIRÉ aplicada al análisis de esfuerzos de compresión en el bambú guadua. *Maderas, Cienc. tecnol.* [online]. 2007, 9(3), pp.309-322. ISSN 0718-221X.

¹⁶ *Ibíd.*

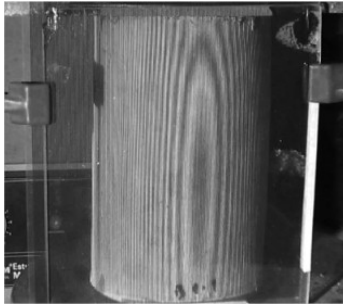


Figura 7. B1i. Curvas de nivel generadas por franjas de Moiré, sin nudo¹⁷.

Cada conjunto de fotos de las probetas fueron procesadas por el **software IDRISI**, con el auxilio del cual fueron retirados todos los ruidos y errores de los datos, a través de filtros específicos. Donde se efectuó la substracción píxel a píxel de una foto con un nivel de carga X_i de una otra foto de nivel X_{i+1} . Este método es usado para determinar la deformación sufrida por la muestra que ocurre entre dos diferentes niveles de carga¹⁸.

Equipos:

Máquina Fotográfica Digital Mavica, de 800 kpíxels de resolución.

Prensa Solotest de 5 Toneladas.

Cuadrícula con separación de 0.4 mm y espesor de la barra de 0.4 mm 4-Retroproyector 150 W de potencia.

Las normas utilizadas en la obtención de estos resultados fueron: NTC 5525, NSR-10 y ISO/TC 165N 315.

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ *Ibid.*

6.2.5. CATEGORÍA 5: RESULTADOS OBTENIDOS DE DIFERENTES TIPOS DE UNIONES

6.2.5.1. SMV UNIÓN TIPO SIMÓN VÉLEZ MODIFICADA U.N.

Las modificaciones hechas a la unión, propuesta por el arquitecto Simón Vélez, surge de mejorar dicha conexión. Los cambios hechos a la unión consisten en utilizar varilla de cinco octavos de pulgada ($5/8''$), un mortero fluido y neopreno, a diferencia de la unión original que utiliza varilla de media pulgada ($1/2''$), no presenta neopreno y rellena los canutos con un mortero estándar.

Esta unión de guadua trabaja a tensión atravesando una varilla de cinco octavos de pulgada ($5/8''$) en el canuto que va a transferir los esfuerzos, dicho canuto se rellena posteriormente, al someterla a tensión el cilindro de mortero tiene muy poca adherencia con las paredes de la guadua e induce un esfuerzo sobre las paredes fallando por desgarramiento de estas, dado a esto se aprovecha al máximo la resistencia de las fibras longitudinales del material¹⁹. (Figura 8)

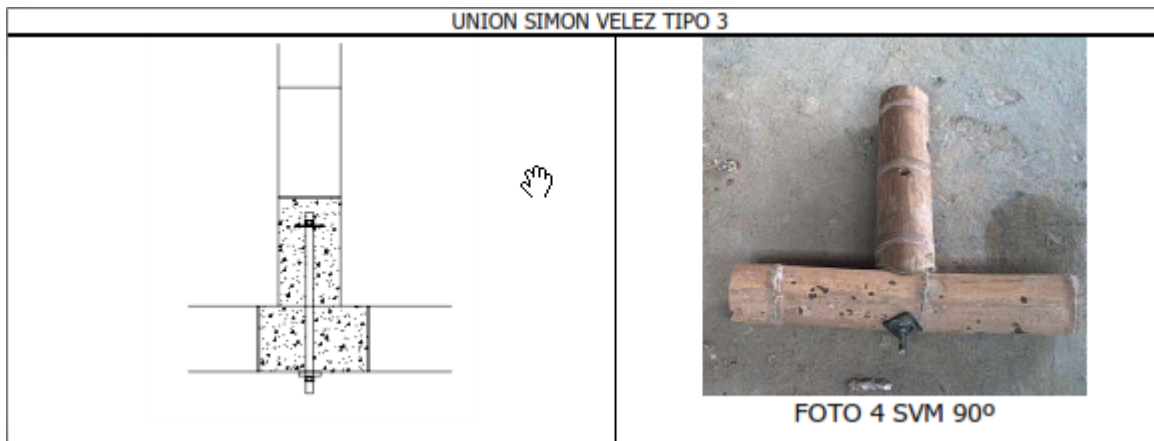


Figura 8.SMV²⁰.

¹⁹ JARAMILLO SUAREZ, Diego León; SANCLEMENTE MANRRIQUE, Ana Gisella: *Estudio de uniones en guadua con ángulo de inclinación entre elementos*. Bogotá, 2003, pg. 51-52. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil.

²⁰ *Ibíd.*

6.2.5.2. UNIÓN TIPO SANDRA CLAVIJO SC.

Esta unión se basa en la propuesta por los Ing. David Trujillo y Sandra Clavijo, en su trabajo evalúan las uniones a tracción en guadua, con la cual se procede a enrollar una lámina CR cal. 22 en cada elemento. La cual se sujeta a tornillos de $\frac{1}{4}$ " de diámetro por encima o debajo del canuto según sea la solicitud de carga para el elemento, también se coloca una lámina del mismo tipo con un ancho de 0,08m, el cual une los elementos inclinados envolviendo el elemento continuo.

Para definir la ubicación de la platina se tienen en cuenta que la distancia mínima al borde de la lámina sea media pulgada ($\frac{1}{2}$ "), separación mínima entre el centro de los tornillos tres veces el diámetro, con lo cual se obtiene un ancho de 0,08m para 3 tornillos de un cuarto de pulgada ($\frac{1}{4}$ ") con una distancia a los bordes de 0,02m, y una separación entre tornillos de 0,02m²¹. (Figura 9)

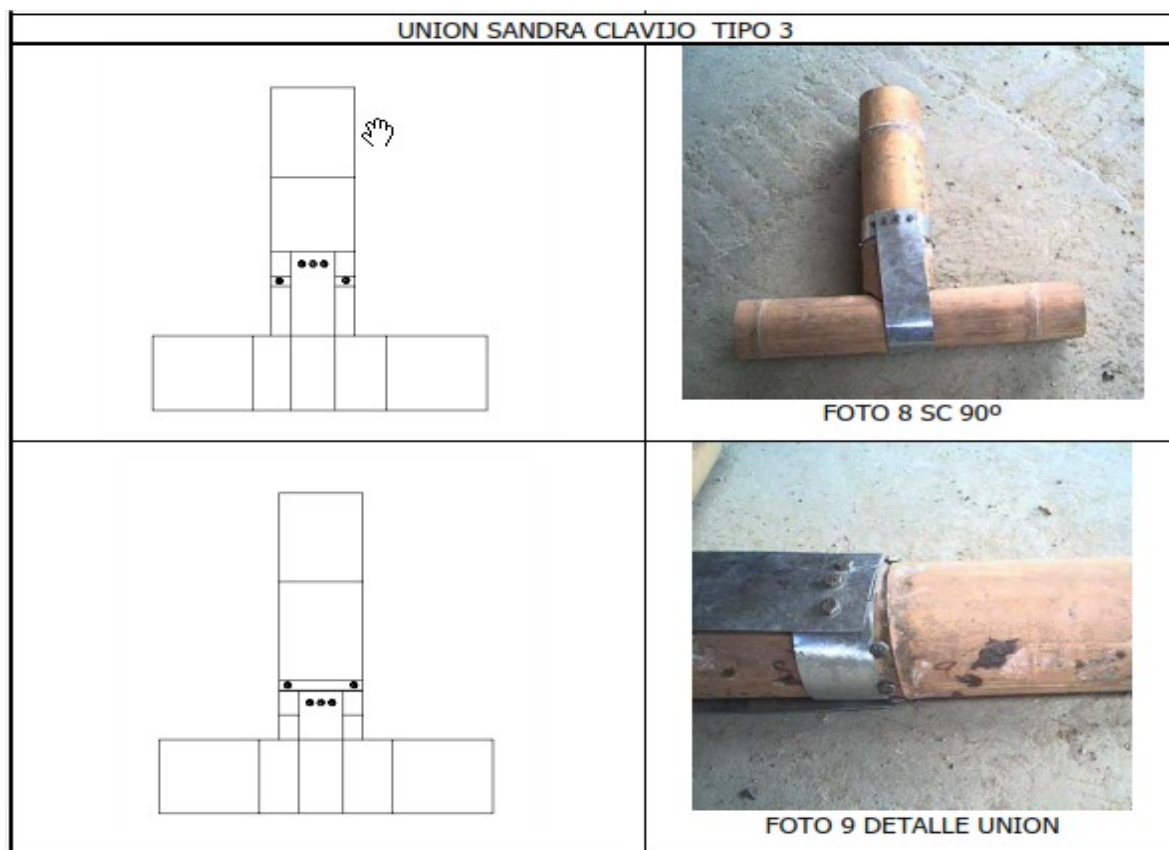


Figura 9. SC²².

²¹ Ibid.

²² Ibid.

6.2.5.3. UNIÓN TIPO DIEGO JARAMILLO Y GISELLA SANCLEMENTE (DG).

Esta unión está construida por flejes estándar de 0,30m de diámetro. Los cuales se encuentran dentro de los elementos inclinados y se conectan en un pasador de cinco octavos de pulgada (5/8") de diámetro en el elemento continuo. Los canutos en los que se encuentran dichos flejes se rellenan con mortero, y este se sujeta a las paredes de la guadua con una serie de puntillas alrededor de la misma en forma helicoidal. Para introducir los flejes en el elemento continuo, es necesario realizar una ranura de 13 cm de longitud y de tres cuartos de pulgada (¾") de ancho²³. (Figura 10)

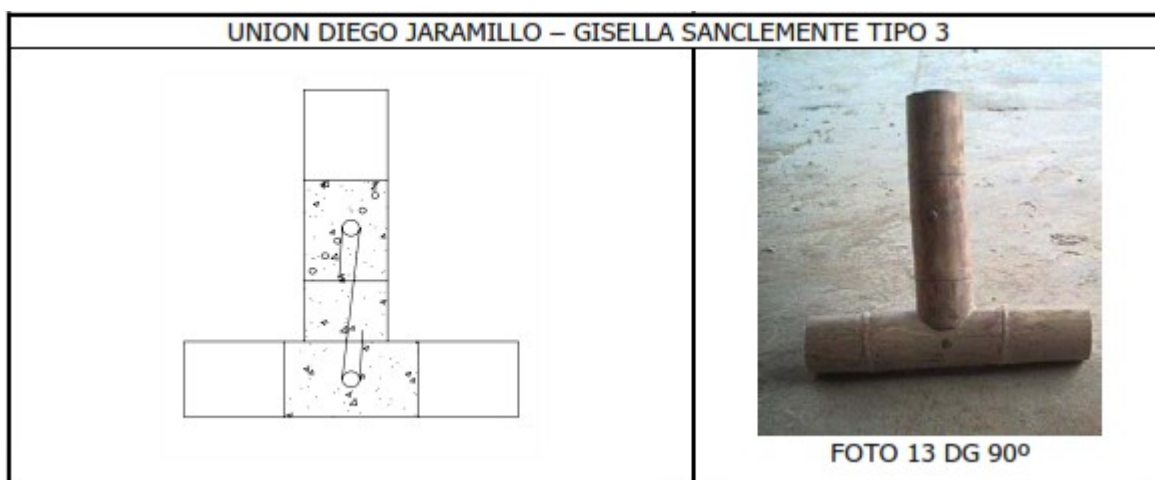


Figura 10. DG²⁴.

Posteriormente se hicieron ensayos a tensión y compresión de las anteriores uniones.

6.2.6. CATEGORÍA 6: ELEMENTOS A COMPRESIÓN CON PERFORACIÓN PARA EL RELLENO DE MORTERO.

Se clasificó de acuerdo a las características físicas (diámetro, espesor, distancia y entre nudos). Obteniendo cuatro tipos de ensayos: probetas sin hueco y sin

²³ *Ibid.*

²⁴ *Ibid.*

concreto, probetas con hueco y sin concreto, probetas con hueco y con concreto y probetas con hueco, con concreto y con una alternativa de solución.

6.2.6.1. Ensayo a compresión tipo 1: en probetas sin hueco y sin concreto.

No se realizó perforación en las paredes de ningún de las paredes de sus tres cañutos. Se llevó a falla por compresión simple²⁵.



Figura 11. Ensayo a compresión tipo 1²⁶.

6.2.6.2. Ensayo a compresión tipo 2: probetas con hueco y sin concreto.

Para este tipo de ensayo, se realizó una perforación de una pulgada de diámetro, en el cañuto medio (sin mortero) taladrando previamente con una broca y se llevaron a falla por compresión simple²⁷.

²⁵ PRADA GUEVARA, Julián Andrés; ZAMBRANO ORDOÑES, Jairo: *Estudio de elementos en guadua, solicitados a compresión con perforación para el relleno de mortero*. Bogotá, 2003. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Unidad de estructuras y construcción.

²⁶ *Ibíd.*

²⁷ *Ibíd.*



Figura 12. Ensayo a compresión tipo 2²⁸.

6.2.6.3. Ensayo a compresión tipo 3: probetas con hueco y con concreto.

En este tipo de ensayo se hizo una perforación de una pulgada en el cañuto medio y se le inyectó mortero de relleno, el cañuto medio tuvo un orificio de respiración de 3/16" de diámetro, con el fin de garantizar que el concreto penetre totalmente y que el aire salga por completo. Y cuando comience a salir mortero por el orificio ya estará lleno completamente²⁹.



Figura 13. Ensayo a compresión tipo 3³⁰.

²⁸ *Ibíd.*

²⁹ *Ibíd.*

³⁰ *Ibíd.*

6.2.6.4. Ensayo de compresión tipo 4: probetas con hueco, con concreto y con una alternativa de solución.

Las probetas utilizadas fueron las del ensayo tipo 1 y tipo 2. Previamente se retiró el mortero que recubre la perforación y se les añadió a las probetas una masilla epóxica llamada Sikadur Panel³¹.



Figura 14. Retiro y limpieza del mortero³².



Figura 15. Aplicación de la masilla epóxica³³.

³¹ *Ibíd.*

³² *Ibíd.*

³³ *Ibíd.*

6.2.7. CATEGORÍA 7: DE ACUERDO AL SITIO Y SUS FACTORES CLIMATICOS.

La investigación se realizó en un rango de altitud de 1000-1800 m.s.n.m. a una temperatura media anual que oscila entre 18-21 °C³⁴, en los predios de: la Esperanza, Villa María, Yamboró, la Dalia-Limón, la Vega, el bambusal, Nápoles, los Ángeles y Playa Rica.

Fue realizado un análisis estadístico similar a la categoría 1, con los datos de las probetas obtenidas.

6.2.8. CATEGORÍA 8: TRES TIPOS DE FORMULACIÓN.

Fueron utilizados culmos maduros de bambú, de los cuales se obtuvieron tiras longitudinales, a las cuales se les retiro la capa externa; posteriormente, cada tira es dividida longitudinalmente en pequeños segmentos. Con el objetivo de extraer los almidones que tiene el material natural, cada segmento de tira es introducido en una autoclave; culminada esta etapa se realiza un primer proceso de secado antes de la impregnación del adhesivo, la cual es realizada con la inmersión de cada lata en solución aglutinante. Posteriormente, es necesario realizar un segundo proceso de secado del material antes de la conformación final de los listones, la cual es realizada a partir de un proceso de prensado vertical en caliente con confinamiento horizontal.

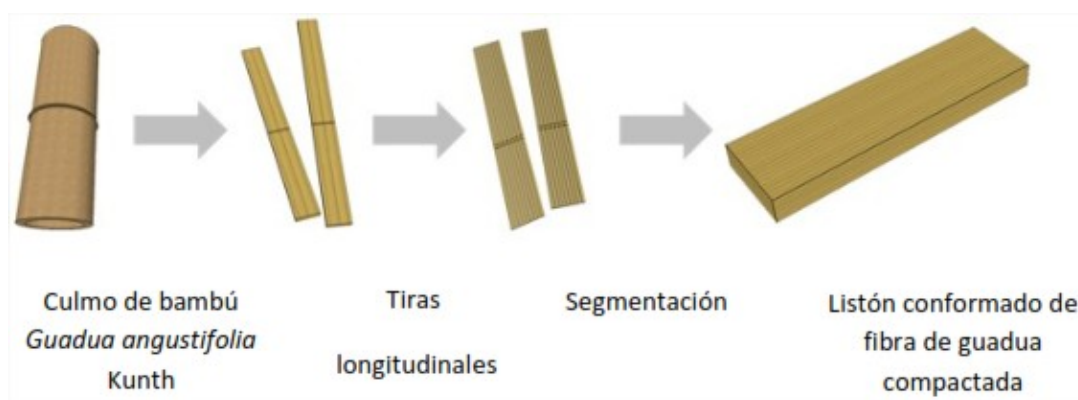


Figura 16. Fabricación de listones de fibra de guadua compactada³⁵.

³⁴ DUARTE, Mauricio; LÓPEZ, Guissela y CAMPOS, María. Factores Edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la *Guadua Angustifolia*. Revista Ingeniería y Región. 2016; 15 (1): 9-21.

³⁵ Ibid.

Para conocer el comportamiento mecánico de los listones de fibra de guadua compactada producidos con las tres formulaciones de adhesivo, fueron realizados ensayos en probetas ante diferentes solicitaciones, tales como compresión, tensión y corte paralelos a la fibra; los ensayos fueron realizados siguiendo los lineamientos establecidos en la norma internacional ASTM D143-94 y en la norma colombiana NTC 5525 para la determinación de resistencias mecánicas para maderas³⁶.

6.2.9. CATEGORÍA 9: MEDIANTE EL ANALISIS EN PROGRAMAS.

6.2.9.1. Programa estadístico SPSS-10

Guadua angustifolia, fue seleccionado y posteriormente extraído a una altura de 1414 m.s.n.m. y a una temperatura de 23°C. Como variable importante la edad de la guadua, con el objetivo de analizar el comportamiento del material en cada una de las etapas de este proceso, cortando así guadua verde, madura y sobremadura para la fabricación de las probetas.

La determinación del esfuerzo último de tensión se realizó incrementando gradualmente la fuerza de tensión a la probeta, hasta destruirla. El esfuerzo último de tensión (σ_{ult}) fue determinado en MPa con la formula igual a la prueba de compresión:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} \quad (\text{MPa o } \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})$$

Dónde: σ_{ult} = esfuerzo último de tensión o máximo

F_{ult} = máxima carga al cual el espécimen falla, en N

A = área de sección transversal en mm²

Metodológicamente, las medidas de tensión serán leídas un número suficiente de veces para ser capaces de trazar un diagrama exacto de deformación - carga para el cual el módulo de elasticidad E debe ser calculado.

³⁶ // Simposio internacional de GUADUA Y BAMBÚ "Consolidando el sector con innovación y sostenibilidad". Bogotá, 2014, pg. 120-121. ISBN 978-958-716-724-5.

Para el análisis estadístico de los datos, como metodología, se utilizó la formación de bloques en un diseño factorial, en donde los bloques están dados por la edad de la guadua, formando tres bloques de materia prima para realizar las pruebas, los bloques fueron: verde, madura y sobremadura.

El nivel de confiabilidad mínimo para los resultados es del 95% de confianza y los datos se procesaron en el software SPSS versión 10,0. Dicho programa facilitó crear un archivo de datos en una forma estructurada y también organizar una base de datos que puede ser analizada con diversas técnicas estadísticas³⁷.

Se llevó a cabo median las normas internacionales ISO/TR 22157-1, ISO/TR 22157-2 y ISO 22 157-1:2004.

6.2.9.2. Software KS-400 Versión 3.0.

Las muestras analizadas fueron extraídas de la cepa, basa y sobrebasa de culmos de Guadua Angustifolia. Para el estudio cada imagen fue dividida en 12 secciones perpendiculares a la dirección de la variación de la concentración de fibras. Siendo calculadas las fracciones volumétricas de cada sección, los valores obtenidos fueron trazados en un gráfico en función de la posición en el espesor.

En los gráficos obtenidos no se aprecian variaciones significativas cuando son estudiadas muestras extraídas de diferentes regiones de del culmo, debido a su contenido de celulosa. No obstante es de señalar que las características anatómicas de los culmos dependen de numerosos factores: edad de la planta, clima, lugar de plantación, etc. Comparando los resultados obtenidos con el volumen de fibras para la especie *Phyllostachys aurea*, se nota que la Guadua presenta menos volumen de fibras. Este es uno de los motivos por el cual su resistencia mecánica es menor cuando es solicitada a esfuerzos de tracción y cizallamiento interlaminal.

³⁷ GONZÁLEZ B., HÉCTOR ÁLVARO, MONTOYA, JORGE AUGUSTO, RUBIEL BEDOYA, JOSE, 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 *Guadua angustifolia* Kunth. *Scientia Et Technica* [en línea] 2006, XII (Diciembre-Sin mes) : [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2017] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911652078>> ISSN 0122-1701

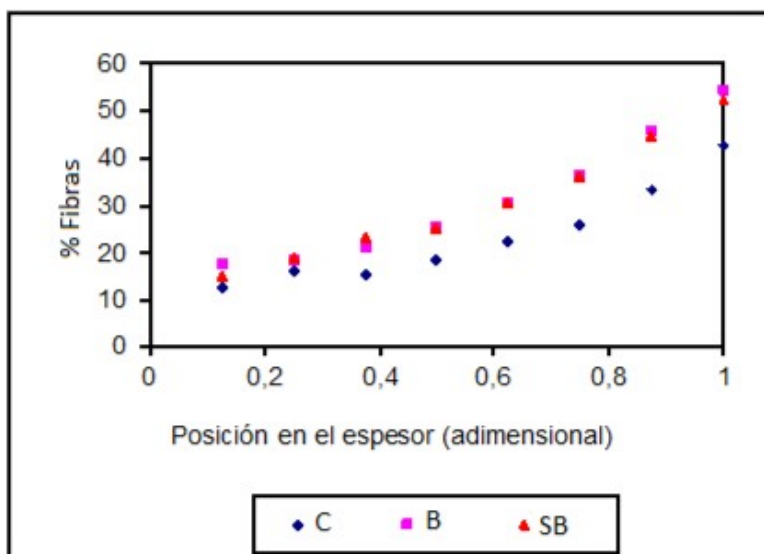


Figura 17. Variación del volumen de las fibras a lo largo de la longitud del culmo³⁸

A partir de estas variaciones se tienen en cuenta unos valores que caracterizan las propiedades mecánicas a tracción y cizallamiento de la guadua *Angustifolia Kunth*.

6.3. IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS EN LA CATEGORÍA

En la categoría anteriormente hecha, se tomó la metodología por la cual fue realizado cada proceso para la obtención de los resultados comprendidos de tensión y compresión de la guadua *Angustifolia Kunth*, seguido de esto se tomó como referencia la normatividad existente en cada tipo de ensayo, por lo cual a continuación se describirá cada uno de los métodos indicados en las DOS normas: Norma Técnica Colombiana NTC5525 E (ISO 22157-1) y la ISO/TC 165N315.

En la cual se expresará la metodología para la obtención de los resultados del contenido de humedad, compresión paralela a la fibra y tensión paralela a la fibra de acuerdo a las normas anteriormente mencionadas, relacionándolas mediante las comparaciones expuestas.

³⁸ II Simposio internacional de GUADUA Y BAMBÚ "Consolidando el sector con innovación y sostenibilidad". Bogotá, 2014, pg. 89-91. ISBN 978-958-716-724-5.

6.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la relación que existe entre el peso de agua contenida en un espécimen de bambú en estado natural y el peso del espécimen después de ser secado en el horno a una temperatura entre los 103°C +/-2° C. De acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC5525 E (ISO 22157-1) y la ISO/TC 165N315 se presentan los siguientes criterios respecto al contenido de Humedad.

	Norma Técnica Colombiana NTC5525 E (ISO 22157-1)	ISO/TC 165N315.
Descripción	Tiene como objetivo determinar el contenido de humedad de la Guadua Angustifolia para ensayos físicos y mecánicos	ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización, por medio de esta norma se sustenta la determinación del contenido de humedad ³⁹ .

³⁹ ISO/TC 165 N315

Procedimiento experimental	La forma de la probeta debe ser prismática, con anchura aproximada de 25 mm y altura de 25 mm y con espesor igual al espesor de la pared. Las muestras se deben tomar cerca del lugar de la falla y almacenar en condiciones que garanticen que el contenido de humedad no cambie. Las probetas se deben pesar con una exactitud de 0,01 g y luego se deben secar en un horno a temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después de 24 h, se debe registrar la masa a intervalos regulares no inferiores a 2 h. Se debe tener mucho cuidado para evitar todo cambio en el contenido de humedad durante el periodo entre el retiro del horno y las determinaciones posteriores de la masa. El secado se debe considerar terminado cuando la diferencia entre las determinaciones sucesivas de la masa no excede 0,01 g.	Los frascos de vidrio sólo serán necesarios si las probetas no se ponen en el equilibrio inmediatamente después de la preparación, o si se dejan fuera del horno durante algún tiempo durante o después del secado. Si uno pesa las piezas inmediatamente, no hay problema.
----------------------------	--	--

Cálculos relacionados	El contenido de humedad (CH) de cada probeta se debe calcular como la pérdida de masa, expresada como porcentaje de la masa seca en horno, usando la siguiente fórmula: $CH = \frac{m - m_o}{m_o} * 100$ Donde: m: es la masa de la probeta antes del secado. mo: es la masa de la probeta después del secado. Cada una con una exactitud de 0,01 g⁴⁰.	El contenido de humedad está dado por⁴¹: $MC = ((m - m_o) / m_o) \times 100$ Donde: MC = contenido de humedad m = masa de la probeta mo = masa de la probeta después del secado,
-----------------------	--	--

Tabla 3. Métodos de ensayo del Contenido de Humedad.

6.3.2. COMPRESIÓN

Es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de una probeta, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección (coeficiente de Poisson). De acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC5525 E (ISO 22157-1) y la ISO/TC 165N315 se presentan los siguientes criterios respecto a la compresión paralela a la fibra del bambú.

⁴⁰ NTC 5525.

⁴¹ *Ibíd.*

	Norma Técnica Colombiana NTC5525 E (ISO 22157-1)	ISO/TC 165N315.
Descripción.	Tiene como objetivo ensayar a compresión axial probetas de culmos de <i>Guadua Angustifolia</i> Kunth, obteniendo el esfuerzo ultimo de compresión y el modulo nominal de elasticidad. Los ensayos se deben realizar en una máquina adecuada para ellos. Al menos una pletina de la máquina debe tener un apoyo hemisférico para obtener una distribución uniforme de la carga en los extremos de la probeta, como se ilustra en la figura 18 y 19.	Las pruebas de compresión se prescriben sólo en entrenudos, ya que estos especímenes son más simples que los nodos, y no hay diferencia significativa entre los resultados de la prueba en la compresión de nodos y entrenudos (esto significa: hay una pequeña diferencia, pero es menor que el estándar En algunas especies, sin embargo, se podría encontrar una diferencia si en los nodos se ha eliminado la capa de médula) ⁴² .

⁴² *Ibid.*

Preparación de las probetas.	Las probetas se deben tomar de las partes inferior, media y superior de cada culmo. Los ensayos de compresión axial se deben llevar a cabo en probetas sin nudos y cuya longitud sea igual al diámetro externo; no obstante, si éste es de 20 mm o menos, la altura debe ser el doble del diámetro externo. Estas limitaciones son válidas en el caso de ensayos con propósitos comerciales; en el caso de los ensayos para investigación científica, existe libertad para determinar algo diferente. Las superficies de los extremos de la probeta deben estar en ángulo perfectamente recto con la longitud de ésta; deben ser planos, con una desviación máxima de 0,2 mm. Para determinar el módulo de elasticidad E, se debe usar alguno de los siguientes instrumentos de medición: deformímetros eléctricos, mecánicos, electromecánicos, de imagen digital, mínimo dos por probeta, cada uno de ellos en el lado opuesto de la probeta.	No Aplica.
------------------------------	---	------------

Procedimiento.	La probeta se debe colocar de tal forma que el centro del cabezal móvil esté verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la probeta y se aplica inicialmente una carga pequeña, no mayor a 1 KN, para acomodar la probeta. La carga se debe aplicar continuamente durante el ensayo para hacer que el cabezal móvil de la máquina de ensayo se desplace a una velocidad constante de 0,01 mm/s. Cuando sea necesario se deben realizar lecturas de deformación la cantidad necesaria de veces para poder hacer un diagrama lo más exacto posible de la deformación frente a la carga, a partir de la cual se determina el valor de E. Se debe registrar la lectura final de la carga máxima a la cual falla la probeta.	La afirmación de que la longitud del espécimen será igual al diámetro (y no relacionado con el grosor de la pared como en IS 6874) se basa en la investigación realizada por Arce (l.c., p.43-52)
Cálculos relacionados	El esfuerzo último de compresión se debe determinar con la siguiente fórmula: $\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$ Donde: σ_{ult}: es el esfuerzo último de compresión, en MPa (o N / mm²), redondeado con aproximación de 0,5 MPa F_{ult}: es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N. A: es el área de la sección transversal, en mm² El módulo de elasticidad E se debe calcular a partir del valor medio de las lecturas de los deformímetros como una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, en un rango entre el 10 % y el 60 % de F_{ult}⁴³.	Si realizamos pruebas en madera o en bambú, tenemos un esfuerzo de compresión σ y un módulo E. La deformación vertical (acortamiento) es: $\varepsilon = \sigma / E$ Con el valor de Poisson (la relación entre el acortamiento vertical y el ensanchamiento horizontal) de ν, la deformación horizontal es: $\varepsilon_h = \sigma * \nu / E$

⁴³ *Ibíd.*

Tabla 4. Métodos de ensayo de compresión paralela a las fibras de la Guadua.

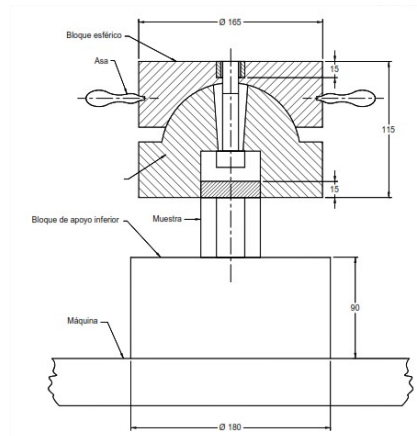


Figura 18. Máquina de compresión.



Figura 19. Capa intermedia.

6.3.3. TENSIÓN

Tiene como objetivo ensayar a tensión paralela a las fibras en una sección longitudinal tomada de culmos de Guadua. Determinando la resistencia última a la tensión, paralela a las fibras, aplicando una carga gradualmente creciente sobre la probeta. De acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC5525 E (ISO 22157-1) y la ISO/TC 165N315 se presentan los siguientes criterios respecto a la tensión paralela a la fibra del bambú.+

	Norma Técnica Colombiana NTC5525 E (ISO 22157-1)	ISO/TC 165N315.
Descripción	Este ensayo consiste en aplicar una carga gradualmente creciente sobre una probeta. Los sujetadores de la máquina de ensayo deben asegurar que la carga se aplique a lo largo del eje longitudinal de la probeta y deben evitar la torsión longitudinal de ésta. Los sujetadores deben sostener la probeta perpendicular a las fibras y en dirección radial. La carga se debe aplicar continuamente durante todo el ensayo a una velocidad de movimiento del cabezal móvil de 0,01 mm/s. La carga se debe medir con exactitud del 1 % de la escala utilizada, las dimensiones de la sección transversal de la porción de ensayo de la probeta se deben medir con una exactitud de 0,1 mm. Los ensayos de tensión paralela a las fibras se deben hacer en probetas con un nudo, que debe estar en la porción de ensayo. Esta limitación es válida en caso de ensayos con propósitos comerciales; en caso de investigación científica, existe libertad para determinar algo diferente. La dirección general de las fibras debe ser paralela al eje longitudinal de la porción de ensayo de la probeta.	Aquí, los especímenes deben tener un nodo: la diferencia en los resultados en la tensión entre especímenes con y sin un nodo es tremenda; Un nodo es realmente débil en tensión. La resistencia a la tracción de una región de nodo es sólo el 30 por ciento de una región de internodio (Arce, 1993, p 111). Para fines comerciales se prescribe aquí un nodo; Para la investigación científica uno es libre de hacer otra cosa.

Descripción	La porción de ensayo debe tener una sección transversal rectangular cuyas dimensiones sean iguales al espesor de la pared o menor en la dirección radial; y de 10 mm a 20 mm en la dirección tangencial. La longitud de la porción de ensayo debe estar entre 50 mm y 100 mm. Figura 20 Los extremos de las probetas deben tener una forma tal que garantice que la falla se produce en la porción de ensayo y que minimice la concentración del esfuerzo en el área de transición. Se permite usar probetas con extremos laminados, para determinar el módulo de elasticidad E, se debe usar alguno de los siguientes instrumentos de medición: deformímetros eléctricos, mecánicos, electromecánicos, de imagen digital, mínimo dos por probeta, cada uno de ellos en el lado opuesto de la probeta.	
--------------------	--	--

Procedimiento	Se miden las dimensiones de la sección transversal de la porción de ensayo de la probeta con una exactitud de 0,1 mm, en tres lugares de la porción de ensayo, y calcula el valor medio. Se debe asegurar los extremos de la probeta entre los sujetadores de la máquina de ensayo, a una distancia segura desde la porción de ensayo. Aplique la carga a velocidad constante. Lea la carga máxima. Deseche los resultados obtenidos en probetas cuya falla se produzca fuera de la porción de ensayo. Después de la prueba, determine el contenido de humedad. Cuando sea necesario se deben realizar lecturas de deformación la cantidad necesaria de veces para poder hacer un diagrama lo más exacto posible de la deformación frente a la carga, a partir de la cual se calcula el valor de E.	Forma de los especímenes	Se dan tres ejemplos⁴⁴: La figura 16: es una pieza de ensayo en forma de cuña, que se utiliza en muchos laboratorios; Se conocen muchos problemas con falla en el corte. (Zhou Fangchun 1981) La figura 17 muestra: una pieza de ensayo con piezas de madera encoladas en ambos extremos. La longitud de estos se determina por el esfuerzo de cizallamiento permitido en esta junta de pegamento. (Arce, 1993). La figura 18 muestra: una pieza de prueba que se utiliza en Japón (cortesía del Prof. Inoue). NOTA: ¡este prefiere no tener un nodo en el área de prueba! (Contrario a DIS 22157).
---------------	---	--------------------------	--

⁴⁴ *Ibid.*

Cálculos relacionados	La resistencia máxima de tensión se debe determinar con la siguiente fórmula: $\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$ Donde: σ_{ult}: es el esfuerzo último de compresión, en MPa (o N / mm²), redondeado con aproximación de 0,5 MPa F_{ult}: es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N. A: es el área de la sección transversal, en mm² El módulo de elasticidad E se debe calcular a partir del valor medio de las lecturas de los deformímetros como una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, en un rango entre el 10 % y el 60 % de F_{ult}⁴⁵.	No Aplica
-----------------------	--	-----------

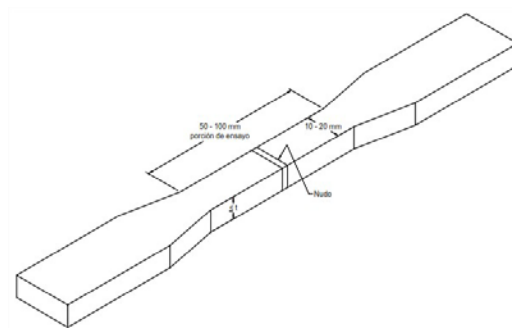


Figura 20. Probeta para ensayos de tensión.

Tabla 5. Métodos de ensayo de tensión paralela a las fibras de la Guadua.

⁴⁵ *Ibíd.*

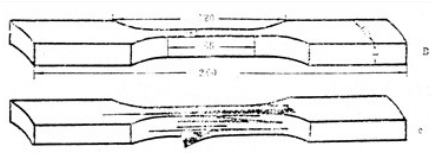


Figura 21. Pieza de prueba en forma de cuña para pruebas de tensión.

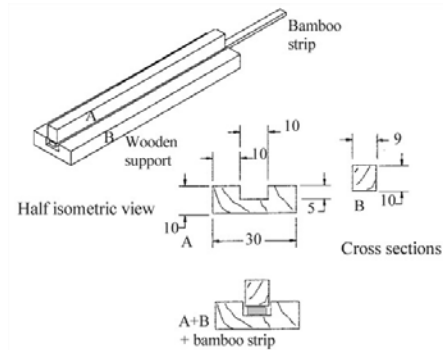


Figura 22. Pieza de prueba de tracción con extremos de madera. Todas las dimensiones están en mm.

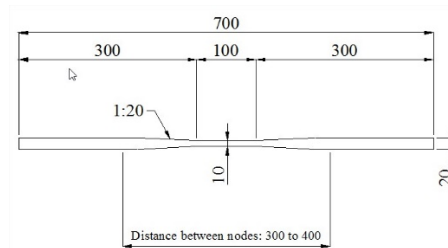


Figura 23. Pieza de prueba para ensayos de tensión. Dimensiones en mm.

Anteriormente se explicó cada método de ensayo de acuerdo a las normas establecidas, las cuales dan un referente a la hora de realizar ensayos a partir de materiales como el Guadua, no obstante en algunos casos al obtener estos resultados se muestran diferencias a pesar de que se está ensayando el mismo material por este motivo la norma sismo resistente (NSR-10) da algunos parámetros, los cuales llevan a un análisis estadístico por el cual se determinan los esfuerzos admisibles.

6.3.4. NORMA SISMO RESISTENTE NRS-10

6.3.4.1. ESFUERZOS ADMISIBLES

Los valores de esfuerzos admisibles se determinan a partir del valor característico, el cual se obtiene con la siguiente norma⁴⁶:

$$F_{ki} = f_{0,051} \left[1 - \frac{2,7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right]$$

Donde:

F_{ki} : Valor característico en la sollicitación i.

$f_{0,051}$: Valor correspondiente al percentil 5 de los datos de las pruebas de laboratorio en la sollicitación i.

m: valor promedio de los datos de las pruebas de laboratorio

s: desviación estándar de los datos en las pruebas de laboratorio

n: número de ensayos (por lo menos 20)

i: subíndice que depende del tipo de sollicitación (t para tracción paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras).

Una vez determinado el valor característico para cada sollicitación, se procede con el cálculo de los esfuerzos admisibles con la siguiente formula⁴⁷:

$$F_i = \frac{FC}{F_s * FDC} f_{ki}$$

Donde:

F_i : Esfuerzo admisible en la sollicitación i.

f_{ki} : Valor característico del esfuerzo en sollicitación i.

FC: factor de reducción por diferencias entre las condiciones de ensayo en el laboratorio y las condiciones reales (Tabla 3).

F_s : Factor de seguridad (Tabla 3).

FDC: Factor de duración de carga (Tabla 3).

i: subíndice que depende del tipo de sollicitación (t para tracción paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras).

⁴⁶ NRS-10

⁴⁷ *Ibíd.*

Tabla G.12.7-3
Factores de reducción

Factor	Flexión	Tracción	Compresión 	Compresión ⊥	Corte
FC	-	0.5	-	-	0.6
F_s	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

Tabla 6. Factores de reducción.

6.4. INTERFAZ GRÁFICA

Utilizando el consolidado de los resultados anteriores, se construyó finalmente una interfaz gráfica. El proceso de construcción se realizó en dos etapas, primero se consolidó los datos en Excel alimentada por los datos de los ensayos tomados de tesis de distintas universidades y de artículos especializados publicados en línea y de alta confiabilidad, como se explicó previamente; y segundo mediante el programa visual basic se construyó una interfaz para una mejor visualización, permitiendo un fácil acceso a los resultados de los ensayos de compresión y tensión y también a la referencia la cual se encuentra si se desea ampliar su consulta.

La interfaz “Revisión del estado del arte de métodos de ensayo para estimar la resistencia a la compresión y a la tensión de cúmulos de bambú” se anexa al documento en formato digital (CD) y para su manejo se establece un sencillo manual que se presenta como el anexo 3.

7. CONCLUSIONES

Se realizó la recopilación de la información a partir de trabajos de grado en las universidades, las cuales fueron visitadas para obtener la cantidad de documentos de investigaciones trabajadas en ellas y artículos en línea enfocados en Colombia pero de igual manera se tuvieron en cuenta artículos extranjeros que complementan la veracidad de la información. Haciendo una revisión de las especificaciones y normas nacionales e internacionales que establecen los criterios de los ensayos realizados por cada autor o grupo de autores.

Cada proceso para los análisis de los resultados de las tesis y artículos, fueron consolidados de acuerdo con la metodología, relacionándolos con diversas fuentes y así compararlos, tomando como referencia la normatividad existente en cada tipo de ensayo. Para los casos específicos de los artículos se trabajó dependiendo el Factor de Impacto, el cual da una medida de la importancia de la publicación asignando un criterio de confiabilidad.

Consecuentemente al trabajar la base de datos se identificaron los parámetros comunes entre los ensayos comprendidos en 10 categorías a partir de 16 tesis y 12 artículos, las cuales recopilamos los resultados de acuerdo al criterio de los autores.

La interfaz gráfica que se construyó, permitió una fácil visualización de los resultados y brindar información según lo que se desee buscar y según las condiciones en que se desee adquirir, además de la fuente en la que se puede consultar, ya sea si se requiere el documento completo o simplemente el resultado con su referencia para poder ser citado.

Para darle confiabilidad a los resultados trabajados se presenta el análisis estadístico mediante el método de cajones y bigotes a partir de los siguientes resultados.

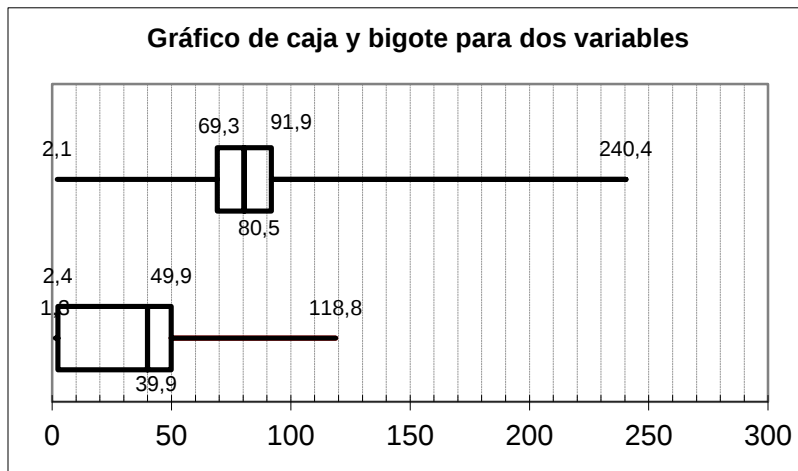
7.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DIAGRAMA DE CAJA Y BIGOTES

	datos compresión	datos tensión			
			36	45,26	78,61
			37	48,4	75,72
			38	48,89	73,05
1	92,6	93,4	39	44,75	70,56
2	82,27	108,62	40	50,73	68,19
3	118,79	161,5	41	49,93	65,9
4	57,14	154,8	42	45,61	63,69
5	47,46	95,8	43	37,8	61,56
6	58,15	83,41	44	39	59,44
7	60,21	191,6	45	49,4	57,28
8	53,78	187,7	46	66,1	55,1
9	46,94	115,8	47	45,9	52,91
10	64,72	172,8	48	47,4	76,11
11	45,7	164,9	49	46,8	76,79
12	54,34	142,2	50	42,6	78
13	45,04	79,4	51	41,7	79,17
14	42,67	120,5	52	50	80,3
15	50,58	79	53	49,35	81,3
16	43,52	125,8	54	38,69	82
17	42,31	73,1	55	55,77	82,51
18	36,93	67,15	56	55,99	83,02
19	19,1	70,23	57	44,56	83,19
20	22,7	73,28	58	57,07	83,06
21	26,88	76,17	59	53,74	82,69
22	39,9	78,94	60	45,94	82,13
23	36,47	81,48	61	46,91	81,37
24	19,3	83,64	62	50,73	80,5
25	49,64	85,65	63	43,63	79,6
26	23,72	87,28	64	53,14	78,56
27	50,01	88,53	65	56,09	77,53
28	40,6	89,07	66	56,77	76,5
29	23,6	88,68	67	44,7	75,48
30	49,64	88,29	68	43,3	74,43
31	24,93	87,91	69	40,5	73,36
32	47,85	87,52	70	35,1	72,26
33	37,31	86,48	71	40,1	71,1
34	42,17	84,3	72	41,9	69,88
35	49,47	81,58	73	50,7	68,62
			74	47,5	67,31

75	47,9	65,93	114	2,344	91,9
76	53,7	64,49	115	2,605	140,84
77	49,64	63,01	116	1,313	200,11
78	61,59	78,01	117	1,575	163,55
79	60,37	79,1	118	1,837	94,92
80	63,66	80,21	119	2,1	104,21
81	66,34	81,28	120	2,363	71,02
82	47,7	82,34	121	2,626	84
83	42,46	83,28	122	1,355	82,4
84	36,28	84,09	123	1,626	217,4
85	26,36	84,67	124	1,896	91,9
86	16,77	85,19	125	2,168	140,8
87	75,15	85,57	126	2,439	200,1
88	67,01	85,7	127	2,71	163,8
89	75	85,68	128	1,364	84,3
90	74	85,65	129	1,637	104,2
91	1,304	85,62	130	1,909	71
92	1,565	85,19	131	2,182	111,72
93	1,825	84,58	132	2,455	113,34
94	2,087	83,69	133	2,728	240,44
95	2,348	82,58	134	1,37	74,4
96	2,609	81,33	135	1,645	104,31
97	1,316	80,02	136	1,918	136,61
98	1,58	78,68	137	2,192	59,41
99	1,842	77,35	138	2,467	223,77
100	2,106	76	139	2,741	135,55
101	2,369	74,66	140	1,364	116,06
102	2,633	73,32	141	1,638	111,2
103	2,633	71,98	142	1,91	113,3
104	1,271	70,65	143	2,183	240,4
105	1,525	39,9	144	2,456	74,4
106	1,779	75	145	2,729	104,3
107	2,033	37,1	146	29,29	136,6
108	2,288	75,15	147	29,62	59,4
109	2,542	41,4	148	37,63	223,8
110	1,302	72,77	149	60,2	155,6
111	1,563	83,99	150	92,6	116,1
112	1,823	82,39	151	82,27	124,15
113	2,083	217,44	152	118,79	67,89

153	82,23	62,39
154	92,27	51,15
155	81,74	48,71
156	118,79	57,73
157	38,32	61,06
158	38,35	73,69
159	38,96	66,89
160	38,19	55,6
161	35,38	64,17
		63,64
		11,25
		8,22
		2,1
		6,82
		12,95
		9,17
		8,03
		5,86
		13,19
		93,38
		69,88
		95,8
		82,62
		115,84
		64,26
		60,82
		61,37
		61,81
		131,6
		190,7
		53,51
		57,95
		61,25
		62,31
		62,71

Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
1,27	2,37	39,90	49,93	118,79
2,10	69,25	80,50	91,90	240,44



Para este análisis se tuvieron en cuenta los datos de ensayos propios del culmo de bambú, excluyendo los que tenían modificaciones como: epóxicos; compresión sin hueco, con hueco sin mortero, con hueco con mortero sin solución, compresión con hueco con mortero con solución; formulación 1, 2 y 3 tanto en tensión como compresión.

Se observó que no hay datos atípicos en los resultados de los ensayos ya que en el análisis a compresión y tensión los bigotes van desde el mínimo (1.27 MPa) hasta el máximo (240.44 MPa) estimado por los datos.

En el caso de los datos a compresión se obtuvo que el 50% de los ensayos están entre un rango de 2,4 a 49,9 MPa comprendiendo una media de 39,9 MPa la cual está más cerca de los datos más altos y en los datos de tensión en un rango de 69,3 a 91,9 MPa con una media de 80,5 la cual está más en el centro de lo comprendido entre estos datos, obteniendo así una distribución de datos confiables para su uso, puesto que entre más este el centro del cajón la media los datos son más verídicos.

8. REFERENCIAS

ALARCÓN GUTIÉRREZ, John Edinson; OLARTE FLÓRES, Jairo Francisco: esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la guadua angustifolia del municipio de Pitalito - Huila. Neiva, 2013, pg. 72. Trabajo de grado (Ingeniero Agrícola). Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola.

ARDILA PINILLA, César Leonardo: Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú guadua Angustifolia Kunth del departamento del Tolima, Colombia. Bogotá, 2013, pg. 43-44. Tesis optar (Magister en Construcción). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes. Proyecto Arquitectónico de Producto. Maestría en Construcción.

CELY MORENO, Jhon Freddy; CRUZ VARGAS, Jhon Mauricio: Determinación de la resistencia de los elementos que conforman la sección de un puente peatonal modular construido en guadua Angustifolia Kunth. Bogotá, 2014. Tesis optar (Ingeniería civil). Universidad la Salle. Facultad Ingeniería. Programa Ingeniería Civil.

CEPEDA OSORIO, Andrés Felipe; ERAZO ESPINOZA, Wilson Javier: resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la guadua Angustifolia del municipio de Pitalito-Huila. Neiva, 2012, pg. 83. Trabajo de grado (Ingeniero Agrícola). Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola.

CIRO VÉLASQUEZ, Héctor José; OSORIO SARAZ, Jairo Alexander y VELEZ RESTREPO, Juan Manuel. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin (online). 2005. vol.58, n.1, pp.2709-2715. ISSN 0304-2847.

CORENA CÓRDOBA, Santiago: Influencia del diámetro del perno en la resistencia al cizallamiento doble en conexiones empernadas solicitadas a carga paralela a la fibra en estructuras de guadua Angustifolia con relleno. Bogotá, 2014. Tesis optar (Ingeniería civil). Universidad la Salle. Facultad Ingeniería. Programa Ingeniería Civil.

DUARTE, Mauricio; LÓPEZ, Guissela y CAMPOS, María. Factores Edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la Guadua Angustifolia. Revista Ingeniería y Región. 2016; 15 (1): 9-21.

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise. Propiedades físicas y mecánicas del culmo interno del bambú de especie guadua Angustifolia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.107-114, 2005.

GONZÁLEZ AVILA, Juan Carlos; LEGUISAMÓN RENDÓN, Yesenia: determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua (Angustifolia Kunth) en función del contenido de humedad. Bogotá, 2012, pg. 62-64. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería civil. Sublínea de investigación materiales.

GONZÁLEZ B., HÉCTOR ÁLVARO, MONTOYA, JORGE AUGUSTO, RUBIEL BEDOYA, JOSE, 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 Guadua angustifolia Kunth. Scientia Et Technica [en línea] 2006, XII (Diciembre-Sin mes) : [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2017] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911652078>> ISSN 0122-1701

GONZÁLEZ QUEVEDO, Cesar Emilio: resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua angustifolia y determinación del módulo de elasticidad. Bogotá, 2006, pg. 28. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Unidad de Estructuras.

GUSTAVO TENECHE. Guadua y bambú Colombia (GBC), guadua Angustifolia Kunth. [En línea]. Disponible en: <http://guaduaybambu.es.tl/Guadua-Angustifolia.htm>

GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, Mateo: factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a la tensión paralela a la fibra de la guadua Angustifolia Kunth. Bogotá, 2011, pg. 49, 93-94. Trabajo de Maestría (Magister en Ingeniería - Estructuras). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Unidad de Estructuras.

JARAMILLO SUAREZ, Diego León; SANCLEMENTE MANRRIQUE, Ana Gisella: Estudio de uniones en guadua con ángulo de inclinación entre elementos. Bogotá, 2003, pg. 51-52. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil.

LÓPEZ RODRIGUEZ, Guisella Alexandra; SALCEDO ROJAS, Jhon Leandro: Resistencia a compresión perpendicular y determinación del módulo de elasticidad circunferencial de la guadua Angustifolia Kunth del municipio de Pitalito. Neiva, Huila, 2016, pg. 50. Universidad Surcolombiana. Facultad de ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola.

LÓPEZ, Luis y TRUJILLO, David. Diseño de uniones y elementos en estructuras de guadua. SIGGUADUA. Seminario - Taller avances en la investigación sobre Guadua. Pereira, mayo 16-17 y 18 de 2002

LUDOVICO, Antonio; ALBIERO, Daniel; DA SILVA, Antonio; DAL FABBRO, Inacio y RODRIGUEZ, Silvestre. Técnica de MOIRÉ aplicada al análisis de esfuerzos de compresión en el bambú guadua. Maderas, Cienc. Tecnol. [Online]. 2007, 9(3), pp.309-322. ISSN 0718-221X.

LUNA, Patricia; LOZANO, Jorge y TAKEUCHI, Caori. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para Guadua angustifolia. Maderas, Cienc. Tecnol. [Online]. 2014, vol.16, n.1, pp.77-92. Epub 25-Nov-2013. ISSN 0718-221X.

OSORIO, JAIRO ALEXANDER; VELEZ, JUAN MANUEL and CIRO, HÉCTOR JOSÉ. ESTRUCTURA INTERNA DE LA GUADUA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS. Dyna rev.fac.nac.minas [online]. 2007, vol.74, n.153, pp.81-94. ISSN 0012-7353.

PACHON QUINTANA, Viviana Andrea, SANABRIA AGUAS, Jorge Iván: Influencia del diámetro del perno en la resistencia al cizallamiento doble de conexiones empernadas de guadua Angustifolia con carga perpendicular. Bogotá, 2014. Tesis optar (Ingeniería civil). Universidad la Salle. Facultad Ingeniería. Programa Ingeniería Civil.

PRADA GUEVARA, Julián Andrés; ZAMBRANO ORDOÑES, Jairo: Estudio de elementos en guadua, solicitados a compresión con perforación para el relleno de mortero. Bogotá, 2003, pg. 63-64. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Unidad de estructuras y construcción.

QUIROGA DIONISIO, Reibid Javier: Influencia de nodos y uniones dentadas en laminados de Guadua Angustifolia Kunth. Bogotá, 2010. Tesis de grado. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil.

ROJAS ALVARADO, Javier Mauricio: análisis de las propiedades mecánicas de la guadua angustifolia mediante técnicas estadísticas y redes neuronales. Bogotá, 2013, pg.15-16. Trabajo (Magister en ingeniería). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Análisis Diseño y Materiales - GIES.

SALAZAR, Álvaro; QUINTERO, Carlos y FONTHAL, Gerardo. Revisión de la norma ISO-N314-22157 para estandarizar los ensayos de compresión paralela en la guadua Angustifolia kunth. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Vol. 39, No. 2, 56-63, 2016.

II Simposio internacional de GUADUA Y BAMBÚ "Consolidando el sector con innovación y sostenibilidad". Bogotá, 2014, pg. 80. ISBN 978-958-716-724-5.

II Simposio internacional de GUADUA Y BAMBÚ "Consolidando el sector con innovación y sostenibilidad". Bogotá, 2014, pg. 123-125. ISBN 978-958-716-724-5.

TAKEUCHI, Caori y GONZALEZ, Cesar. Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua angustifolia y determinación del módulo de elasticidad. Ing. Univ. Bogotá (Colombia), 11 (1): 89-103, enero-junio de 2007.

TAKEUCHI, Caori; DUARTE, Mauricio; ALARCON, John y OLARTE, Jairo. Estudio multifactorial de resistencia última a tensión paralela a la fibra en muestras de guadua Angustifolia Kunth. Revista de Ingeniería y Región, 2014 (11): 85-90.

TAKEUCHI, Caori; DUARTE, Mauricio; CAPERA, Andrés y ERAZO, Wilson. Análisis de Varianza Multifactorial para Resistencia Última a la Compresión paralela a la Fibra en Muestras de Guadua Angustifolia Kunth. Revista de Ingeniería y Región, No 9, Año 2012

Upton B., Miner R., Spinney M., Heath L. (2008) The Greenhouse gas and energy impacts of using Wood instead of alternatives in residential construction in the United States. Biomass and Bioenergy; 32 1:10.

ANEXOS

ANEXO 1

AÑO	AUTORES	TITULO	RESULTADOS		METODOS DE ENSAYO	REFERENCIA
			TENSIÓN (MPa)	COMPRESIÓN (MPa)		
2006	ING. CESAR EMILIO GONZÁLEZ QUEVEDO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA Y DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		82,23	ISO/DIS 22157. "Determination of physical and mechanical properties of bamboo" - ISO/DIS 22157-2. "Laboratory Manual on Testing Methods for Determination of physical and mechanical properties of bamboo" PROYECTO DE NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Determinación DE las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bambú.	GONZÁLEZ QUEVEDO, Cesar Emilio: resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua angustifolia y determinación del módulo de elasticidad. Bogotá, 2006, pg. 28. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Unidad de Estructuras.
				92,27		
				81,74		
				118,79		
				92,6		
				82,27		
				118,79		
2011	Mateo Gutiérrez González	Factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la guadua Angustifolia Kunth	76,11		Para realizar el ensayo de tensión paralela a la fibra, se siguió lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 5525, numeral 10, la cual es una adaptación de lo descrito en la norma INBAR, que posteriormente se convirtió en la norma ISO 22157.	GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, Mateo: factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a la tensión paralela a la fibra de la guadua Angustifolia Kunth. Bogotá, 2011, pg. 49, 93-94. Trabajo de Maestría (Magister en Ingeniería - Estructuras). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Unidad de Estructuras.
			76,79			
			78			
			79,17			
			80,3			
			81,3			
			82			
			82,51			
			83,02			
			83,19			
			83,06			

			82,69			
			82,13			
			81,37			
			80,5			
			79,6			
			78,56			
			77,53			
			76,5			
			75,48			
			74,43			
			73,36			
			72,26			
			71,1			
			69,88			
			68,62			
			67,31			
			65,93			
			64,49			
			63,01			
			67,15			
			70,23			
			73,28			
			76,17			
			78,94			
			81,48			
			83,64			
			85,65			
			87,28			

			88,53			
			89,07			
			88,68			
			88,29			
			87,91			
			87,52			
			86,48			
			84,3			
			81,58			
			78,61			
			75,72			
			73,05			
			70,56			
			68,19			
			65,9			
			63,69			
			61,56			
			59,44			
			57,28			
			55,1			
			52,91			
			78,01			
			79,1			
			80,21			
			81,28			
			82,34			
			83,28			
			84,09			

			84,67			
			85,19			
			85,57			
			85,7			
			85,68			
			85,65			
			85,62			
			85,19			
			84,58			
			83,69			
			82,58			
			81,33			
			80,02			
			78,68			
			77,35			
			76			
			74,66			
			73,32			
			71,98			
			70,65			
2012	Andrés Felipe Cepeda Osorio y Wilson Javier Erazo Espinoza	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA Y DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA DEL MUNICIPIO DE PITALITO-HUILA		36,93	De acuerdo a la NTC 5525 y NSR10 capítulo G.12. a). Ubicación de la zona de estudio. b). Selección de sitios de muestreo. c). Caracterización y corte de culmos. d). Ensayos para determinar la resistencia a la compresión paralela a la fibra.	CEPEDA OSORIO, Andrés Felipe; ERAZO ESPINOZA, Wilson Javier: resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la guadua Angustifolia del municipio de Pitalito-Huila. Neiva, 2012, pg. 83. Trabajo de grado (Ingeniero Agrícola). Universidad Surcolombiana. Facultad de
				36,47		
				40,6		

				37,31		Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola.
				38,69		
2013	JOHN EDINSON ALARCÓN GUTIÉRREZ y JAIRO FRANCISCO OLARTE FLÓRES	ESFUERZO MÁXIMO DE TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA Y DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA DEL MUNICIPIO DE PITALITO - HUILA.	62,39		Para realizar el ensayo de tensión paralela a la fibra, se siguió lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 5525, numeral 10, en este ensayo se puede determinar la resistencia última a tensión paralela a las fibras, aplicando una carga gradualmente creciente sobre la probeta.	ALARCÓN GUTIÉRREZ, John Edinson; OLARTE FLÓRES, Jairo Francisco: esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la guadua angustifolia del municipio de Pitalito - Huila. Neiva, 2013, pg. 72. Trabajo de grado (Ingeniero Agrícola). Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola.
			51,15			
			48,71			
			57,73			
			61,06			
			73,69			
			66,89			
			55,6			
			64,17			
			63,64			
2013	JAVIER MAURICIO ROJAS ALVARADO	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS Y REDES NEURONALES	60,82	29,29	Análisis estadísticos de (GIES y Grupo de Investigación en Madera y Guadua, 2010), página 48. (GIES y Grupo de Investigación en Madera y Guadua, 2010), página 59.	ROJAS ALVARADO, Javier Mauricio: análisis de las propiedades mecánicas de la guadua angustifolia mediante técnicas estadísticas y redes neuronales. Bogotá, 2013, pg.15-16. Trabajo (Magister en ingeniería). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Análisis Diseño y Materiales - GIES.
			61,37	29,62		
			61,81	37,63		
	JUAN CARLOS	DETERMINACIÓN		57,14	Para realizar el ensayo de	GONZÁLEZ AVILA, Juan

2012	GONZÁLEZ AVILA y YESENIA LEGUISAMÓN RENDÓN	DE LA RRESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA DE LA GUADUA (Angustifolia Kunth) EN FUNCION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD		53,78	tensión paralela a la fibra, se siguió lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 5525.	Carlos; LEGUISAMÓN RENDÓN, Yesenia: determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua (Angustifolia Kunth) en función del contenido de humedad. Bogotá, 2012, pg. 62-64. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería civil. Sublínea de investigación materiales.
				54,93		
				45,04		
				43,52		
				58,15		
				60,21		
				64,72		
				54,34		
				50,58		
				46,94		
				47,46		
				45,7		
				42,67		
				42,31		
2003	DIEGO LEON JARAMILLO SUAREZ Y ANA GISELLA SANCLEMENTE MANRRIQUE	ESTUDIO DE UNIONES EN GUADUA CON ANGULO DE INCLINACIÓN ENTRE ELEMENTOS	27,73	96,02	Montajes tipo (SMV)(SC)(DG)	JARAMILLO SUAREZ, Diego León; SANCLEMENTE MANRRIQUE, Ana Gisella: Estudio de uniones en guadua con ángulo de inclinación entre elementos. Bogotá, 2003, pg. 51-52. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil.
			33,54	101,17		
			38,48	69,76		
			38,45	76,82		
				62,04		
				54,26		
				30,45		
				32,72		
			55,53	88,63		
			83,59	117,93		
			57,87	119,91		
			59,68	104,19		
			66,51			
2003	JULIÁN	ESTUDIO DE		418,56	Se plantea ejecutar cuatro	PRADA GUEVARA, Julián

ANDRÉS PRADA GUEVARA Y JAIRO ZAMBRANO ORDOÑES	ELEMENTOS EN GUADUA, SOLICITADOS A COMPRESIÓN, CON PERFORACIÓN PARA EL RELLENO DE MORTERO		612,89	tipos de ensayo: Probeta sin hueco y sin relleno de mortero, probeta con hueco y sin relleno de mortero, probeta con hueco y con relleno de mortero y finalmente probeta con hueco, con relleno de mortero y la solución establecida.	Andrés; ZAMBRANO ORDOÑES, Jairo: Estudio de elementos en guadua, solicitados a compresión con perforación para el relleno de mortero. Bogotá, 2003, pg. 63-64. Trabajo de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Unidad de estructuras y construcción.
			624,44		
			702,51		
			679,98		
			595,95		
			631,03		
			613,28		
			480,39		
			470,41		
			388,05		
			524,92		
			311,4		
			469,84		
			547,81		
			462,84		
			452,17		
			421,15		
			498,44		
			270,1		
			407,32		
			290,82		
			434,39		
			436,57		
			369,63		
			414,54		
			489,95		

				447,18		
				465,66		
				413,34		
				510,62		
				467,34		
				352,26		
				304,4		
				454,13		
				478,21		
				429,88		
				487,36		
				640,26		
				465,36		
				434,23		
				560,6		
2016	GUISELLA ALEXANDRA LOPEZ RODRIGUEZ Y JHON LEANDRO SALCEDO ROJAS	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR Y DETERMINACIÓN DEL MODULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL DE LA guadua Angustifolia Kunth DEL MUNICIPIO DE PITALITO		11,25	Normas Técnicas Colombianas (NTC 5525), Normas Sismorresistentes 2010 (NSR-10), ISO/DIS 22157-2 " Laboratory Manual On testing Methods for determination of Physical an Mechanical Properties of Bambu " y protocolo para la medición del contenido de humedad de la Guadua angustifolia del Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de	LOPEZ RODRIGUEZ, Guisella Alexandra; SALCEDO ROJAS, Jhon Leandro: Resistencia a compresión perpendicular y determinación del módulo de elasticidad circunferencial de la guadua Angustifolia Kunth del municipio de Pitalito. Neiva, Huila, 2016, pg. 50. Universidad Surcolombiana. Facultad de ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola.
				8,22		
				2,1		
				6,82		
				12,95		
				9,17		
				8,03		

				5,86	Colombia Sede Bogotá.	
				13,19		
2014	M.L.S Cruz, K. Ghavami y L.Y. Morales	ROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES PARA MODELAR EL COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA	93,4		Se realizó con ayuda de un microscopio óptico imágenes de muestras preparadas en el Laboratorio de Microscopia Digital de la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro (PUC-Rio). Las muestras analizadas fueron extraídas de la cepa, basa y sobrecapa de culmos de Guadua Angustifolia, procedentes del Jardín Botánico de Rio de Janeiro, con una edad de 4 años	II Simposio internacional de GUADUA Y BAMBÚ "Consolidando el sector con innovación y sostenibilidad". Bogotá, 2014, pg. 80. ISBN 978-958-716-724-5.
			95,8			
			115,8			
2014	PATRICIA LUNA Y CAORI TAKEUCHI	RESISTENCIA MECANICA DE ELEMENTOS DE FIBRA DE GUADUA COMPACTADA	135,11	112,07	Los ensayos fueron realizados siguiendo los lineamientos establecidos en la norma internacional ASTM D143-94 y en diferentes normas colombianas NTC para la determinación de resistencias mecánicas para maderas	II Simposio internacional de GUADUA Y BAMBÚ "Consolidando el sector con innovación y sostenibilidad". Bogotá, 2014, pg. 123-125. ISBN 978-958-716-724-5.
			166,86	68,97		
			292,66	109,64		
2013	CÉSAR LEONARDO ARDILA PINILLA	DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE ESFUERZOS ADMISIBLES DEL BAMBÚ guadua Angustifolia Kunth DEL DEPARTAMENTO		26,88	La preparación y ensayo de las probetas se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en la NTC5525.	ARDILA PINILLA, César Leonardo: Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú guadua Angustifolia Kunth del departamento del Tolima, Colombia. Bogotá, 2013, pg. 43-44. Tesis optar
				23,72		
				24,93		

		DEL TOLIMA, COLOMBIA		39,9		(Magister en Construcción). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes. Proyecto Arquitectónico de Producto. Maestría en Construcción.
				50,01		
				47,85		
2014	SANTIAGO CORENA CÓRDOBA	INFLUENCIA DEL DIAMETRO DEL PERNO EN LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DOBLE EN CONEXIONES EMPERNADAS SOLICITADAS A CARGA PARALELA A LA FIBRA EN ESTRUCTURAS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA CON RELLENO	83,99	42,17	La preparación y ensayo de las probetas se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en la NTC5525.	CORENA CÓRDOBA, Santiago: Influencia del diámetro del perno en la resistencia al cizallamiento doble en conexiones empernadas solicitadas a carga paralela a la fibra en estructuras de guadua Angustifolia con relleno. Bogotá, 2014. Tesis optar (Ingeniería civil). Universidad la Salle. Facultad Ingeniería. Programa Ingeniería Civil.
			82,39	49,47		
			217,44	45,26		
			91,9	48,4		
			140,84	48,89		
			200,11	44,75		
			163,55	50,73		
			94,92	49,93		
			104,21	45,61		
			71,02			
				55,77		
			111,72	55,99		
			113,34	44,56		
			240,44	57,07		
			74,4	53,74		
			104,31	45,94		
			136,61	46,91		
			59,41	50,73		
			223,77	43,63		

			135,55	53,14		
			116,06	56,09		
				56,77		
2014	VIVIANA ANDREA PACHON QUINTANA Y JORGE IVN SANABRIA AGUAS	INFLUENCIA DEL DIAMETRO DEL PERNO EN LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DOBLE DE CONEXIONES EMPERNADAS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA CON CARGA PERPENDICULAR	131,6	60,2	Se estableció de acuerdo a la NTC 5525	PACHON QUINTANA, Viviana Andrea, SANABRIA AGUAS, Jorge Iván: Influencia del diámetro del perno en la resistencia al cizallamiento doble de conexiones empernadas de guadua Angustifolia con carga perpendicular. Bogotá, 2014. Tesis optar (Ingeniería civil). Universidad la Salle. Facultad Ingeniería. Programa Ingeniería Civil.
2013	JHON FREDDY CELY MORENO Y JHON MAURICIO CRUZ VARGAS	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA SECCIÓN DE UN PUENTE PEATONAL MODULAR CONSTRUIDO EN GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH.	84	37,8	De acuerdo a la NTC 5525	CELY MORENO, Jhon Freddy; CRUZ VARGAS, Jhon Mauricio: Determinación de la resistencia de los elementos que conforman la sección de un puente peatonal modular construido en guadua Angustifolia Kunth. Bogotá, 2014. Tesis optar (Ingeniería civil). Universidad la Salle. Facultad Ingeniería. Programa Ingeniería Civil.
			82,4	39		
			217,4	49,4		
			91,9	66,1		
			140,8	45,9		
			200,1	47,4		
			163,8	46,8		
			84,3	42,6		
			104,2	41,7		
			71	50		
			111,2	44,7		
			113,3	43,3		
			240,4	40,5		

			74,4	35,1		
			104,3	40,1		
			136,6			
			59,4	50,7		
			223,8	47,5		
			155,6	47,9		
			116,1	53,7		
2010	REIBID JAVIER QUIROGA DIONISIO	INFLUENCIA DE NODOS Y UNIONES DENTADAS EN LAMINADOS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH	142,2			QUIROGA DIONISIO, Reibid Javier: Influencia de nodos y uniones dentadas en laminados de Guadua Angustifolia Kunth. Bogotá, 2010. Tesis de grado. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil.
			79,4			
			120,5			
			79			
			125,8			
			73,1			

ANEXO 2

AÑO	AUTORES	TITULO	RESULTADOS		METODOS DE ENSAYO	REFERENCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA	Q (Cuartil)
			TENSION (MPa)	COMPRESIÓN (MPa)				
2005	HÉCTOR JOSÉ CIRO VELÁSQUEZ, JAIRO ALEXANDER OSORIO SARAZ Y JUAN MANUEL VÉLEZ RESTREPO.	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA A Tensión Y CIZALLADURA DE LA Guadua Angustifolia KUNTH	190,70		De acuerdo a las normas ASTM 143-94 e ISO TC 165 DEL INBAR (1999).	CIRO VÉLASQUEZ, Héctor José; OSORIO SARAZ, Jairo Alexander y VELEZ RESTREPO, Juan Manuel. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin (online). 2005. vol.58, n.1, pp.2709-2715. ISSN 0304-2847.	Categoría A2 – Colciencias	
2007	HÉCTOR JOSÉ CIRO VELÁSQUEZ, JAIRO ALEXANDER OSORIO SARAZ Y JUAN MANUEL VÉLEZ RESTREPO.	ESTRUCTURA INTERNA DE LA GUADUA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS	124,15		De acuerdo a las normas ASTM 143-94 e ISO TC 165 DEL INBAR (1999).	OSORIO, JAIRO ALEXANDER; VELEZ, JUAN MANUEL and CIRO, HÉCTOR JOSÉ. ESTRUCTURA INTERNA DE LA GUADUA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS. <i>Dyna rev.fac.nac.minas</i> [online]. 2007, vol.74, n.153, pp.81-94. ISSN 0012-7353.	Categoría A1 - Publindex - SJR:0,24 - Cites per doc:0,44	
			67,89					
			108,62					
			83,41					
2014	PATRICIA LUNA, JORGE LOZANO Y CAORI TAKEUCHI	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA PARA GUADUA	39,9	19,1	Materiales tomados de 3 departamentos de Colombia, selección	LUNA, Patricia; LOZANO, Jorge y TAKEUCHI, Caori. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para Guadua angustifolia. <i>Maderas, Cienc.</i>	RG Journal Impac: 0,85	
			37,1	19,3				

		ANGUSTIFOLIA	41,4	23,6	de culmos de guadua con edades de 3 a 6 años y posteriormente se fallaron probetas.	Tecnol. [Online]. 2014, vol.16, n.1, pp.77-92. Epub 25-Nov-2013. ISSN 0718-221X.		
2016	ÁLVARO ANDRÉS SALAZAR JARAMILLO, CARLOS MAURICIO QUINTERO SUAREZ YGERARDO FONTHAL	REVISIÓN DE LA NORMA ISO-N314-22157 PARA ESTANDARIZAR LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN PARALELA EN LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH		61,59	ISO-N314-22157	SALAZAR, Álvaro; QUINTERO, Carlos y FONTHAL, Gerardo. Revisión de la norma ISO-N314-22157 para estandarizar los ensayos de compresión paralela en la guadua Angustifolia kunth. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Vol. 39, No. 2, 56-63, 2016.	SJR: 0,1 - Cites per doc:0,02	Q4
				60,37				
				63,66				
				66,34				
2007	CAORI PATRICIA TAKEUCHI TAM Y CÉSAR EMILIO GONZÁLEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA Y DETERMINACIÓN DEL MODULO DE ELASTICIDAD		92,6	a). Preparación de muestras de 4 guaduales diferentes, mayores de 5 años. b). Se hicieron ensayos con deformímetros eléctricos de acuerdo a la norma ISO 22157. c). Se	TAKEUCHI, Caori y GONZALEZ, Cesar. Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua angustifolia y determinación del módulo de elasticidad. Ing. Univ. Bogotá (Colombia), 11 (1): 89-103, enero-junio de 2007.	0,66	
				82,27				
				118,79				

					observaron las fallas.			
2002	LUIS FELIPE LÓPEZ MUÑOS Y DAVID TRUJILLO CHEATLE	DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS EN ESTRUCTURAS DE GUADUA	53,51	47,7	ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA. 1998. Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS.	LÓPEZ, Luis y TRUJILLO, David. Diseño de uniones y elementos en estructuras de guadua. SIGGUADUA. Seminario - Taller avances en la investigación sobre Guadua. Pereira, mayo 16-17 y 18 de 2002		
				42,46				
				36,28				
				26,36				
				16,77				
2007	ANTÓNIO LUDOVICO BERALDO, DANIEL ALBIERO, ANTONIO JOSÉ DA SILVA MACIEL, INÁCIO MARIA DAL FABBRO Y SILVESTRE RODRIGUEZ	TÉCNICA DE MOIRÉ APLICADA AL ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE COMPRESIÓN EN EL BAMBÚ GUADUA		1304	TECNICA DE MOIRÉ	LUDOVICO, Antonio; ALBIERO, Daniel; DA SILVA, Antonio; DAL FABBRO, Inacio y RODRIGUEZ, Silvestre. Técnica de MOIRÉ aplicada al análisis de esfuerzos de compresión en el bambú guadua. <i>Maderas, Cienc. Tecnol.</i> [Online]. 2007, 9(3), pp.309-322. ISSN 0718-221X.	RG Journal Impac: 0,85	
				1565				
				1825				
				2087				
				2348				
				2609				
				1316				
				1580				
				1842				
				2106				
				2369				
				2633				
				2633				
				1271				

				1525				
				1779				
				2033				
				2288				
				2542				
				1302				
				1563				
				1823				
				2083				
				2344				
				2605				
				1313				
				1575				
				1837				
				2100				
				2363				
				2626				
				1355				
				1626				
				1896				
				2168				
				2439				
				2710				
				1364				
				1637				
				1909				
				2182				
				2455				

				2728				
				1370				
				1645				
				1918				
				2192				
				2467				
				2741				
				1364				
				1638				
				1910				
				2183				
				2456				
				2729				
2002-2004	Khosrow Ghavami y Albanise B. Marinho	PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CULMO INTERNO DEL BAMBÚ DE ESPECIE GUADUA ANGUSTIFOLIA	93,38		Se trabajó en el Laboratorio de Estructuras y Materiales del Departamento de Ingeniería civil de PUC-Rio	GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise. Propiedades físicas y mecánicas del culmo interno del bambú de especie guadua Angustifolia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.107-114, 2005.	JCR-ISI: 0,550	
			69,88					
			95,8					
			82,62					
			115,84					
			64,26					
2006	HÉCTOR ÁLVARO GONZÁLEZ B., JORGE AUGUSTO MONTOYA Y JOSE RUBIEL BEDOYA	ESFUERZO DE TENSIÓN Y LA INFLUENCIA DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE Y LA ALTURA A LO LARGO DEL TRAMO EN LA	161,5		De acuerdo con la norma ISO 22 157-1: 2004	GONZÁLEZ B., HÉCTOR ÁLVARO, MONTOYA, JORGE AUGUSTO, RUBIEL BEDOYA, JOSE, 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	visualizaciones 217	
			191,6					
			172,8					

		ESPECIE DEL BAMBÚ Guadua Angustifolia Kunth	154,8			Guadua angustifolia Kunth. Scientia Et Technica [en línea] 2006, XII (Diciembre-Sin mes) : [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2017] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911652078> ISSN 0122-1701		
			187,7					
			164,9					
2014	CAORI TAKEUCHI, MAURICIO DUARTE, JOHN ALARCON Y JAIRO OLARTE	ESTUDIO MULTIFACTORIAL DE RESISTENCIA ÚLTIMA A TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA EN MUESTRAS DE GUADUA Angustifolia Kunth	75	75,15	Se basó en las normas NTC 5300, NTC 5525, NSR 10 e ISO/TC 165N315	TAKEUCHI, Caori; DUARTE, Mauricio; ALARCON, John y OLARTE, Jairo. Estudio multifactorial de resistencia última a tensión paralela a la fibra en muestras de guadua Angustifolia Kunth. Revista de Ingeniería y Región, 2014 (11): 85-90.	1,039 visitas	
			75,15	67,01				
			72,77	75				
				74				
2016	MAURICIO DUARTE, GUISSOLA ALEXANDRA LÓPEZ Y MARÍA CAMILA CAMPOS	Factores Edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la Guadua Angustifolia	57,95	38,32	De acuerdo a la norma NTC 5525	DUARTE, Mauricio; LÓPEZ, Guissela y CAMPOS, María. Factores Edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la Guadua Angustifolia. Revista Ingeniería y Región. 2016; 15 (1): 9-21.	1,039 visitas	
			61,25	38,35				
			62,31	38,96				
			62,71	38,19				
				35,38				
2012	CAORI TAKEUCHI, MAURICIO DUARTE, ANDRÉS CAPERA Y WILSON ERAZO	Análisis de Varianza Multifactorial para Resistencia Última a la Compresión paralela a la Fibra en Muestras de Guadua Angustifolia Kunth.		22,7	De acuerdo a: La norma unificada para el manejo y aprovechamiento de la Guadua (Carder 2002), ISO/TC 16N315 2001, NTC	TAKEUCHI, Caori; DUARTE, Mauricio; CAPERA, Andrés y ERAZO, Wilson. Análisis de Varianza Multifactorial para Resistencia Última a la Compresión paralela a la Fibra en Muestras de Guadua Angustifolia Kunth. Revista de Ingeniería y Región, No 9, Año 2012	1,039 visitas	
				49,64				
				49,64				
				49,35				
				49,64				

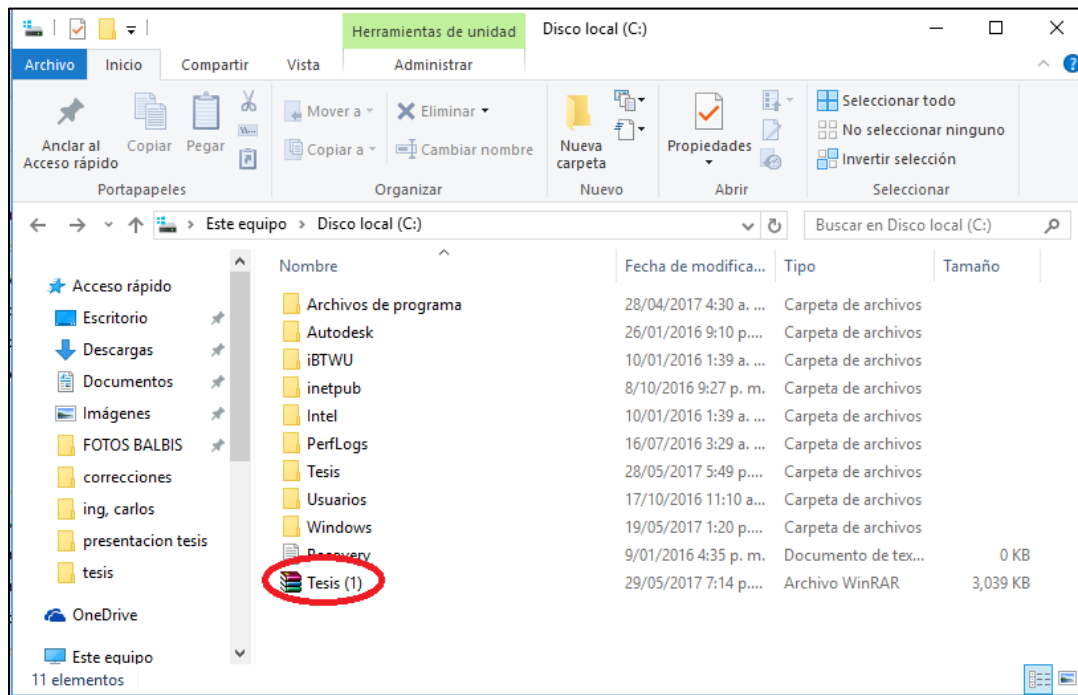
					5300, NTC 5525, NSR-10 (2010) Titulo G y el Protocolo de la Universida d Nacional de Colombia Sede Bogotá 2008.			
--	--	--	--	--	---	--	--	--

ANEXO 3

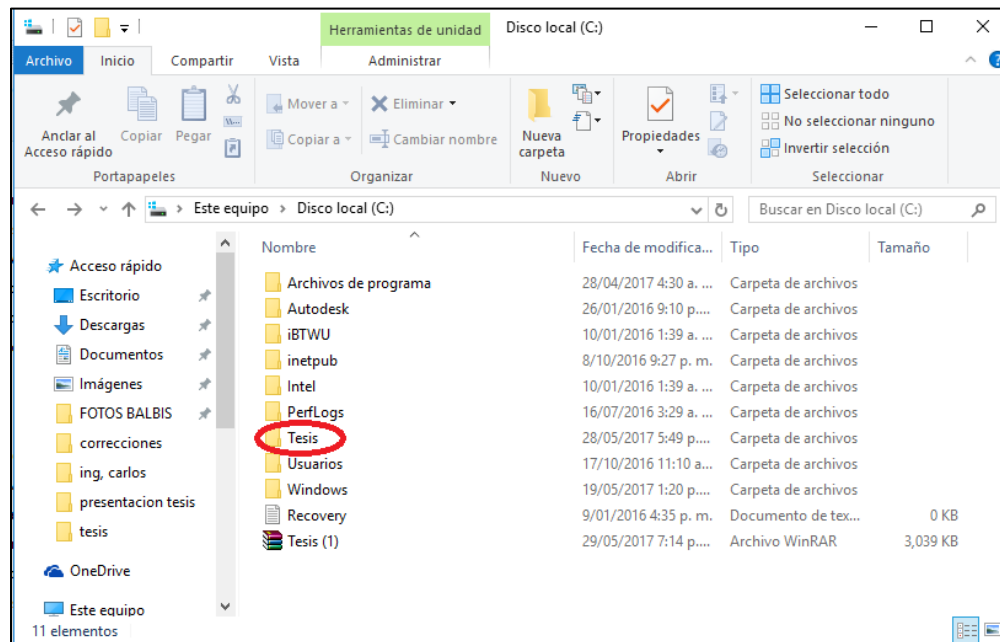
INSTRUCTIVO DE USO DE LA BASE DATOS (VISUAL BASIC)

En el siguiente instructivo se plantea el manejo de la base de datos en Excel adecuado para su implementación, el cual ayudara a solucionar la problemática propuesta.

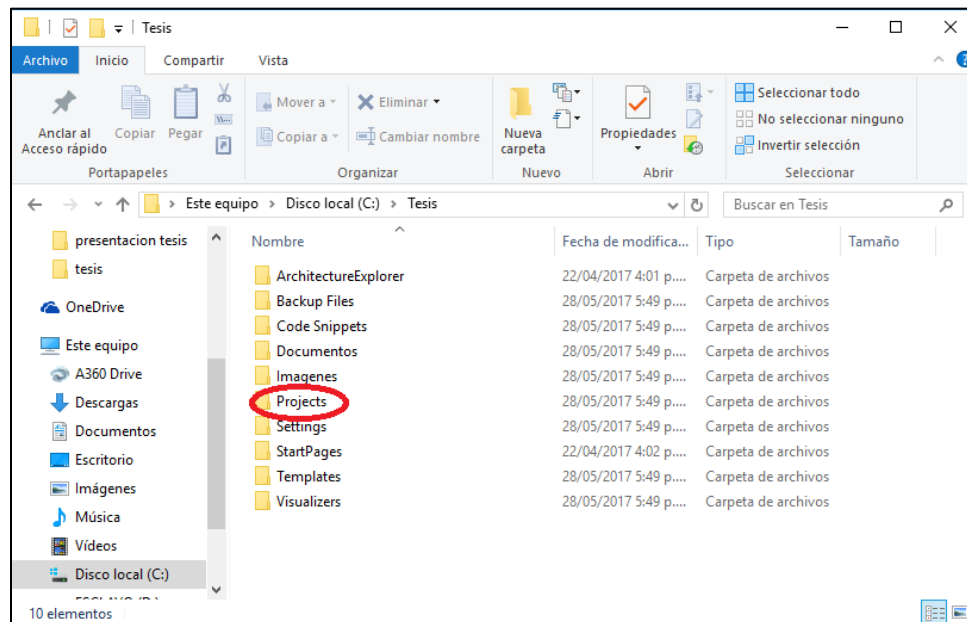
Inicialmente se descarga el archivo en el disco local “C”



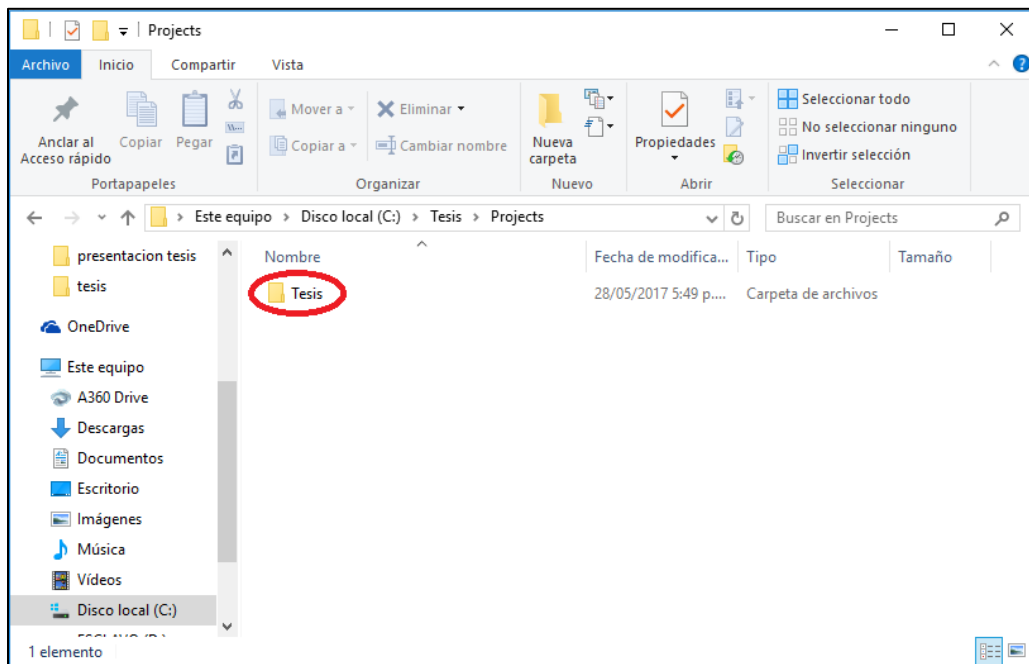
Se procede a descomprimir la carpeta



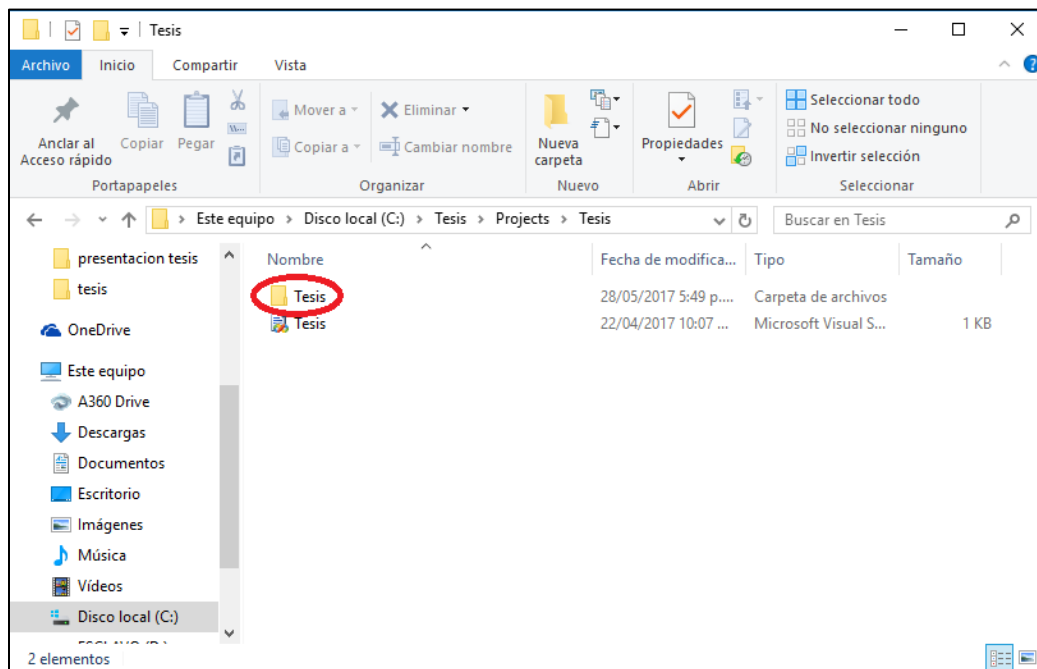
Se abre la carpeta “Tesis” luego se abre la carpeta Projects



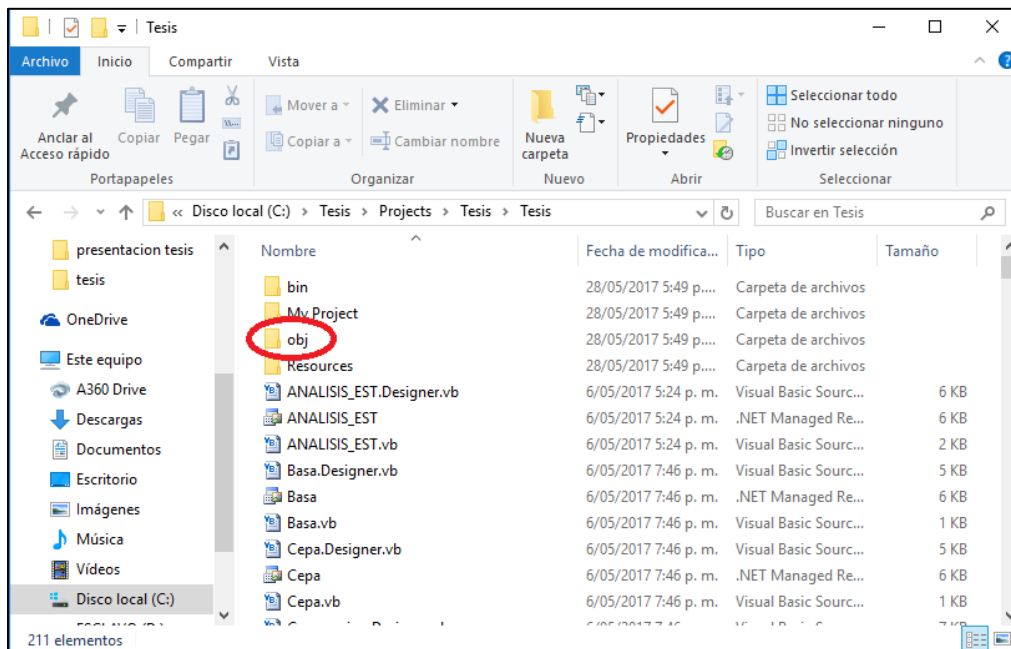
Se continúa abriendo la carpeta “Tesis”



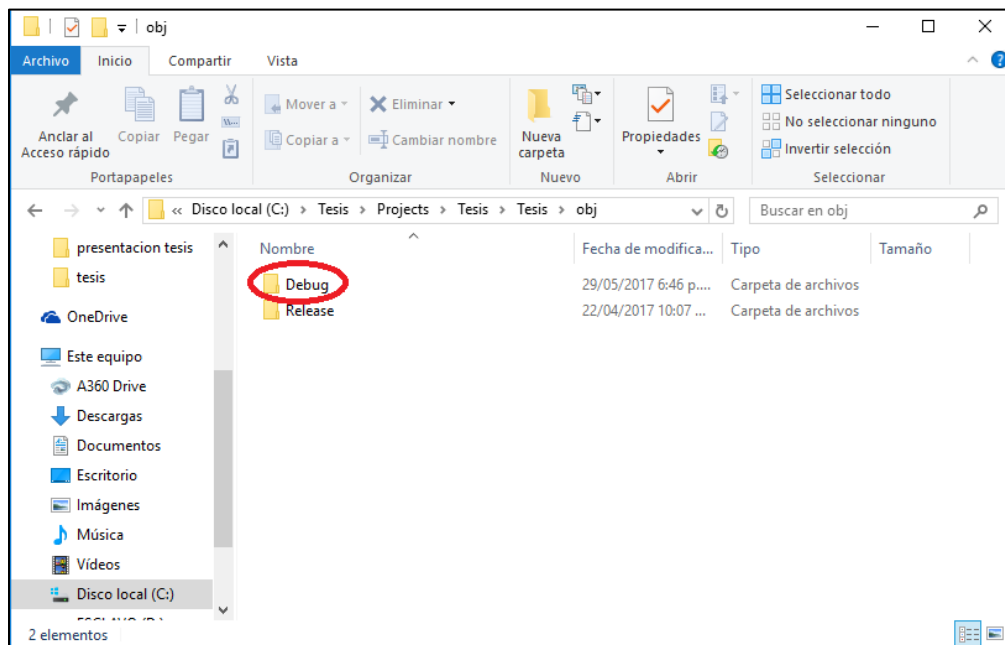
Nuevamente damos clic en la carpeta “Tesis”



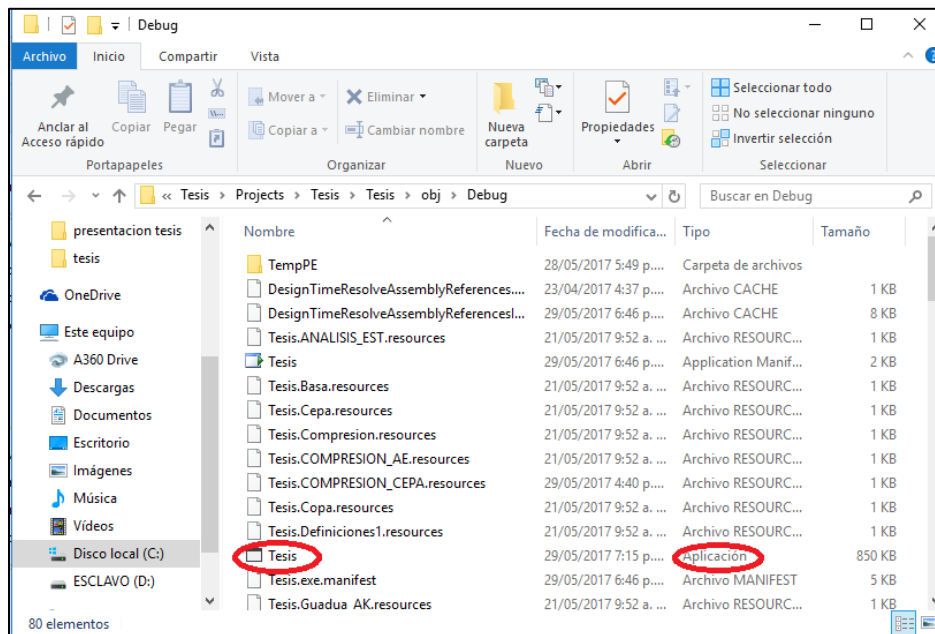
Se da click en la carpeta “obj”



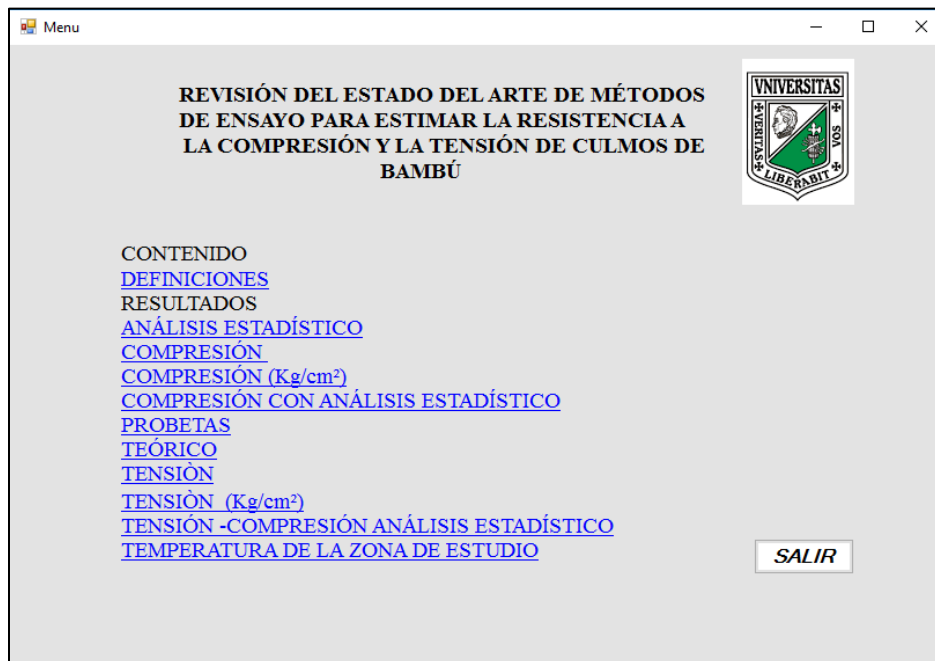
Se repite la acción de nuevo en la carpeta “Debug”



Se procede a ejecuta el programa dando clic en “Tesis aplicación”



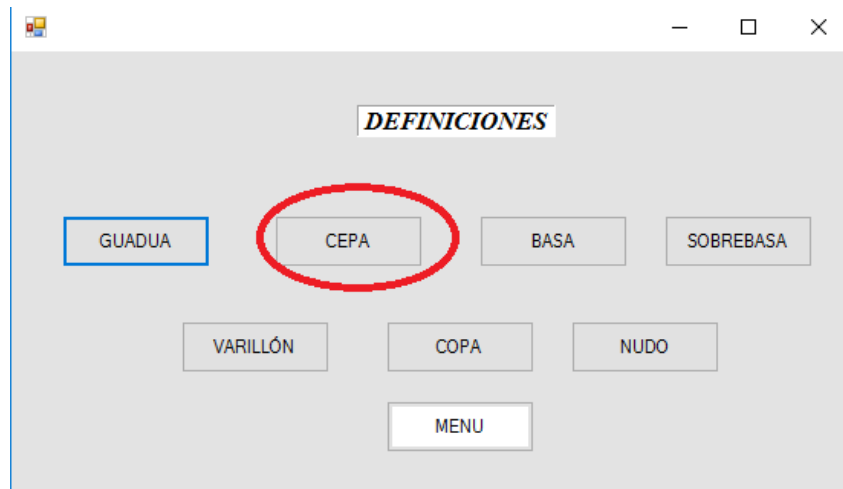
Se abre la siguiente pantalla, donde se podrá comenzar a navegar dentro de la base de datos.



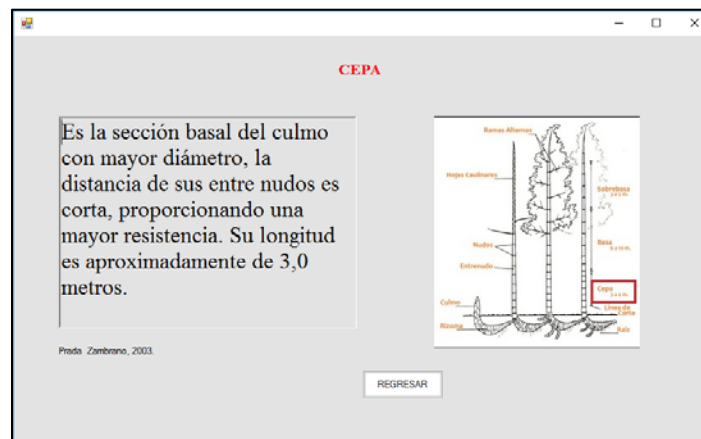
En la anterior pantalla se encuentra el contenido de la información recopilada, la cual se compone de una serie de definiciones y resultados, los cuales están de acuerdo a las categorías anteriormente descritas como son: análisis estadístico (MPa), compresión (MPa), compresión (Kg/cm²), compresión con análisis estadístico (MPa), probetas (MPa), teórico (MPa), tensión (MPa), tensión

(kg/cm²), tensión - compresión análisis estadístico (MPa) y temperatura de la zona de estudio (MPa). Donde a continuación se explicara cómo obtener los resultados de acuerdo a la necesidad de estudio.

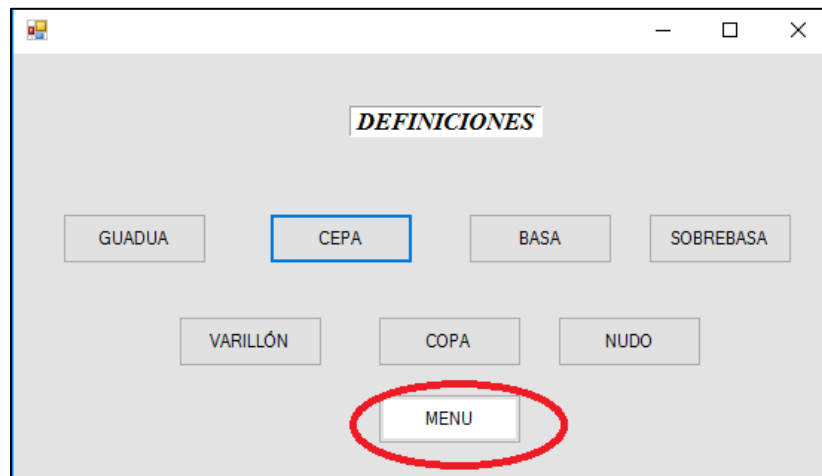
8.1.1. Contenido: Definiciones, en este apartado se encuentran las definiciones de cómo está conformada la guadua.



Al dar clic sobre cualquier botón llevara al lector a una definición, ejemplo: si se da clic sobre **CEPA** esta nos arrojará la siguiente ventana:

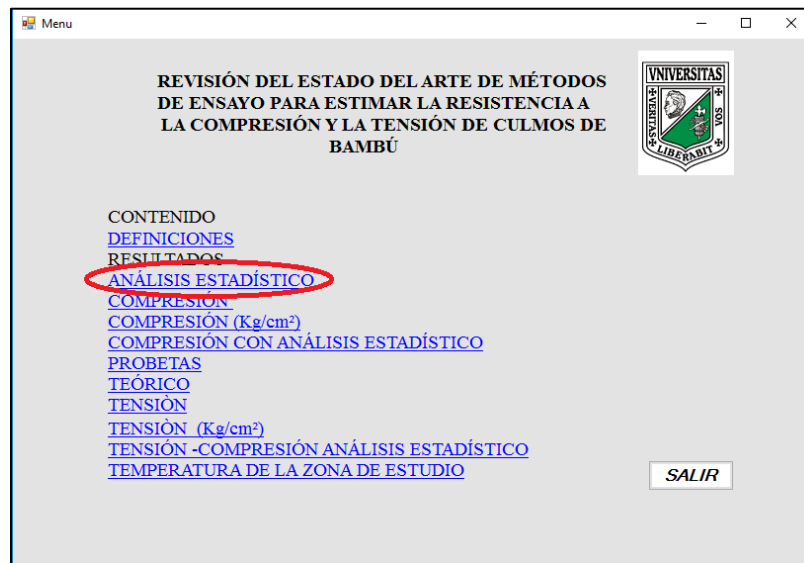


En esta ventana se evidenciara la definición y se encuentra la ubicación en la figura, de las partes de la guadua. También se encuentra un botón para **REGRESAR** a las definiciones. De esta manera podrán acceder a cualquier definición comprendida dentro de la base de datos. Para volver a la pantalla inicial se da clic sobre el botón llamado **MENÚ**.



8.1.2. Resultados:

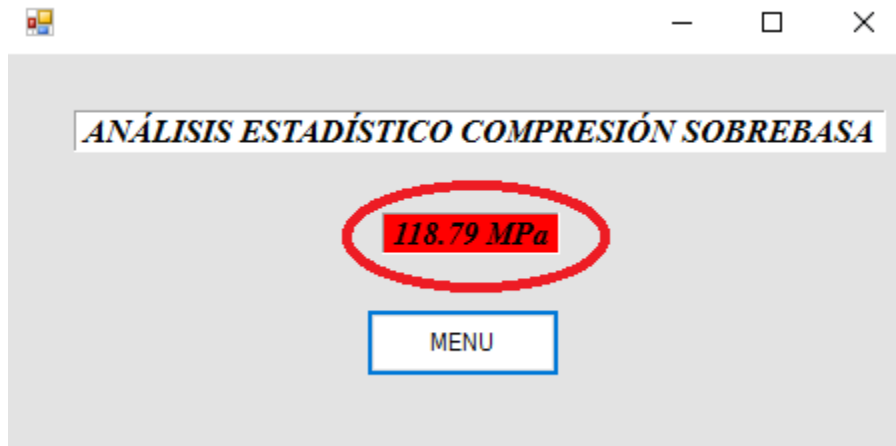
Análisis estadístico, al dar clic sobre este botón se abrirá una ventana en la cual se puede observar los resultados acerca de; compresión con cepa, compresión con basa, compresión con sobrebasa y (tensión, compresión como tal de una probeta normal).





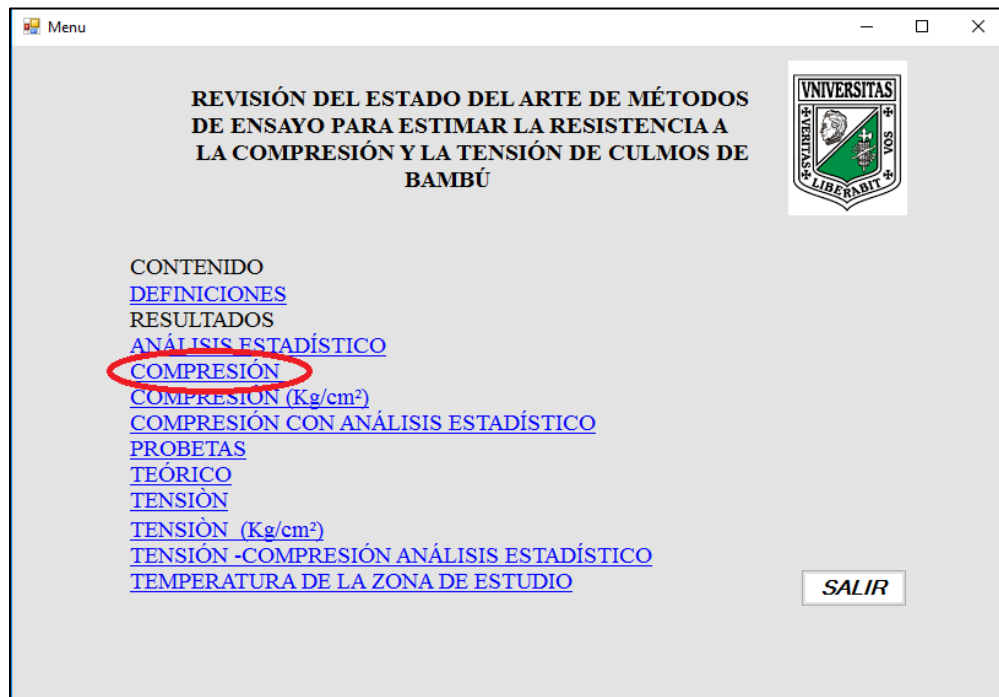
En cada una de estas opciones se desplegarán los datos correspondientes a los resultados de estos ensayos, ejemplo: al dar clic sobre **COMPRESIÓN CON SOBREBASA**, se desplegarán los resultados de esta.





En este caso solo se tiene uno, en la misma ventana, se encuentra un botón de **MENU**

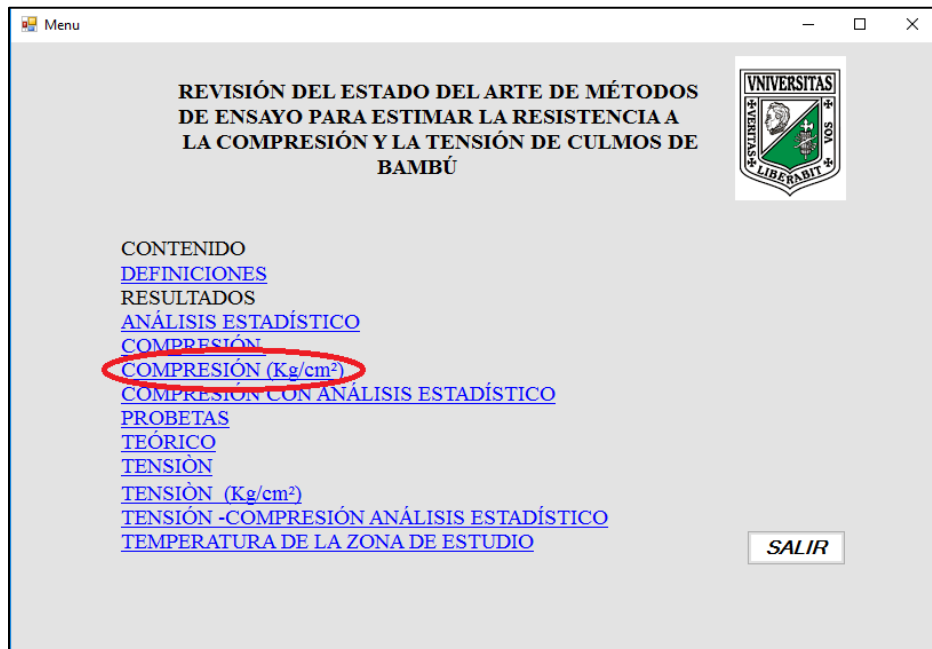
Compresión, al dar clic sobre este botón se abrirá la ventana que llevara al lector a los resultados encontrados sobre; cepa, basa, sobre basa, sin nudo, con nudo, cepa y contenido de humedad, basa y contenido de humedad y sobrebasa y contenido de humedad.

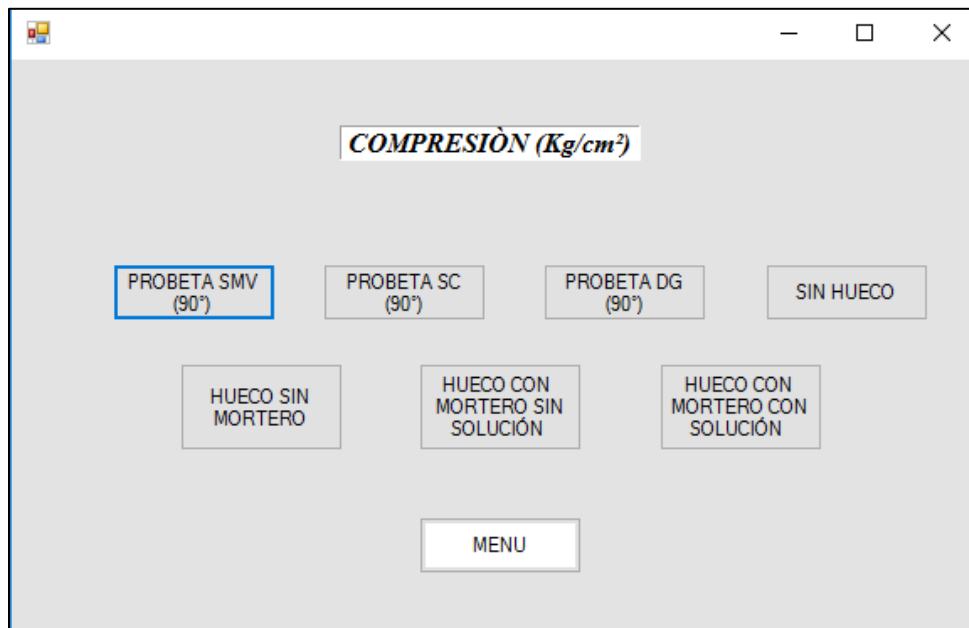




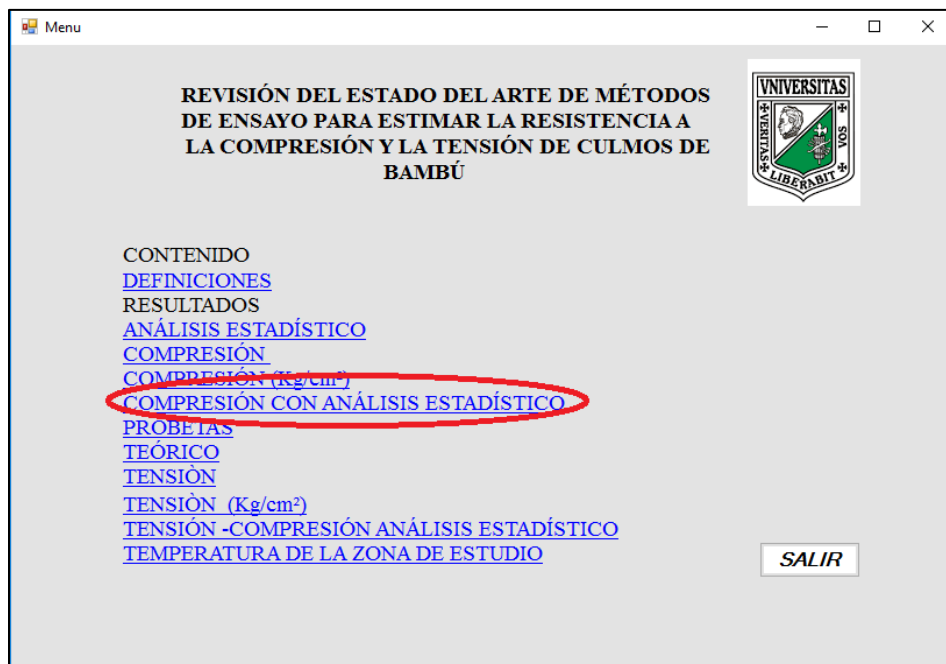
De igual manera al anterior numeral se encuentran los resultados de acuerdo a lo que se desee buscar.

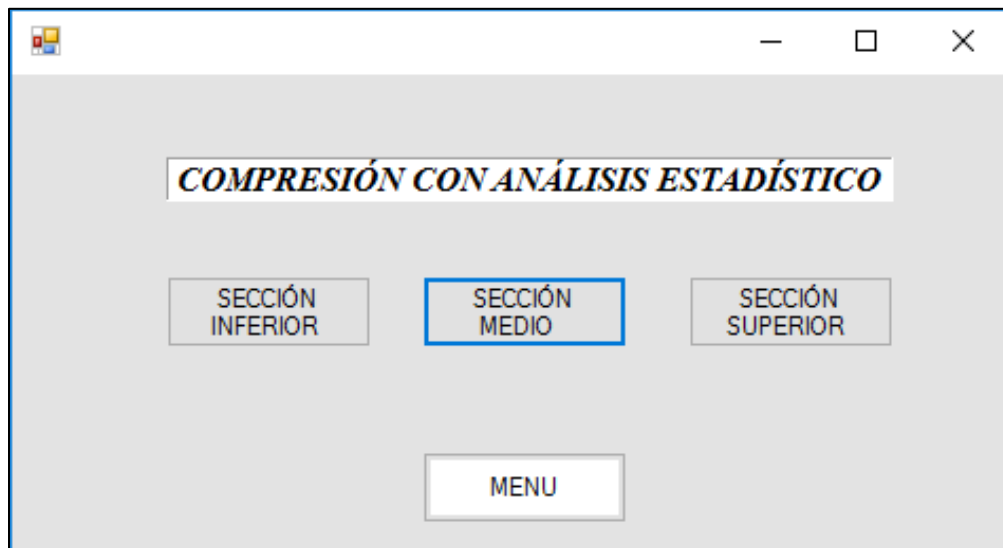
Compresión (kg/cm^2), al dar clic sobre este botón se abrirá una ventana la cual muestra los resultados sobre; probeta SMV (90°), probeta SC (90°), probeta DG (90°), sin hueco, hueco sin mortero, hueco con mortero sin solución y hueco con mortero con solución.





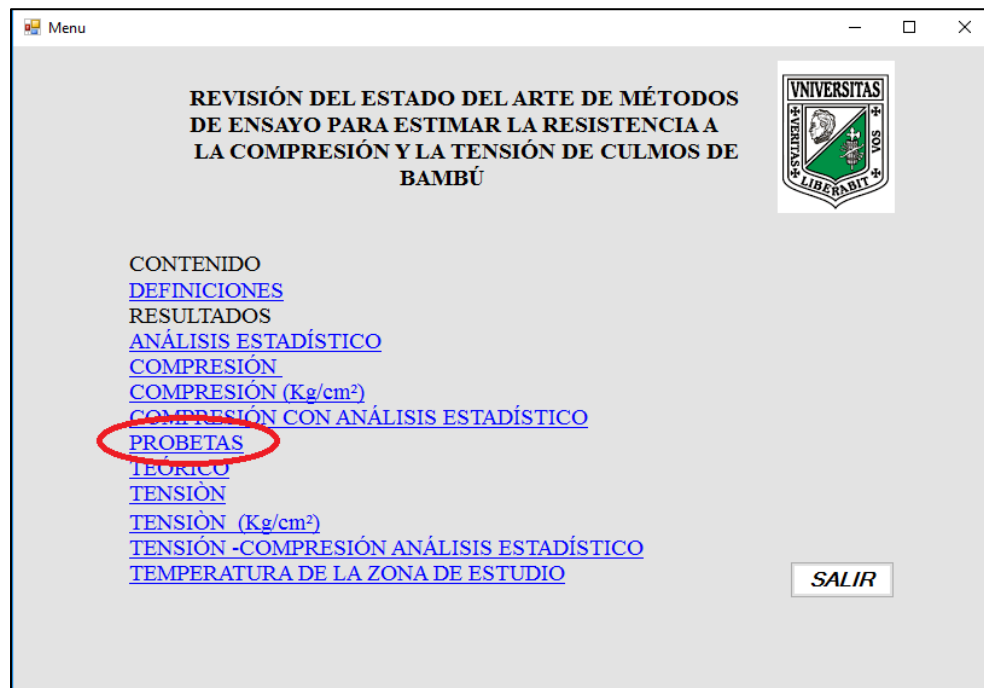
Compresión con análisis estadístico, al dar clic sobre este botón se abrirá una ventana la cual muestra los resultados sobre; sección inferior, sección media y sección superior.

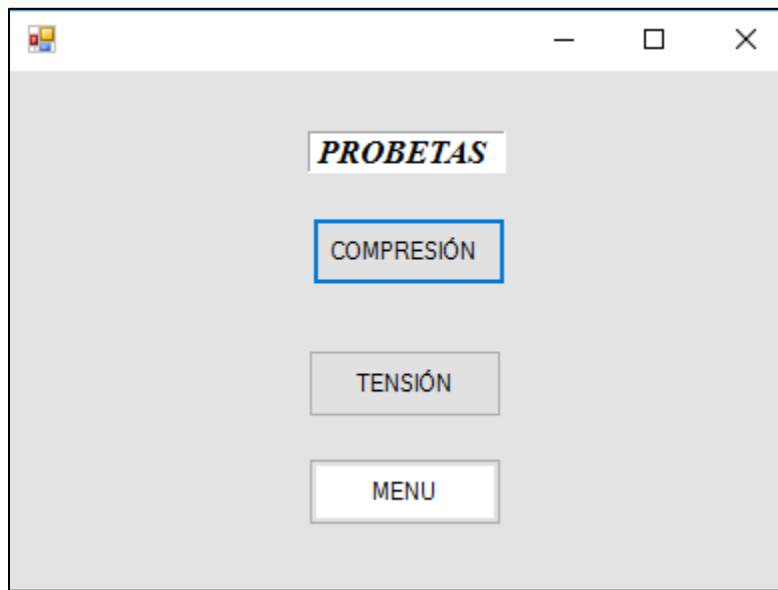




Como en el primer numeral se encuentran los resultados de acuerdo a lo que se desee buscar.

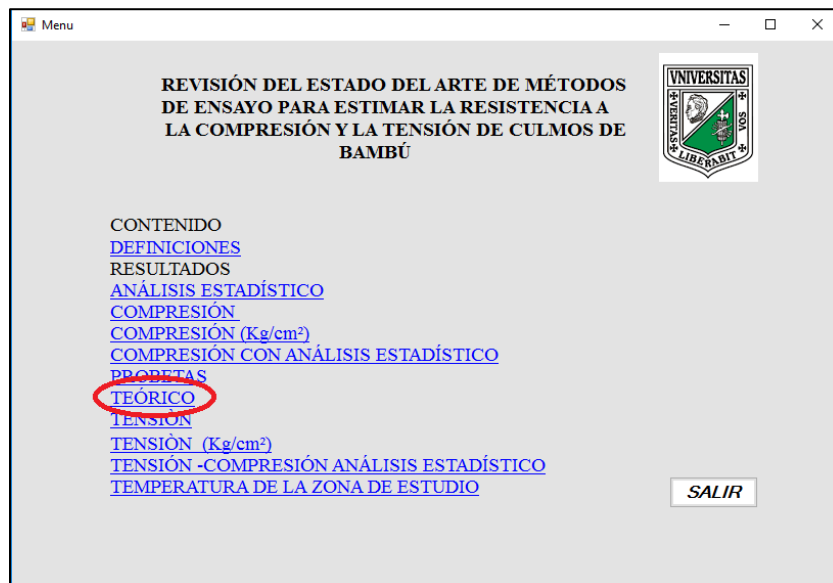
Probetas, al dar clic sobre este botón se despliega una ventana, la cual muestra los resultados sobre; compresión y tensión.





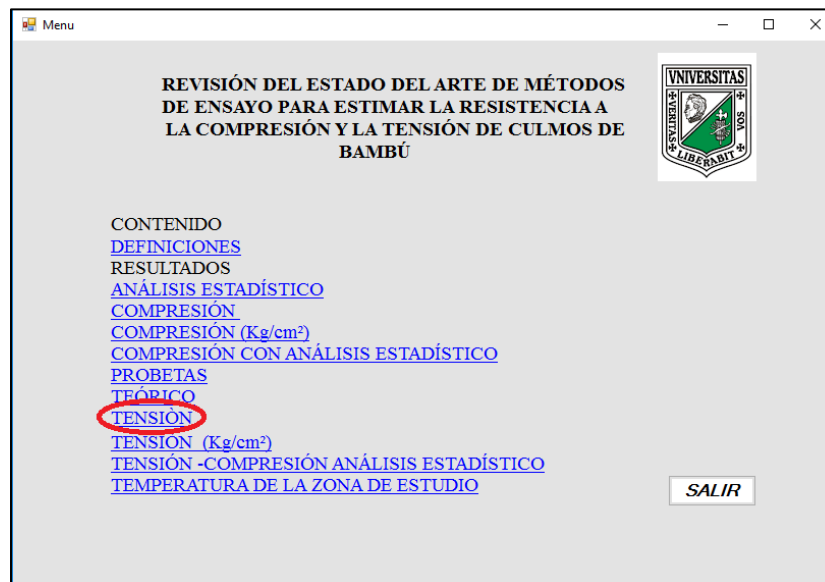
De igual manera que en el primer numeral se encuentran los resultados de acuerdo a lo que se desee buscar.

Al dar clic sobre el botón “Teórico” se despliega una ventana la cual muestra los resultados sobre compresión y tensión.





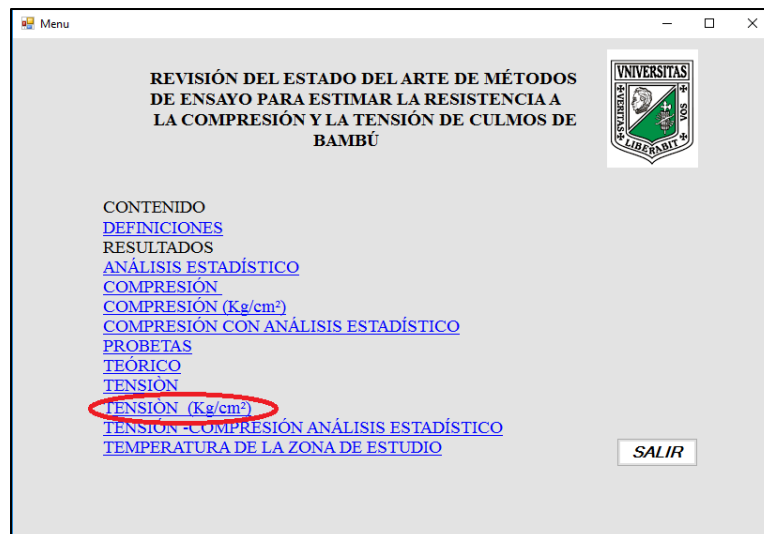
Tensión, al dar clic sobre este botón se abrirá una ventana la cual muestra los resultados sobre; sepa, basa, sobrebasa, cepa sin nudo, cepa con nudo, basa sin nudo, basa con nudo, sobrebasa sin nudo, sobrebasa con nudo, cepa y contenido de humedad, basa y contenido de humedad, sobrebasa y contenido de humedad, sin nudo y con nudo.

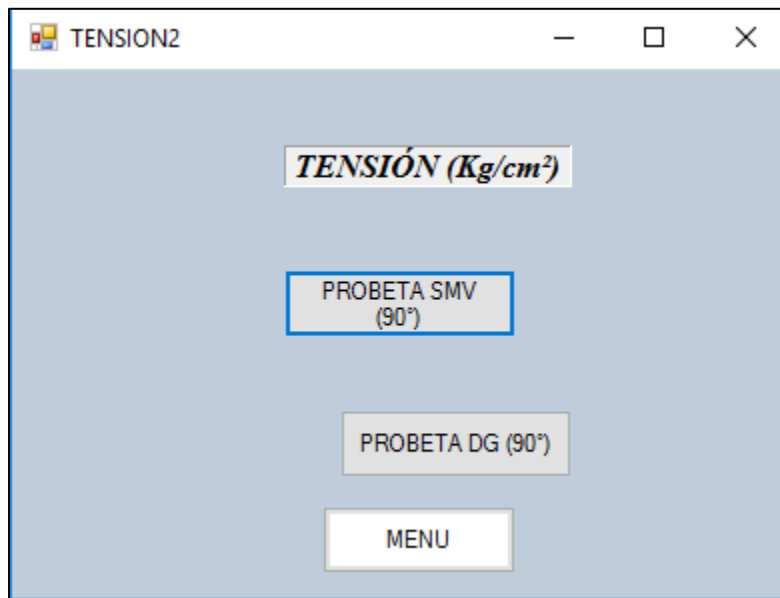




Al final de igual manera que en el primer numeral se encuentran los resultados de acuerdo a lo que se desee buscar.

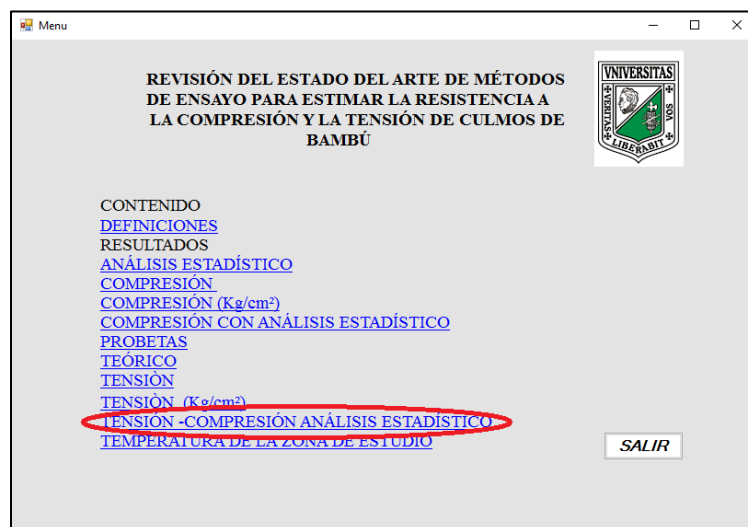
Tensión (kg/cm^2), al dar clic sobre este botón se abrirá una ventana la cual muestra los resultados sobre; probeta SMV (90°) y probeta DG (90°).

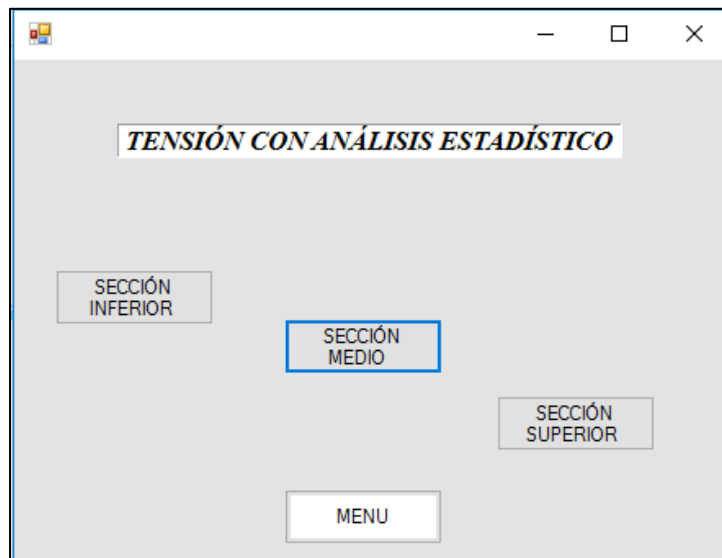




Se obtienen los resultados de igual manera al primer numeral dependiendo lo que se desee buscar.

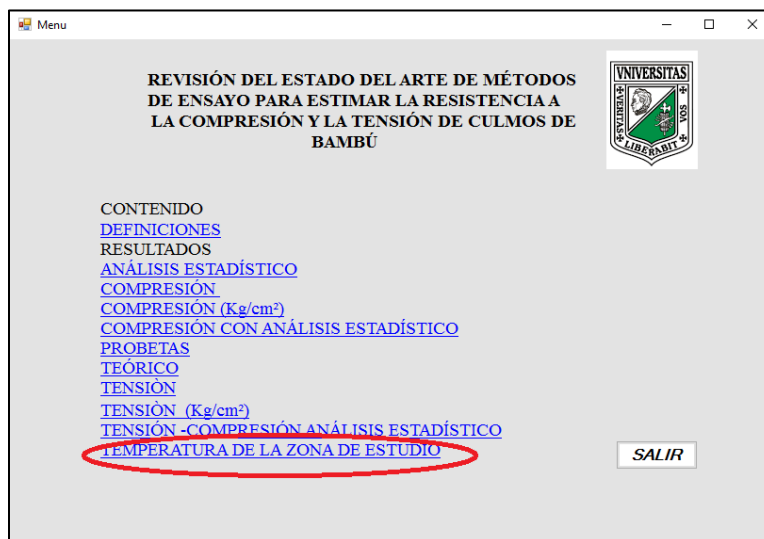
Tensión-compresión análisis estadístico, al dar clic sobre este botón se abrirá una ventana la cual muestra los resultados sobre; sección inferior, sección media y sección superior.

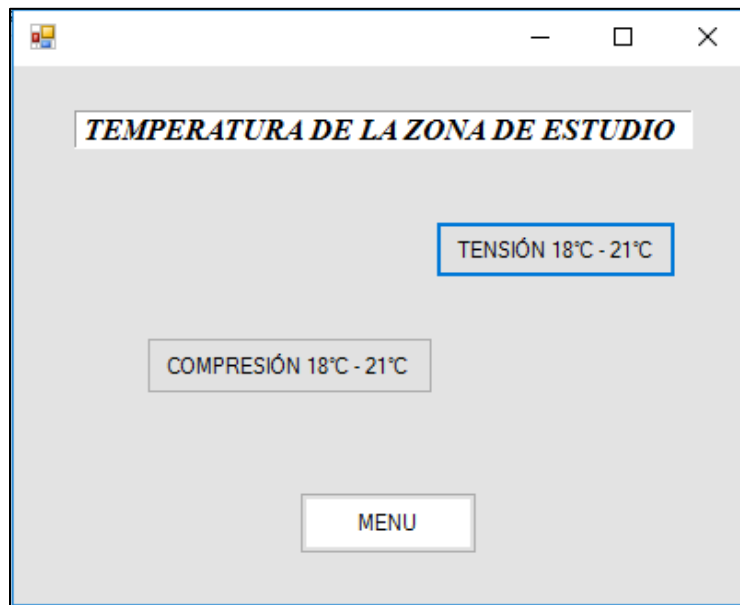




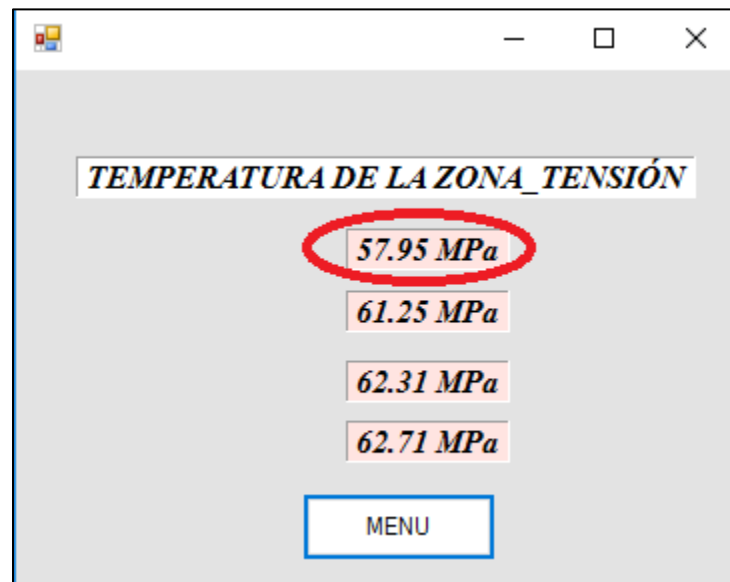
Igualmente que en el primer numeral se encuentran los resultados de acuerdo a lo que se desee buscar.

Temperatura de la zona de estudio, al dar clic sobre este botón se abrirá una ventana la cual muestra los resultados sobre; tensión 18°C-21°C y compresión 18°C-21°C.





Como se dijo anteriormente al dar clic en cada botón se despliegan los datos encontrados en cada documento.



Se continúa dando clic en cada valor el cual lleva al lector a un pdf donde se encuentran las referencias de cada tesis o artículo, luego se procede a buscar la referencia por medio del color que contiene cada valor.

AÑO	AUTORES	TÍTULO	RESULTADOS		MÉTODOS DE ENSAYO	REFERENCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA	Q (Cuartil)
			TENSIÓN (Mpa)	COMPRESIÓN (MPa)				

2016	MAURICIO DUARTE, GUSSELA ALEXANDRA LÓPEZ Y MARÍA CAMILA CAMPOS	Factores Edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la Guadua Angustifolia	57.95	38.32	De acuerdo a la norma NTC 5525	DUARTE, Mauricio; LÓPEZ, Guissela y CAMPOS, María. Factores Edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la Guadua Angustifolia. Revista Ingeniería y Región. 2016; 15 (1): 9-21.		
			61.25	38.35				
			62.31	38.96				
			62.71	38.19				
				35.38				

Dicha base de datos se adjunta en un CD en el presente trabajo.