

EFFECTO DEL TIPO DE INMUNIZANTE EN LA RESISTENCIA A  
COMPRESION PARALELA A LA FIBRA DE LA *GUADUA*  
*ANGUSTIFOLIA KUNTH*

YEISSON ERIBERTO CORONEL DOZA  
JUAN RICARDO CARRANZA BELTRAN



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD INGENIERIA CIVIL  
BOGOTA  
2015

EFFECTO DEL TIPO DE INMUNIZANTE EN LA RESISTENCIA A  
COMPRESION PARALELA A LA FIBRA DE LA *GUADUA*  
*ANGUSTIFOLIA KUNTH*

YEISSON ERIBERTO CORONEL DOZA  
JUAN RICARDO CARRANZA BELTRAN

MONOGRAFIA PARA OPTAR AL TITULO DE GRADO

ASESOR DISCIPLINAR: MATEO GUTIERREZ GONZALEZ  
ASESOR METODOLOGICO: OLGA LUCIA VANEGAS

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
DIRECCION DE INVESTIGACIONES  
BOGOTA  
2015

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

En primer lugar deseamos expresar nuestros agradecimientos a los directores de esta investigación de pregrado a los Ingenieros Mateo Gutiérrez Gonzales y Olga Lucia Vanegas por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a nuestras sugerencias e ideas.

Seguido de la Universidad La Gran Colombia quienes fueron los que facilitaron las instalaciones para el desarrollo de nuestra investigación así mismo el apoyo y la guía que nos ofrecieron los profesor Alexander Padilla y los laboratoristas José Luis Roso y Martin Eduardo Viatela, quienes son los encargados de los laboratorios

Gracias a nuestras familias y amigos quienes son las personas que nos apoyan cada día que pasa, ayudándonos a crecer como personas y a su vez apoyándonos durante el transcurso de nuestra formación y educación de nuestras vidas.

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN	11
2. GENERALIDADES	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
4. JUSTIFICACIÓN	14
5. OBJETIVOS	15
5.1. OBJETIVO GENERAL	15
5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
6. HIPÓTESIS	16
7. ANTECEDENTES	17
8. MARCO REFERENCIAL	24
8.1. MARCO LEGAL	24
8.2. MARCO CONCEPTUAL	25
8.3. MARCO DEMOGRAFICO	29
8.4. MARCO TEORICO	30
8.4.1. Generalidades del bambú-guadua	30
8.4.2. Resistencia a la compresión	34
8.4.3. Tipos de patologías.	36
8.4.4. Inmunizantes	38
9. DISEÑO METODOLÓGICO	40
9.1. Elementos para el desarrollo del laboratorio	41
9.2. FASES DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	44
10. RESULTADOS	49
11. ANALISIS DE RESULTADOS	58
12. CONCLUSIONES	75
13. RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS	78
14. BIBLIOGRAFIA	79

## CONTENIDO DE IMAGENES

Imagen 1. Etapas que presenta la guadua .....	26
Imagen 2. Partes de la guadua.....	27
Imagen 3 Ubicacion de la empresa distribuidora de guadua "Arme ideas en Guadua".....	29
Imagen 4. Esfuerzo a compresión .....	34
Imagen 5. Medidas de cada probeta que se deben tomar.....	35
Imagen 6 Piscinas para Inmunizar la Guadua .....	39

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Investigaciones previas relacionadas .....	17
Tabla 2 Ejemplo de formato utilizado para manejo de datos .....	47
Tabla 3. Esfuerzos de falla de los ensayos realizados. ....	49
Tabla 4. Desviación estándar para cada tipo de inmunizante de acuerdo a la parte en altura del culmo y forma de inmunizar .....	72
Tabla 5. Desviación estándar de acuerdo al tipo de inmunizante con y sin presencia de nudo .....	73
Tabla 6 Desviación estándar de acuerdo al tipo de inmunizante.....	73
Tabla 7. Factor de modificación para cada parte en altura de la guadua con y sin la presencia del nudo .....	76
Tabla 8. Factor de modificación para cada parte en altura de la guadua. ....	76
Tabla 9. Factores de modificación del tipo de inmunización y su método. ....	77

## CONTENIDO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Neoprenos utilizados en el laboratorio .....	41
Fotografía 2. Moldes para ubicar el neopreno .....	42
Fotografía 3. Pie de rey o calibre uso para medir las probetas de guadua.....	42
Fotografía 4. Maquina Versa Tester .....	43
Fotografía 5. Diferenciación de las partes en altura del culmo .....	43
Fotografía 6. Nivelación de la altura (Cepa, Basa y Sobrebasa) .....	45
Fotografía 7. Ejemplo de la marcación de la Guadua .....	46
Fotografía 8. Guadua clasificada como madura con probetas de las diferentes partes en altura del culmo (Cepa, Basa y Sobrebasa) .....	46



## CONTENIDO DE GRAFICAS

Grafica 1. Dispersión de esfuerzos de falla sin inmunizar –sin nudo probetas piloto. ....	50
Grafica 2. Dispersión de esfuerzos de falla sin inmunizar –con nudo probetas piloto .....	51
Grafica 3. Promedio de las probetas piloto con nudo y sin nudo. ....	51
Grafica 4. Dispersión de esfuerzos de falla Nv inmersión –sin nudo. ....	52
Grafica 5. Dispersión de esfuerzos de falla NV inmersión –con nudo. ....	53
Grafica 6. Promedio de las probetas NV por inmersión con nudo y sin nudo. ....	53
Grafica 7. Dispersión de esfuerzos de falla Nv inyección –sin nudo. ....	54
Grafica 8. Dispersión de esfuerzos de falla NV inyección –con nudo. ....	55
Grafica 9. Promedio de las probetas NV por inyección con nudo y sin nudo. ....	55
Grafica 10. Dispersión de esfuerzos de falla pentaborato inmersión –sin nudo. ...	56
Grafica 11. Dispersión de esfuerzos de falla pentaborato inmersión –con nudo. ..	57
Grafica 12. Promedio de las probetas pentaborato por inmersión con nudo y sin nudo. ....	57
Grafica 13. Promedios de los esfuerzos de falla para probetas piloto .....	58
Grafica 14. Promedios de esfuerzos de falla NV por inmersión. ....	59
Grafica 15. Promedios de esfuerzos de falla NV por inmersión sin nudo comparado con las probetas piloto. ....	60
Grafica 16. Promedios de esfuerzos de falla NV por inmersión con nudo comparado con las probetas piloto. ....	60
Grafica 17. Promedios de esfuerzos de falla pentaborato. ....	61
Grafica 18. Promedios de esfuerzos de falla pentaborato sin nudo comparado con las probetas piloto. ....	62
Grafica 19. Promedios de esfuerzos de falla Pentaborato con nudo comparado con las probetas piloto. ....	63
Grafica 20. Promedios de esfuerzos de falla NV inyección. ....	64
Grafica 21. Promedios de esfuerzos de falla NV inyección sin nudo comparado con las probetas piloto. ....	65
Grafica 22. Promedios de esfuerzos de falla NV inyección con nudo comparado con las probetas piloto. ....	66
Grafica 23. Promedios de esfuerzos de acuerdo a la forma de inmunizar probetas sin nudo. ....	67
Grafica 24. Promedios de esfuerzos de acuerdo a la parte de altura de la guadua tipo de inmunízate sin nudo. ....	68
Grafica 25. Promedios de esfuerzos de acuerdo a la forma de inmunizar probetas con nudo. ....	69

Grafica 26. Promedios de esfuerzos de acuerdo a la parte de altura de la guadua tipo de inmunízate con nudo.....70

Grafica 27. Promedios de esfuerzos de falla de todos los tipos de inmunizantes. 71

## 1. INTRODUCCIÓN

La guadua angustifolia Kunth es una planta que pertenece a la especie vegetal de la familia gramíneas, en gran parte del territorio nacional particularmente en la zona Andina, donde presenta su mejor desarrollo vegetativo y cultural teniendo presente que es un material de bajo impacto ambiental y a su vez sostenible. Es uno de los materiales utilizados abarcando el área de la arquitectura y el uso de materiales no convencionales en la construcción, durante el proceso constructivo de acuerdo a sus diferentes tipos de características físicas, químicas y mecánicas, se observa la necesidad para poner a prueba circunstancias que serán sometidas al ser parte de una estructura como lo es esfuerzos a compresión “Esfuerzo que resiste el acortamiento de una fuerza de compresión externa” paralela a la fibra.

Se presenta una recopilación de información normalizada a partir del 2010 en la norma sismo resistente sobre la guadua Angustifolia Kunth, dando parámetros de diseño generales, los cuales son dados con mayor relación a la madera debido a que presentan un mayor campo de investigación.

El material Bajo diversos tipos de escenarios como lo son sin nudo o con nudo, observando los diferentes tipos de inmunizar (inyección e inmersión), entre los cuales se tendrán en cuenta los más usados en Colombia (NV, Pentaborato), teniendo como base las diferentes elementos que presenta la guadua sin ningún tipo de inmunizante. De acuerdo con los parámetros establecidos inicialmente por la Norma Sismo resistente del 2010 (NSR-10) título G, seguido de la Norma Técnica Colombiana 5525 la cual indica los diferentes requerimientos que se deben observar en el laboratorio para así mismo lograr mayor confiabilidad en los datos obtenidos.

## **2. GENERALIDADES**

Línea de investigación:

**MATERIALES PARA OBRAS CIVILES en busca de la vulnerabilidad y mejoramiento de la calidad de vida**

Sublínea de investigación:

**Enfocada en investigar materiales de construcción, el cual es usado como necesarios para llevar a cabo un proyecto civil realizando pruebas para saber sus características mecánicas GUADUA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL**

**Nombre del semillero: UGCE - ESTRUCTURAS CON TECNOLOGIA APROPIADA PARA EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA REGIONAL SOSTENIBLE Y LA CALIDAD DE VIDA**

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia se puede ver reflejada la gran abundancia que se presenta en la región andina debido a las condiciones climáticas, óptimas que requiere el bambú para lograr un material natural apto para la construcción entre los cuales se deben tener en cuenta humedad y temperatura.<sup>1</sup>

Debido a las propiedades mecánicas que presenta la guadua como un material antisísmico para el diseño estructural bajo diferentes condiciones climáticas, siendo un material expuesto directamente al ambiente se observa que sus factores de rigidez presentaran alteración en su desempeño.

El uso de la guadua *Angustifolia Kunth* bajo efectos de compresión paralela a fibra, al momento de presentar diferentes efectos que perjudican el comportamiento y desarrollo en la estructura independientemente del elemento estructural que este en uso bajo estas condiciones se ve la falta de conocimiento para ex clarecer efectivamente el causante que hace que se preséntela perdida o aumento de resistencia

La pérdida de resistencia de la guadua (*Angustifolia Kunth*), puede ser causada desde diferentes tipos de variables como lo son las formas de inmunizar, los tipos de inmunizantes utilizados y la parte de la guadua que se esté utilizando (sepa, basa y sobrebasa). Las formas de inmunizar que más son utilizadas en Colombia son la inmersión y la inyección con los más representativos inmunizantes los cuales son el Pentaboráto y NV. Debido a que son los encargados de conservar la guadua, siendo utilizados para evitar el deterioro producido por los insectos o por las condiciones que se presentan en el clima.

¿Cómo afecta la forma y tipos de inmunizantes la resistencia a compresión paralela a la fibra de la guadua *Angustifolia Kunth*?

---

<sup>1</sup> TENECHE, Gustavo. Guadua y bambú (GBC) Guadua *Angustifolia Kunth*. [Bogotá –Colombia]: 12 abril 2005. disponible por internet:<URL: <http://guaduarybambu.es.tl/Guadua-Angustifolia.htm>>

#### 4. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo que ha tenido gran aporte en el manejo de la guadua de las diferentes estructuras realizadas, se observó que las publicaciones fueron de gran ayuda a partir del año 1996, tanto investigaciones que fueron publicadas por medio de artículos y tesis presentando temas de gran importancia para el área de arquitectura, la ingeniería agrícola y la ingeniería civil. En este momento se encuentra en proceso de normalización la Norma Sismo Resistente del 2010 (NSR-10), donde tal fin será reglamentar los esfuerzos admisibles bajo compresión paralela a la fibra para la Guadua "*Angustifolia Kunth*" la cual forma parte de la cultura colombiana, ya que por sus características de resistencia hace parte de los diferentes elementos que reemplazan lo usado frecuentemente en las construcciones utilizados en el país. Este bambú ha sido utilizado por nuestros antepasados para la construcción de viviendas, canales y conductos de agua, gracias a que tiene propiedad fisicomecánicas muy parecidas a las del acero, además gracias al ser de origen natural no afectar el medio ambiente y la salud de las personas.

Considerando que ya existe un procedimiento establecido para la determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra por medio de la Norma Técnica Colombiana 5525 (NTC-5525), es importante empezar el estudio con un número representativo de muestras de guadua teniendo en cuenta sus características, que influyen en el proceso de conservación como son los inmunizantes con el fin de buscar un valor normalizado de resistencia con debido factor de corrección para tener en cuenta a la hora de diseñar con la *Guadua Angustifolia Kunth*, evitando comportamientos anormales y haciendo cumplir de la mejor manera un ciclo de vida útil del material.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto en la resistencia a compresión paralela a la fibra en la *Guadua Angustifolia Kunth* de acuerdo al tipo y método de inmunización más usado en la industria.

### 5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el esfuerzo máximo a compresión paralela a la fibra de la *Guadua Angustifolia Kunth*, teniendo en cuenta las diferentes formas de inmunizar (inyección e inmersión), y los diferentes componentes del bambú ya sea con nudo o sin nudo de acuerdo a la parte de la guadua en altura (cepa, basa y sobrebasa).
  
- Identificar un factor de modificación de la resistencia a compresión paralela a la fibra, a partir del tipo de inmunizante aplicado a la *Guadua Angustifolia Kunth*.

## 6. HIPÓTESIS

De acuerdo con las diferentes formas de inmunizar en la guadua se observara una gran variabilidad en la resistencia bajo esfuerzo de compresión paralela a la fibra ya que por medio de estos factores ajenos a la naturaleza de la guadua afectan su estructura molecular inicial, presentando aspectos negativos o positivos, debido a los diferentes componentes del culmo se verá influenciado de forma positiva de acuerdo a el grosor que presenta cada elemento del culmo (cepa, basa y sobrebasa), se presentara mayor resistencia a compresión paralela a la fibra en las cepas que en la basa y la sobrebasa, debido a que su espesor de pared es mucho mayor en este elemento del culmo.

Debido al proceso de recolección y preparación del material para realizar el estudio requerido se presenta fracturas en algunas probetas viéndose reflejado la calidad en su proceso de siembra y corte el cual se presentara gran disminución a la hora de ser sometida al esfuerzo de compresión paralela a la fibra. Los cuales conllevan a descartar estos datos debido a que presenta gran variación en los datos obtenidos, por ende se realiza varios en ensayos de la misma parte del culmo para así mismo tener datos más confiables a la hora de obtener resultados dando así mayor confiabilidad a las conclusiones a obtener.

Los inmunizantes son requerimientos para la preservación de la guadua evitando patologías y a su vez ataques de insectos los cuales presentarían variación en esfuerzos a compresión teniendo como referencia el tipo y forma de inmunización afectándola de manera tal que aumente su resistencia debido a los diferentes componentes químicos que se utilizan (inmersión e inyección).



## 7. ANTECEDENTES

A medida que en Colombia se ha empezado a utilizar el uso y el desarrollo de la guadua en las construcciones, para determinación y analizar las propiedades mecánicas de la guadua entre los cuales se encuentra algunos autores con diferentes estudios realizados con respecto a la compresión paralela a la fibra.

**Tabla 1 Investigaciones previas relacionadas**

<b>Año</b>	<b>Título-Autores</b>	<b>Descripción</b>
<b>1978</b>	Concreto reforzado con cables de bambú Oscar Hidalgo CIBAM Universidad Nacional De Colombia.	Muestra una nueva tecnología para emplear el bambú como refuerzo en el concreto cambiando las varillas de acero por guadua el cual consiste en emplear cables hechos por torsión de cintas de la parte externa de la guadua. En los ensayos se utilizó la guadua angustifolia conocida como “castilla, cebolla, balsa o hembra”. Inicialmente de una probeta de guadua se estudió la resistencia a compresión utilizando 76 cilindros de altura igual a diez veces el espesor donde se analizaron diferentes edades, partes y zonas (con nudo o sin nudo) del culmo de la guadua del cual se obtuvo un resultado de 226-705 kg/cm <sup>2</sup> para muestras sin nudo y entre 261-636 Kg/cm <sup>2</sup> para muestras con nudo <sup>2</sup> .
<b>1981</b>	Determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua castilla. Bogotá D.C Trabajo de grado Martin B. José Virgilio y Mateus T. Lelio Rafael.	La guadua (guadua castilla) procede de la finca tamboral, corregimiento de Lisboa, noroccidente de Manizales (de 1-9 años) los ensayos se realizaron en el instituto de ensayos e investigación de la universidad nacional. La metodología se basó en la teoría de columnas, normas ICONTEC de frest research institud- india. Se definieron 7 tipos de probetas usando los primeros 10 metros del culmo divididos en zona basal y superior. Se analizó para 3 rangos de edad la condición de entre nudo completo con nudo y sin nudo. Los resultados encontraron que los valores más altos de la compresión se obtuvieron en guadua de 3 a 5 años. Esfuerzo máximo de

<sup>2</sup> HIDALGO, Oscar. Concreto reforzado con cables de bambú. [Bogotá- Colombia]: Disponible por Universidad Nacional de Colombia.

		661,85 kg/cm <sup>2</sup> y esfuerzo en el límite proporcional 524,04kg/cm <sup>2</sup> además se analiza el comportamiento de columnas en escala natural. Se concluye que la guadua elásticamente normal se comporta similar a la madera siendo la compresión inversamente proporcional al contenido de humedad <sup>3</sup> .
<b>1982</b>	Aplicación de la guadua en la vivienda Medellín. Trabajo de grado (arquitecto Jiménez J.E y Gómez I.E) Universidad pontificia Bolivariana.	Se realiza un estudio comparativo de la vivienda en guadua con algunos sistemas habituales de la construcción. La recopilación bibliográfica ilustra el problema de vivienda como un aporte nuevo describe las propiedades de la guadua a compresión, obtenidas por SOLINGRAL LTDA y facilitados por fajardo Vélez y CIA LTDA. En los ensayos se utilizan 17 probetas cortas (longitud aproximada de 30cm) y 12 probetas largas (longitud aproximada de 3.2 m). Para las probetas cortas la carga de falla a compresión vario entre (5-22.7 ton). Para as probetas largas la carga de falla vario entre (1.4-5 ton). Se concluye en guadua ofrece las mismas comodidades que otro tipo de vivienda además de ser más económicas, antisísmicas, requiere menor tiempo para su construcción y aún más impórtate que permite el proceso de auto-construcción <sup>4</sup> .
<b>1984</b>	Vivienda típica prefabricada en concreto reforzado con bambú JAIMES, Miguel y TORRES CHACÓN, Gilberto Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería	De acuerdo a esta tesis las viviendas prefabricadas con bambú tiene mayor utilidad y facilita un mejor rendimiento a la hora de construir por este método la resistencia de cada parte la vivienda fue reforzada con este material natural y ayudo a que su resistencia tuviera un mayor crecimiento de confiabilidad ya que su resistencia al corte oscilaba entre 55 y 59 (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>5</sup>

<sup>3</sup> B MARTIN, Jose Virgilio, T MATEUS, Lelio Rafael. Determinación de la Resistencia a la compresión a la fibra de la guadua castilla. [ Bogotá- Colombia]: Trabajo de grado

<sup>4</sup> Arquitecto JIMÉNEZ, J.E. GÓMEZ, I.E. Aplicación de la guadua en la vivienda Medellín. [Medellín-Colombia]: Disponible por Universidad pontificia Bolivariana., Trabajo de grado.

<sup>5</sup> TORRES CHACON, JAIME MIGUEL. Vivienda típica prefabricada en concreto reforzado con bambú. [Bucaramanga-Colombia]: Disponible en la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería.

<b>1985</b>	Propiedades físicas y mecánicas de especies maderables en caldas para su uso en la construcción incluyendo la guadua. Mejía Fernández Fernando y Salazar Trujillo Eduardo. Universidad nacional de Colombia	El conocimiento físico y mecánico de una especie es la herramienta fundamental en el diseño científico de los elementos estructurales. La metodología se basó en las normas ICONTEC y ASTM para maderas. Se utilizaron 20 probetas por ensayo bajo condición humedad y seca al aire. Para la guadua se realizó ensayo de compresión paralela a la fibra obteniendo resultados de compresión máxima sin nudo 33.37 N/mm <sup>2</sup> y con nudo 37,07 N/mm <sup>2</sup> lo anterior puede considerarse como un punto de partida para determinar los esfuerzos de trabajo. La especie guadua proviene de zona cafetera caldense con edad de 3 a 5 años los ensayos se realizaron en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Nacional sede Manizales <sup>6</sup> .
<b>1985</b>	La guadua como elemento estructural Bogotá, Botero Lagarte Pablo Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería Civil	Se realizan ensayos para determinar las propiedades de la guadua “ macana” como elemento estructural la compresión paralela en probetas de guadua de 1.6cm x 1cm x 10cm fue de 450kg/cm <sup>2</sup> la compresión perpendicular hasta obtener una deformación de 1% del espesor inicial de la probeta de guadua, sobre un área de carga de 2cm x 10cm fue igual a 2.26 kg/cm <sup>2</sup> y para una zona interna fue de 339,7 kg/cm <sup>2</sup> se concluye en compresión que la falla no es tan frágil y no se presenta pandeo cuando la reacción de altura espesor es inferior a 10-1 <sup>7</sup> .
<b>1992</b>	Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua (Guadua angustifolia Kunth) GONZÁLES, Eugenia y DÍAZ, Jhon Fernando	Describe las propiedades de la guadua angustifolia Kunth y castilla y la macana de los guaduales de los departamentos de Risaralda, la cual nos dice que la guadua tiene mayor resistencia. Y sus propiedades químicas afectan este material ya que las que las

<sup>6</sup> MEJÍA FERNÁNDEZ, Fernando. SALAZAR TRUJILLO, Eduardo. Propiedades físicas y mecánicas de especies maderables en caldas para su uso en la construcción incluyendo la guadua. [Manizales- Colombia]: Disponible por Universidad nacional de Colombia.

<sup>7</sup> BOTERO LAGARTE, Pablo. La guadua como elemento estructural. [Bogotá- Colombia]: Disponible por Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería Civil.

	Universidad nacional de Colombia, Sede Medellín Guadua angustifolia castilla y macana de los guaduales de los departamentos de Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Antioquia.	enfermedades se propagan mucho más rápido en su ámbito. <sup>8</sup>
<b>1993</b>	Estudio de factibilidad de la producción y comercialización de los pisos de guadua (microficha). Cardona William y Granados Lina Patricia. Pontificia Universidad Javeriana. Trabajo de grado (ingeniero industrial).	Se realiza una investigación de mercados mediante encuestas, un estudio del proceso productivo con estándares de producción para cada actividad, el piso de guadua consiste en tabletas 25cm de lado, 5cm de ancho y 1cm de espesor. Las características mecánicas del piso o producto de guadua son estudiadas en el laboratorio de hidráulica de la pontificia universidad javeriana de los cuales se obtuvieron unos datos de compresión entre 562,4 – 863 kg/cm <sup>2</sup> <sup>9</sup> .
<b>1994</b>	Evaluación de algunos métodos de inmunización para la guadua. Salazar c. Jaime. Cameros Bustos. Clemente, Clemente. Novoa Pineda, Juan Pablo. Universidad Nacional De Colombia.	Se realiza una investigación de tres diferentes métodos de inmunización lo cuales consisten en bórax+ ácido bórico dicromato de sodio, sulfato de cobre +ácido bórico + dicromato de sodio y Sales CCA también nos comenta la forma preservantes y aprovechamiento de la guadua <sup>10</sup> .
<b>2005</b>	Influencia de parámetros físicos en la resistencia de diseño a compresión de la guadua angustifolia kunth. Osorio Jairo, Ciro Héctor, Vélez Juan.	La carga a compresión evaluada al límite de proporcionalidad en elementos cortos de Guadua angustifolia kunth fue relacionada con algunos parámetros físicos tales como el diámetro externo e interno, espesor de la pared, densidad aparente, número de entre

<sup>8</sup> GONZALES, Eugenia. DIAZ, Jhon Fernando. Propiedades mecánicas de la Guadua (Guadua angustifolia Kunth). Guadua angustifolia castilla y macana de los guaduales de los departamentos de Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Antioquia. [Bogotá-Colombia]. Disponible en la Universidad Nacional de Colombia.

<sup>9</sup> CARDONA, William. GRANADOS, Lina Patricia. Estudio de factibilidad de la producción y comercialización de los pisos de guadua (microfichas). [Bogotá- Colombia]. Disponible por Pontificia universidad Javeriana, Trabajo de Grado.

<sup>10</sup> SALAZAR C, Jaime. CAMEROS BUSTOS, Clemente. NOVOA PINEDA, Juan Pablo. Evaluación de algunos métodos de inmunización para la guadua. [Bogotá-Colombia]. Disponible en la Universidad Nacional de Colombia.

	Universidad Nacional De Colombia.	nudos y contenido de humedad. Los resultados estadísticos mostraron que para predecir el comportamiento de la carga en el límite de proporcionalidad de elementos cortos de Guadua, los parámetros de mayor incidencia son el diámetro externo (De) y el espesor total de la pared (e), para los cuales se obtuvo una correlación con un nivel de confianza del 95%. Un valor de 27,15 MPa con un coeficiente de variación del 16% fue encontrado para el esfuerzo a compresión evaluado al límite de proporcionalidad. Además se estableció un modelo aproximado para la densidad aparente de la Guadua según el contenido de humedad <sup>11</sup> .
<b>2006</b>	resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua Angustifolia y módulo de elasticidad. Gonzales Quevedo, Cesar Emilio. Universidad Nacional de Colombia.	Esta investigación tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión paralela de la guadua angustifolia kunth de la guadua, Comparar la resistencia a compresión paralela a la fibra de la guadua angustifolia para guadua de diferentes procedencias y Determinar la resistencia a compresión paralela a la fibra de la guadua Angustifolia para basas y cepas. Ya como resultados de los ensayos de compresión paralela a la fibra nos muestra que La resistencia a compresión para muestras de regiones similares varia tan solo en un 4%, para regiones diferentes varía en un 9% del valor promedio. La variación de la resistencia a compresión para en diferentes partes del culmo (Cepas, basas y sobrebasas) es del -10%, 1%, 6% del valor promedio. - El culmo al desarrollarse en altura aumenta en resistencia debido a la disminución del espesor de las paredes del mismo <sup>12</sup> .
<b>2012</b>	Análisis Comparativo en Muestras de Guadua Angustifolia Kunth Solicitadas a Compresión Paralela a la Fibra. Díaz	Esta investigación propone una relación entre la densidad aparente de fibras y las propiedades mecánicas de la guadua angustifolia Kunth para ello se tomaron muestras a tres diferentes alturas (cepa, basa y

<sup>11</sup> ALEXANDER OSORIO, Jairo. CIRO, Héctor. VÉLEZ, Juan Manuel. Influencia de parámetros físicos en la resistencia de diseño a compresión de la guadua angustifolia kunth. Universidad Nacional.

<sup>12</sup> GONZALES QUEVEDO, Cesar. resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua Angustifolia y módulo de elasticidad. [Bogotá-Colombia]. Disponible en la Universidad Nacional de Colombia.

	Ramírez, German Adolfo. Universidad Industrial De Santander.	sobrebasa) de la guadua y se caracterizaron mecánicamente encontrando su resistencia a compresión longitudinal flexión y tracción longitudinal. En términos generales a mayor altura de culmo mayores son los valores de las propiedades mecánicas independientemente del tipo de carga; sin embargo se nota una gran diferencia entre las propiedades a compresión, que resultaron notablemente menores, aquellas de flexión y tracción <sup>13</sup> .
<b>2012</b>	Análisis de Varianza Multifactorial para Resistencia Última a la Compresión Paralela a la Fibra en Muestras de Guadua Angustifolia Kunth. Takeuchi Caori, Duarte Mauricio, Capera Andrés, Erazo Wilson. Universidad Nacional De Colombia.	Se presenta la evaluación del comportamiento de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de probetas de Guadua angustifolia en relación a factores como zona, sección del culmo o tallo y presencia de nudo, realizada mediante un análisis de varianza multifactorial. La metodología para el corte de los culmo, obtención de las probetas y ensayos de resistencia a la compresión, se basó en las normas NTC5300, NTC5525, NSR10 e ISO/TC La resistencia a la compresión paralela a la fibra promedio de 130 probetas fue de 38,0 Mpa. El análisis de varianza multifactorial del diseño experimental, permitió identificar la significancia estadística del factor sección sobre la resistencia a la compresión con un valor-p inferior a 0,05 y un nivel de confianza del 95%, los valores más altos se encontraron para la parte superior. Los factores zona y presencia de nudo, al igual que las interacciones de segundo orden no fueron significativos <sup>14</sup> .
<b>2014</b>	Determinación experimental de valores característicos de resistencia para Guadua angustifolia. Luna Patricia, Lozano Jorge,	Para el diseño de estructuras que utilizan como material estructural principal el bambú Guadua angustifolia, es necesario conocer los valores característicos de sus propiedades mecánicas y módulos elásticos. En este artículo se presenta la metodología experimental utilizada para la

<sup>13</sup> DIAZ RAMIREZ, German Adolfo. Análisis Comparativo en Muestras de Guadua Angustifolia Kunth Solicitadas a Compresión Paralela a la Fibra. [Santander-Colombia]. Disponible en la Universidad Industrial de Santander

<sup>14</sup> TAKEUCHI, Caori. DUARTE, Mauricio. CAPERA, Andrés. ERAZO, Wilson. Análisis de Varianza Multifactorial para Resistencia Última a la Compresión Paralela a la Fibra en Muestras de Guadua Angustifolia Kunth. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

	<p>Takeuchi Caori. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia.</p>	<p>determinación de los valores característicos de resistencia mecánica a flexión longitudinal, compresión, corte y tracción paralela a la fibra, torsión, y compresión perpendicular a la fibra y módulos elásticos de la Guadua angustifolia. Se realizaron ensayos en probetas tomadas de la parte inferior, media y superior de culmo de guaduas provenientes de tres departamentos diferentes de Colombia<sup>15</sup>.</p>
--	--	--

---

<sup>15</sup> LUNA, Patricia. LOZANO, Jorge. TAKEUCHI, Caori. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para Guadua angustifolia.

## 8. MARCO REFERENCIAL

### 8.1. MARCO LEGAL

Con referencia al marco legal de esta investigación el cual está reglamentado en su mayoría por la norma sismo resistente del 2010<sup>16</sup> la cual es enfocada principalmente en las edificaciones compuestas por concreto, acero, ladrillo, madera y guadua. El cual es a partir de esta norma donde se empieza a regir ya que en la norma sismo resistente de 1998 presenta el tema dando parámetros mínimos. Con relación a la investigación se incluye el título G el cual nos da unos requerimientos fundamentales para el diseño de las estructural en madera y guadua observando que el capítulo G12 es el q reglamenta el tipo de guadua angustifolia Kunth.

En la norma tecina colombiana 5300<sup>17</sup> la que dirige el proceso de cosecha y postcosecha de los culmos maduros de Guadua Angustifolia Kunth, evitando procesos que cambien o afecten la preservación del material para ser usado en sus diferentes modalidades (estructural y cultural).

De acuerdo la norma técnica colombiana 5525<sup>18</sup> la cual especifica los métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia Kunth, dando distintas especificaciones que se deben tener en cuenta para la preparación de las probetas y el debido procedimiento que se utiliza en el laboratorio garantizando y controlando la calidad de los resultados obtenidos.

Ley 400 de 1997<sup>19</sup> da requerimientos necesarios para el diseño construcción y supervisión técnica de las edificaciones nuevas así como aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo con el fin de reducir a un mínimo el riesgo de las pérdidas de vidas humanas.

---

<sup>16</sup> NSR-10 Norma de diseño sismo resistente, 2010 (título G)

<sup>17</sup> NTC 3500: 2008, cosecha y postcosecha del culmo de guadua Angustifolia Kunth

<sup>18</sup> NTC 5525: 2007, ingeniería civil y arquitectura métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia Kunth

<sup>19</sup> República de Colombia, leyes y decretos, ley 400 por la cual se adoptan normas de construcciones civiles. Bogotá D.C. alcaldía mayor de Bogotá. 1997.



## 8.2 MARCO CONCEPTUAL

Dentro de los términos utilizados se pueden encontrar:

### COSECHA

Proceso de aprovechamiento y mantenimiento del rodal, que se debe adelantar hasta la obtención de los culmos con características específicas para el propósito y uso que se requieran<sup>20</sup>

### POSTCOSECHA

Etapa posterior a la cosecha, que involucra procesos de acondicionamiento y adecuación de los culmos, previos a su utilización como materia prima<sup>21</sup>

### CULMO

Eje aéreo segmentado formado por nudo y entre nudos<sup>22</sup>

### CURADO

Son tratamientos naturales que buscan conservar las características y propiedades de la guadua, evitando el deterioro prematuro del material.<sup>23</sup>

### INMUNIZACION

Es aquel tratamiento q se le realiza a cualquier producto elaborados con la materia como lo es la madera, con el fin de preservar y conservar su características físicas y químicas para repeler los ataques y enfermedades que se pueden adquirir a través de su tiempo en uso y garantizar una vida larga y útil<sup>24</sup>.

### GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Ha sido el Bambú leñoso y nativo más útil para el hombre colombiano. Sin este recurso el desarrollo de nuestra zona cafetera habría sido totalmente diferente. La guadua es una especie forestal representada por esbeltos y modulados tallos que enaltecen el paisaje de los valles interandinos es larga, recta, uniforme en su

---

<sup>20</sup> Norma Técnica Colombiana 5300. Cosecha y postcosecha del culmo de Guadua Angustifolia Kunth.

<sup>21</sup> Ibíd.

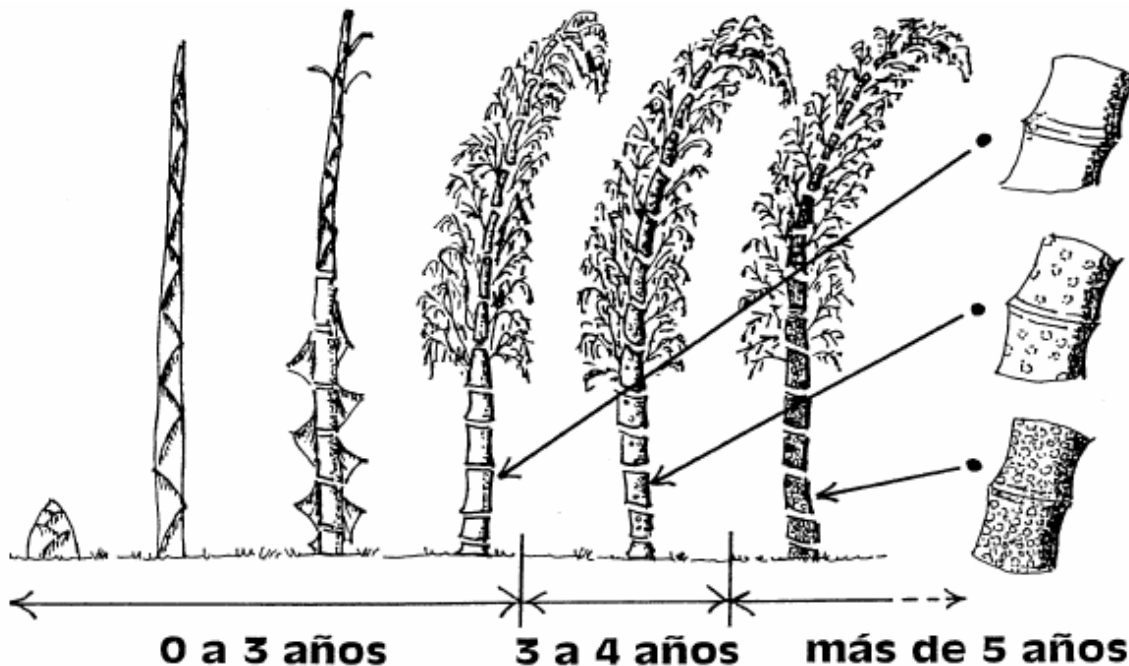
<sup>22</sup> Ibíd.

<sup>23</sup> Ibíd.

<sup>24</sup> LLANOS GAZIA, Henry. Revista el mueble y madera (MyM).

desarrollo, liviana, hueca, resistente, suave, de rápido crecimiento, de bello color e imperceptiblemente cónica compuesta por parte en altura ya sea cepa, basa y sobrebasa teniendo su tiempo de maduración ya que no se debe ser utilizada durante los primeros 3 años<sup>25</sup> (Ver imagen 1)

**Imagen 1. Etapas que presenta la guadua**



Fuente: Luis Fernando Botero Cortes. Reproducción de la guadua *Angustifolia* Kunth. Publicación de la INBAR (International Network for Bamboo And Rattan).

### CEPA

Es la parte del culmo con mayor diámetro y espesores de pared mayores; Posee una longitud de 4 metros. Las distancias de cañutos son las más cortas y en la construcción se les utiliza como columnas<sup>26</sup>.

### BASA

El diámetro es intermedio y la distancia entre nudos es mayor que en la cepa; es la parte del culmo de la guadua que más se utiliza; tiene una longitud aproximada de 11 metros<sup>27</sup>

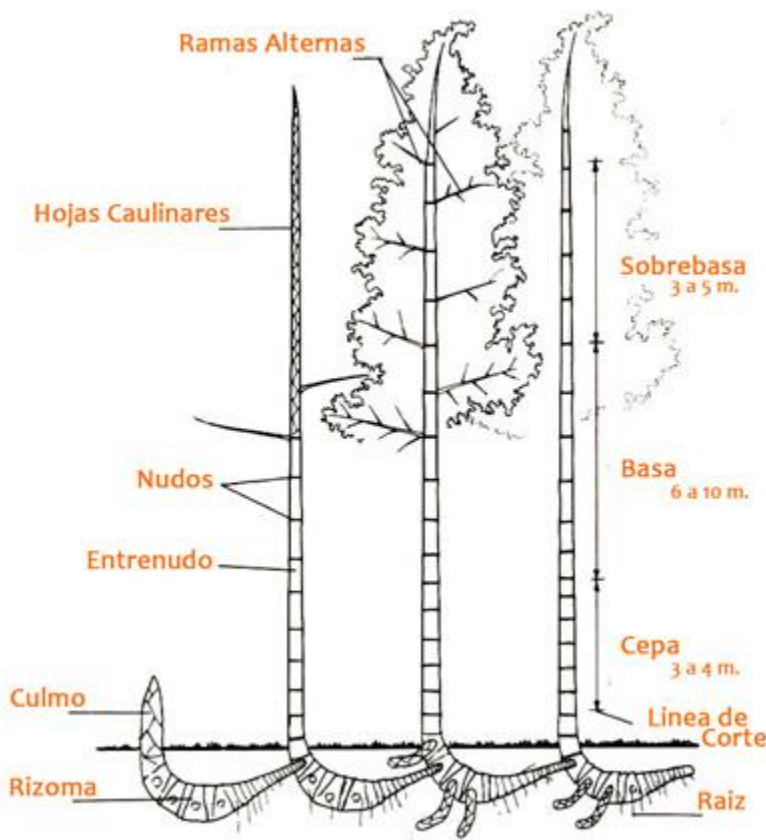
<sup>25</sup> Vélez, Simón. La Guadua *Angustifolia* "El Bambú Colombiano". Disponible en el Centro Nacional Del Bambú Guadua Córdoba.

<sup>26</sup> *Ibíd.*

## SOBREBASA

El diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor, comparado con la basa, la longitud es de aproximadamente cuatro metros<sup>28</sup>(Ver imagen 2).

**Imagen 2. Partes de la guadua**



Fuente: diseño e instalación de estructuras en bambú  
Imagen tomada de: <<http://bambusa.es>>

## FIBRAS

El material de la Guadua está formado por una sustancia que mantiene las fibras unidas. Las fibras crecen axialmente y se consolidan en el extremo superior del tallo, como también en sus bordes externos<sup>29</sup>.

<sup>27</sup> Vélez, Simón. La Guadua Angustifolia "El Bambú Colombiano". Disponible en el Centro Nacional Del Bambú Guadua Córdoba.

<sup>28</sup> Vélez, Simón. La Guadua Angustifolia "El Bambú Colombiano". Disponible en el Centro Nacional Del Bambú Guadua Córdoba.

<sup>29</sup> Ibíd.

## NSR-10

Contiene la información del Reglamento Colombiano de Normas Sismo Resistentes, desde su versión 1998 hasta la actualización del 2010, e incluye los decretos que han intervenido en el proceso. Incluye las actas de las reuniones de la Comisión Asesora para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes<sup>30</sup>

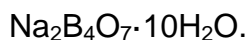
## NTC-5525

Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia Kunth*<sup>31</sup>.

Esta norma explica los ensayos que se van a realizar sobre segmentos de la *guadua angustifolia Kunth*, para obtener los resultados correspondientes a cada laboratorio, los cuales establecen valores y resistencia de la *guadua*. Estos valores se utilizan para establecer la relación de propiedades físicas, a compresión, tracción, flexión, corte y tensión para encontrar las funciones de control de calidad.

## PENTABORATO DE SODIO

Cristales de color blanco, inodoros y de sabor alcalino. Sal inorgánica del ácido bórico. Se utiliza en la fabricación de plaguicidas, insecticidas, en grados especiales se utiliza en la fabricación de cosméticos, etc.<sup>32</sup>. Insoluble en ácidos siendo formulado por;



## NV

Inmunizante de origen orgánico producido a base de Piretros que se adquieren a partir de la flor del crisantemo, lo que hace que sea un producto amigable con el medio ambiente<sup>33</sup>

---

<sup>30</sup> NSR-10 Norma de diseño sismo resistente, 2010 (título G).

<sup>31</sup> NTC 5525: 2007, ingeniería civil y arquitectura métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *guadua angustifolia Kunth*.

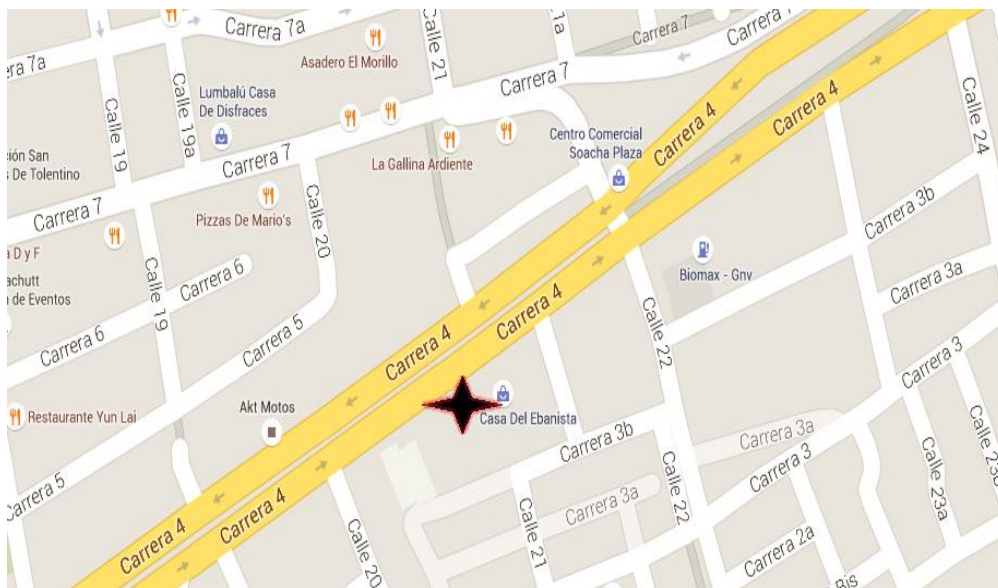
<sup>32</sup> Información técnica y comercial del pentaborato de sodio.<<http://www.cosmos.com.mx>>

<sup>33</sup> IP Inversiones Perdomo Construcciones en Guadua. <<http://www.inmunizanteguadua.co/>>

### 8.3. MARCO DEMOGRAFICO

La guadua angustifolia Kunth la cual fue objeto de estudio la suministro la empresa “Arme Ideas en Guadua ¡producción y construcción sostenible!” Representada por el gerente general Wilson Aristizabal Mejía. Posee dos distribuidoras entre las cuales se presenta como sede principal en Soacha Cundinamarca autopista sur #20-46 (ver imagen 3) y sucursal en Calarcá - Quindío, kilómetro 1,5 vía Chaguala – variante Calarcá – Pereira.

**Imagen 3 Ubicación de la empresa distribuidora de guadua "Arme ideas en Guadua"**



Fuente: Google maps.

<<https://www.google.it/maps/place/Autopista+Sur,+Bogot%C3%A1,+Colombia/@4.5817425,-74.2134631,19z/data=!4m2!3m1!1s0x8e3f9edb944229ff:0xc59d6a84815e70ab>> tomada el 12 de noviembre del 2015

La guadua es cultivada y tratada en la sucursal en Calarcá – Quindío contando con excelentes instalaciones de producción y sostenibilidad, la cual es transportada por medio de camiones que cumplan con el largo de cada uno de los culmos separándolas para evitar confusiones en el material

## 8.4 MARCO TEORICO

### 8.4.1 Generalidades del bambú-guadua

El bambú es una de las plantas (gramínea), las cuales forman una de las familias más numerosas, con más de 670 géneros y cerca de 10.000 especies descritas. Son plantas que se adaptan fácilmente y se desarrollan bien en diferentes lugares y con una gran aplicación en jardinería, ya que además de su carácter ornamental por sus espigas y frutos, cuando la planta muere también resulta útil para realizar centros de flor seca.<sup>34</sup> También conocida como guadua siendo uno de los más importantes en el desarrollo cultural, económico conservación del recurso hídricos y en diferentes tipos constructivos y culturales en Colombia.<sup>35</sup>

Debido a sus cualidades físicas y bajo costo se puede emplear en el uso de construcciones de viviendas dando a su vez la utilidad y belleza, presentándose la mayor parte de producción en condiciones óptimas desde los 900 a 1600 m.s.n.m., hay casos que se cultivan hasta los 2000 m.s.n.m pero a su vez no se garantiza los diferentes resultados esperados. Es necesario tener en cuenta que al momento de realizar su producción debe ser en suelos fértiles, con mediana profundidad, húmedos pero no inundables, “con un promedio mínimo de precipitación requerido de 1300 mm, hasta un máximo de 5000mm, debe tenerse en cuenta su temperatura que debe estar entre 20 y 26°C y una humedad relativa del 80%”<sup>36</sup>

La Guadua angustifolia sobresale por sus propiedades físicas y mecánicas que las han convertido en un excelente material de construcción. También sobresale por el tamaño de los culmos (tallos) que pueden alcanzar 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro. Esta especie se encuentra en estado natural en Colombia, Ecuador y Venezuela y reúne dos subespecies o variedades clasificadas: *G. angustifolia* var. *Bicolor* y *G. angustifolia* var. *Nigra*, las cuales únicamente se han registrado en Colombia.

La guadua por ser una monocotiledónea carece de tejido de cambium, es decir que no incrementa su diámetro con el paso del tiempo, emerge del suelo con su diámetro establecido. Es una especie de crecimiento muy rápido que logra incrementos en altura de hasta 11 centímetros al día y alcanza su altura definitiva (18 a 30 metros) en los primeros seis meses después de emerger del suelo en su

---

<sup>34</sup> El hogar natural. Gramíneas ornamentales. <<http://www.elhogarnatural.com/gramineas.htm>>

<sup>35</sup> Algunos usos de la guadua < <http://www.secretosparacontar.org/Lectores/Contenidosytemas/Algunosusosdelaguadua>>

<sup>36</sup> Nieto. Guadua Bambusa guadua H. et. B. o Guadua angustifolia. 1985. P.8.

condición de renuevo y su madurez llega después de los 4 a 5 años. Se diferencian cuatro fases de desarrollo de la planta desde que brota del suelo hasta que muere.

**Renuevo:** Conocido también como brote o rebrote, “Es la primera fase del desarrollo de la planta y se caracteriza por estar cubierto por las hojas caulinares que son las hojas de color café que protegen al culmo del ataque de insectos en etapa de crecimiento inicial”<sup>37</sup>. Todos los renuevos emergen del suelo con su diámetro definitivo y los nudos juntos como un acordeón cerrado. El crecimiento longitudinal se da al estirarse los nudos formando los entrenudos, normalmente ocurre de abajo hacia arriba en un lapso de 6 meses en promedio.

**Verde, joven o viche:** Una vez terminado el proceso de crecimiento del renuevo se activan las yemas laterales que van a dar pasó a las ramas. Estas hacen que ocurra el desprendimiento de las hojas caulinares lo que deja el tallo totalmente expuesto con un color verde esmeralda intenso y las bandas blancas a lado y lado del nudo resaltan muy fácilmente. En ese momento la caña guadua está en estado verde pues la madera no tiene resistencia, hay altos contenidos de azúcares y almidones y no es apta para uso que requiera resistencia físico mecánica de la madera. “Normalmente el tallo permanece en estado verde hasta dos años después de haber salido del suelo en estado de brote”<sup>38</sup>.

**Madura, hecha:** Cuando la madera adquiere resistencia físico mecánica, pierde su coloración verde intensa, se torna más amarillenta y normalmente aparecen en su tallo manchas de color blanco o gris claro que son indicadores de que la caña ha llegado a su madurez y debe ser cosechada. “En éste grado de madurez el tallo puede tardar de 3 a 5 años dependiendo del clima y las condiciones del sitio donde se desarrolla”<sup>39</sup>.

**Seca:** Si la caña guadua no se cosecha en estado hecho, pierde su resistencia, se tornan los tallos de color amarillento a rojizo, se seca el follaje y por disminución de la actividad fisiológica termina el ciclo de vida de ese individuo. “Normalmente cuando las manchas o rodales de Guadua no son aprovechados se observan gran cantidad de individuos en estado seco que impiden la aparición de brotes por falta de espacio, luz, agua y nutrientes además de no estimularse los rizomas”<sup>40</sup>.

Generalmente, el tratamiento del bambú es dividido en dos categorías: tratamiento de bambú verde y tratamiento de bambú seco. Además de los métodos establecidos para el tratamiento de madera, también hay algunos métodos tradicionales que son usados en el tratamiento del bambú.

---

<sup>37</sup> UBIDIA MORAN Jorge. Reproducción de la Guadua Angustifolia. 2005. [Antioquia- Colombia].

<sup>38</sup> Ibíd.

<sup>39</sup> Ibíd.

<sup>40</sup> Arquitecto, Jorge Mora Ubidia. Reproducción de la Guadua Angustifolia. 2005. P.19.

En el bambú, los azúcares y almidones son el principal alimento para los insectos y hongos cromógenos o manchadores. Los métodos utilizados para reducir el contenido de estos carbohidratos en el bambú<sup>41</sup> son:

- Cortar el bambú durante la estación en la cual el contenido de carbohidratos sea más bajo: el contenido de azúcar en la mayoría de las plantas varía con la estación, siendo menor en la estación más seca<sup>42</sup>.
- Cortar el bambú a la edad madura: ya que el contenido de carbohidratos en esta etapa es bajo. Generalmente el bambú madura a los 3 o 4 años<sup>43</sup>.
- Curado: los tallos son cortados en la base, dejándoles las ramas y hojas de tal manera que la transpiración continúe, reduciéndose el contenido de carbohidratos en el tallo<sup>44</sup>.
- Ahumado sobre fuego abierto: Consiste en colocar los culmos sobre fuego abierto, rotándolos sin quemarlos, el humo los ennegrece y por el calor se extraen los carbohidratos. En Japón se colocan los culmos en cámaras a temperaturas entre 120 a 150 C° por 20 minutos, este proceso se considera efectivo para la protección contra insectos xilófagos<sup>45</sup>.

El uso de los diferentes segmentos de la guadua en la construcción es:

El primer tramo del tallo aéreo, denominado comúnmente la cepa o parte basal, que se inicia a partir del segundo o tercer nudo después de aflorar del suelo, es decir, desde donde el tallo se endereza y se verticaliza, hasta alcanzar una altura comprendida entre 4 y 5 metros, dependiendo del uso específico que se le quiera dar, es utilizado en la construcción para cimientos, columnas, vigas principales y como elementos que deban soportar fuertes tensiones o compresiones axiales. Su mayor resistencia se debe, no a que sus fibras sean diferentes a las de los otros tramos del tallo y por lo tanto tengan distinto comportamiento mecánico<sup>46</sup>. Presentándose mayor resistencia en la sobrebasa debido a que el número equitativo de fibras comparado con las cepas es continuo y debido a que el

---

<sup>41</sup> UBIDIA MORAN Jorge. Reproducción de la Guadua Angustifolia. 2005. [Antioquia- Colombia].

<sup>42</sup> Ibíd.

<sup>43</sup> Ibíd.

<sup>44</sup> Ibíd.

<sup>45</sup> Ibíd.

<sup>46</sup> DIAZ E, Félix. Pequeño manual de la guadua.2008. [Caracas-Venezuela].



esfuerzo es dependiente de la carga y del área, siendo el área menor sé que la de la basa.

El segundo tramo denominado comúnmente sobrebasa, con una longitud aproximada de 8 a 10 metros, dependiendo su seccionamiento del tamaño y usos que se le quieran darles utilizado principalmente para elementos de cerchas, vigas de entresijos, soleras, sobre-soleras y parales de paredes portantes o divisorias, para cumbreras, parales y diagonales de techos y paredes.

El tercer tramo denominado comúnmente sobrebasa, con una longitud aproximada de 4 metros, es utilizado principalmente para riostras, viguetas, cabríos, montantes, canes, elementos menores de las cerchas, tirantes, escaleras manuales y andamios y, en algunos casos, para utilizarlos como pares del techo<sup>47</sup>.

Es necesario tener en cuenta al momento de obtener un material adecuado para la calidad estructural, la forma como se corta de acuerdo a la edad:

- ✓ Para ser utilizada para desempeñar trabajos que requieran de sus propiedades mecánicas de resistencia a la tensión o a la compresión. “Para la construcción debe ser cortada después de los cuatro años, cuando ya esté hecha y los líquenes se hayan generalizado”<sup>48</sup>.

Es necesario al momento de cortar la guadua, se tenga en cuenta que durante el día, la Guadua está fisiológicamente más activa, realizando el proceso de fotosíntesis, por lo que tiene mayor contenido de humedad. Durante la noche, el contenido de humedad baja al descender el agua, pasando una parte de ésta al rizoma y otra parte es transferida al suelo. De acuerdo a este criterio, debería cortarse en la mañana, “antes de que comience la influencia del Sol en el proceso fotosintético, con el consiguiente ascenso del agua. Siendo, según este criterio, preferible la época seca a la estación lluviosa, pero también, si se tiene presente que en el verano hay mayor concentración de almidones y azúcares en el tallo que atraen a los insectos y que en la estación lluviosa los insectos están hibernando”<sup>49</sup>, debe tenerse mucho cuidado con la época de corte, así como con el curado y secado, si no se la va a procesar e inmunizar inmediatamente.

---

<sup>47</sup> DIAZ E, Félix. Pequeño manual de la guadua.2008. [Caracas-Venezuela].

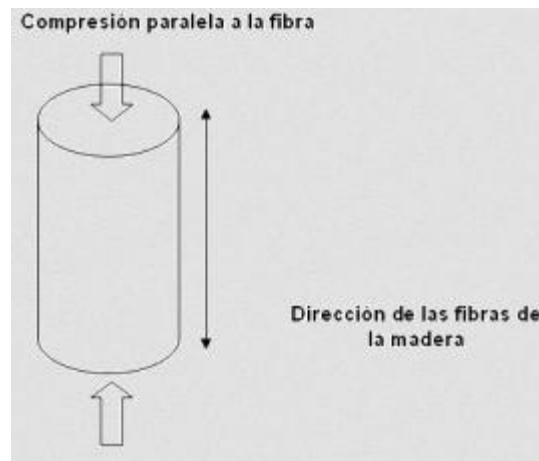
<sup>48</sup> Ibíd.

<sup>49</sup> Ibíd.

### 8.4.2 Resistencia a la compresión

Se presenta cuando la fuerza actúa acortando una dimensión o reduciendo el Volumen del cuerpo (ver imagen 4), se define como la fuerza total de compresión dividida por el área de la sección transversal de la pieza sometida al esfuerzo. La compresión paralela a la fibra o al grano, está implicada en muchos usos de la guadua, en columnas, postes, puntales para minas y todos aquellos casos donde la madera está sometida a cargas. Del ensayo de compresión perpendicular se obtienen datos para el cálculo de esfuerzo de las fibras al límite proporcional (EFLP), que es el esfuerzo máximo en compresión que la madera puede soportar sin deformarse, máxima resistencia a la compresión y el módulo de la elasticidad.

**Imagen 4. Esfuerzo a compresión**

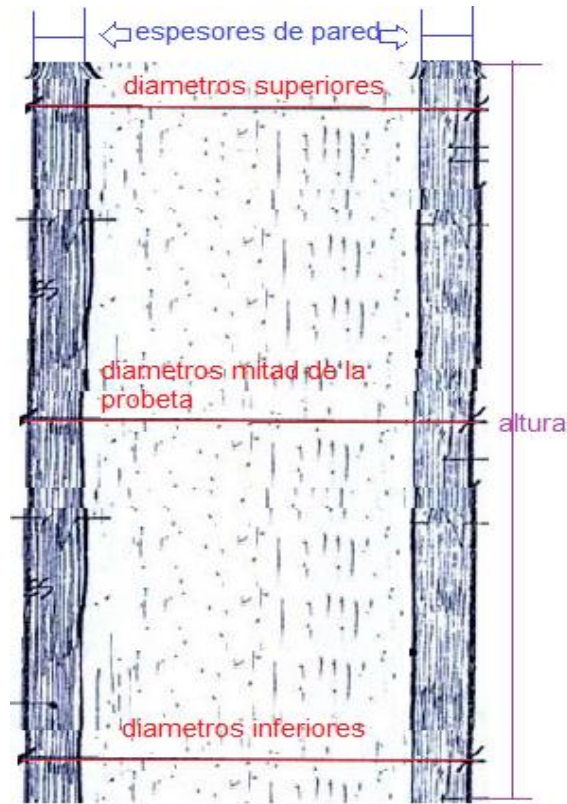


Fuente: Vallina, Manuel. Solicitaciones mecánicas de los materiales, 28 de octubre de 2013 <[http://manuelvallina.blogspot.com.co/2013\\_10\\_01\\_archive.html](http://manuelvallina.blogspot.com.co/2013_10_01_archive.html)>

El ensayo de compresión en la guadua *Angustifolia Kunth* tiene como objetivo determinar el último esfuerzo a compresión de las probetas provenientes de los culmos de la guadua. Este proviene de los culmos de la guadua *Angustifolia Kunth*, para esto debe utilizar una máquina que contenga una platina y al menos un apoyo hemisférico para obtener una distribución uniforme de la carga en los extremos de la probeta y para mejoras del laboratorio se utilizan dos platinas de acero de la maquina en los dos extremos de la muestra para reducir a un mínimo de fricción.

Para calcular el área de cada una de las probetas es necesario tener en cuenta las medidas de los diámetros, alturas y espesores de pared los que son tomados varias veces para poder sacar un promedio ya que el material no es uniformemente en la sección transversal (ver imagen 5).

**Imagen 5. Medidas de cada probeta que se deben tomar**



Fuente: propia

El esfuerzo último de compresión se debe estimar por medio de la siguiente formula:

Ecuación N° 1 determinar el esfuerzo ultimo de compresión

$$\sigma = \frac{f_{ult}}{A}$$

Fuente: Norma Técnica Colombiana 5525

Dónde:

$\sigma$  = Esfuerzo MPa

$F_{ult}$  = es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N

A = Área de la selección transversal mm<sup>2</sup>.

Y de acuerdo a lo anterior se debe calcular el área (A), de cada una de las probetas por medio de:

Ecuación N° 2 determinar el área de las probetas

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

Fuente: Norma Técnica Colombiana 5525

D=Diámetro exterior de la probeta.

t=Espesor de la pared.

### 8.4.3 Tipos de patologías.

Las enfermedades en la guadua son aquellas que son ocasionadas por hongos o bacterias que acaban con ella y le hacen perder su utilidad, la presencia de estos se puede presentar en cualquier lugar ya sea en un guadua plantado o cualquier sitio donde se deposite la guadua.

Los principales problemas que plantea la conservación de las obras en maderas se pueden diferenciar en dos grupos según quien los origina.

De origen biótico:

- Pudrición.

Proviene de algunos tipos de hongos que se nutren de la madera y provocan el hundimiento de la estructura celular del material. Los síntomas son ablandamiento y la decoloración de la madera<sup>50</sup>.

- Xilófagos marinos.

En zonas marítimas, la madera es atacada por una variada fauna marina, que es roída hasta anular su existencia. Entre los tipos de organismos se citan los moluscos, la bankia, el teredo corriente, la martesia y otros folos. Crustáceos, etc.

---

<sup>50</sup> PADILLA, Leticia. JELPO, Pía. Patologías en elementos estructurales Madera, hierro- acero y muro portante cerámico. 2009-2010.

Las formas de ataque son variadas y dependen del tipo de organismo que ataque la madera. También varía su zona de acción y velocidad de propagación<sup>51</sup>.

➤ Insectos.

Entre los insectos que atacan la madera están los coleópteros, hormigas y abejas carpinteras y las termitas<sup>52</sup>.

- ✓ Retracción.
- ✓ Grietas.
- ✓ Juego de las uniones.

De origen abiótico:

Las causas de origen abiótico que pueden producir daños en las piezas de madera son los agentes atmosféricos (radiación solar y la lluvia) y el fuego<sup>53</sup>.

➤ Agentes atmosféricos:

La madera expuesta a la luz solar sufre un cambio de la coloración, que inicialmente toma un tono marrón y posteriormente color grisáceo, y la aparición de grietas superficiales, debido a la diferencia de contenidos de humedad en la zona superficial y zona interior<sup>54</sup>.

El agua de lluvia provoca el deslavado de los elementos degradados de la superficie y favorece el fenómeno de aparición de grietas. El deterioro de la madera expuesta a la intemperie es muy lento y la pérdida de madera es muy pequeña. Esta pérdida varía en función del clima, la especie y la orientación. La degradación que produce es superficial y generalmente no afecta las propiedades mecánicas de manera significativa.

➤ Acción del fuego:

Una estructura que haya sufrido un incendio puede ser recuperable o reutilizable si la pérdida de sección no es muy elevada<sup>55</sup>.

➤ Efecto de la edad de la estructura

---

<sup>51</sup> PADILLA, Leticia. JELPO, Pía. Patologías en elementos estructurales Madera, hierro- acero y muro portante cerámico. 2009-2010.

<sup>52</sup> Ibíd.

<sup>53</sup> Ibíd.

<sup>54</sup> ibíd.

<sup>55</sup> ibíd.

## 8.4.4. Inmunizantes

### 8.4.4.1. Tipos de inmunizantes

#### Pentaboráto

Considerado como uno de los inmunizantes con un bajo costo, fácil aplicación y buen nivel de eficiencia si utilizada en guadua que no serán sometidas en la intemperie. La preservación por inmersión en Pentaboráto es considerada amigable ya que su funcionalidad no depende de un toxico si no de unas sales, que son un producto natural y totalmente anti nocivo a estas concentraciones. La mezcla impide la proliferación de insectos gracias a la estructura intrínseca de estas sales de bórax, impidiendo que el insecto continúe con su ciclo de vida debido a las pequeñas piedras que perforan su estómago<sup>56</sup>

Composición: 3% bórax y 3% ácido bórico

#### NV

Contiene Tenso activos para mayor penetración en maderas duras, semiduras y blandas la inclusión de éstos en el inmunizante hace que la penetración sea mayor, en cualquier tipo de madera, lo que ayuda a que al ser aplicado en maderas duras, la penetración sea mayor. Baja Lixiviación gracias a los tensos activos y a la gran penetración que se produce por ellos, la lixiviación, es decir, el “lavado” del producto será mínimo lo que quiere decir que si la guadua está en exteriores, no se va a producir minimización del efecto de la inmunización<sup>57</sup>.

### 8.4.4.2. Técnicas de inmunización

Actualmente pueden existir varios procesos utilizados para el preservado de la Guadua por medio de químicos como lo son el proceso de inmersión, inyección, método de difusión vertical, hervido, lavado en cal, método de desplazamiento de salva o boucherle modificado

- El sistema de inmersión en Pentaboráto consiste en la elaboración de un tanque o piscina, ya sea escavado en la tierra (cubierto con lona plástica vulcanizada para evitar la filtración) o elaborado en cemento y ladrillo (Imagen 6), el cual se llena con una solución de Pentaboráto disuelto en agua, y se procede a introducir la guadua, este proceso posee una

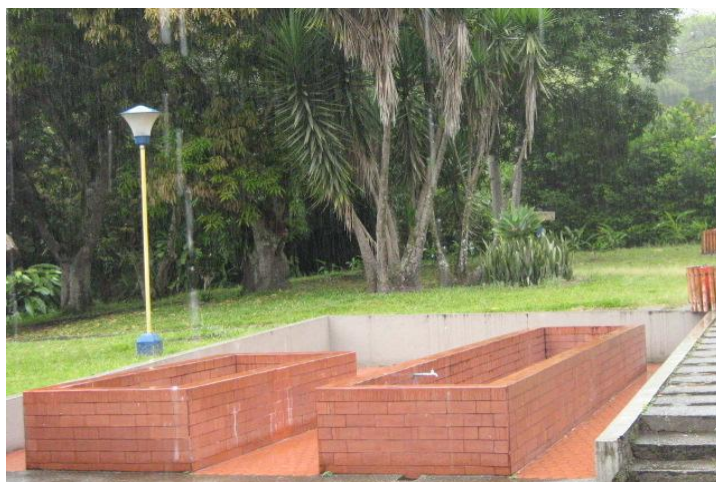
---

<sup>56</sup> DELGADO, Pablo Giordanelli. Sistema inmerso de guadua para pequeños y medianos cultivos que utilicen el proceso de curado en piscinas de sales. [Risaralda-Colombia]. Disponible en la Universidad católica de Pereira. 2011.

<sup>57</sup> IP Inversiones Perdomo Construcciones en Guadua. < <http://www.inmunizanteguadua.co/>>

durabilidad entre 5 a 8 días mínimo para que el preservante pueda recubrir en su totalidad

### Imagen 6 Piscinas para Inmunizar la Guadua



Fuente: fotografía tomada en el Centro Nacional para el Estudio del Bambú Guadua Colombia-Armenia

Una vez las guaduas terminan su proceso de inmunización son sacadas del tanque de forma manual y trasladadas a otra zona donde son colocadas verticalmente sobre estructuras de apoyo durante 2 días, con el fin de retirar el exceso de inmunizante y permitir la combinación celular

El sistema de inyección es el único tratamiento efectivo cuando la madera ya está instalada y se observan que caen residuos de los desechos dejados por el gorgojo. Generalmente a las maderas instaladas como puertas, ventanas, closets, machimbres, se les ha dado un acabado en pintura, barniz o laca que impide que cualquier producto las entre y se instale dentro del poro de la madera, en estos casos, se debe proceder a lijar la superficie de madera antes de aplicar el preservador<sup>58</sup>

---

<sup>58</sup> LLANOS GAZIA, Henry. Revista el mueble y madera (MyM).

## 9. DISEÑO METODOLÓGICO

### Enfoque metodológico

La investigación posee un enfoque cuantitativo ya que usa la recolección de datos para comprobar una hipótesis, con base en medición numérica y análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y comprobar las teorías propuestas por la investigación. Para esto se debe utilizar un ensayo a compresión que sirve para determinar la resistencia de la guadua *Angustifolia Kunth* sometidas a una carga para observar fatiga y fracturas que sufre este material con diferentes tipos de inmunizantes a utilizar. Específicamente para el problema que se presenta en la investigación se ajusta a este enfoque ya que permite generar nuevas teorías a la hora de implementar diseños con la guadua *Angustifolia Kunth*.

Se usa principalmente el método hipotético deductivo, ya que busca que el investigador haga de su actividad una práctica científica.

De acuerdo a los objetivos específicos y a la pregunta problema mencionada, la investigación el método es de tipo científico, ya que se va a comprobar la verdad de la hipótesis planteada.

Esto es válido ya que para poder comprobar la verdad de la hipótesis es necesario utilizar un ensayo que nos de las pautas para poder garantizar los resultados de la investigación, para cumplir con este requisitos es necesario utilizar adecuadamente la guadua, garantizando su corte, el tipo como se va marcar la guadua para que no haya problema a la hora de establecer que guadua ya ha pasado por el ensayo, que el inmunizante haya sido aplicado correctamente y su almacenamiento cumpla con el fin de que la guadua *Angustifolia Kunth* se conserve en perfecto estado.

Logrando así establecer una serie de conclusiones que dan la relevancia adecuada para lograr de una manera más optimizada un desarrollo acorde a la situación de interés.

Finalmente con esto se logra dar una explicación a la problemática ya que se ha relacionado de una manera adecuada la descripción de las variables que dan interés al tema, brindando soluciones a las dificultades planteadas.

Posteriormente genera al campo de la ingeniería civil, a medida que se avance en el problema de investigación, se logre dar un mayor grado de profundidad y precisión acorde a un marco teórico presentados, dando explicación a los fenómenos descubriendo el porqué de los hechos y de sus relaciones.



## Tipo de investigación

El tipo de investigación es de forma experimental ya que es de tipo de experimento y de método científico, en este caso los experimentos serán llevados a cabo en el laboratorio para así poder manipular correctamente las variables y así lograr manipular las variables para cumplir su funcionamiento y poder predecir su comportamiento. Ya que esta investigación es de tipo experimental es necesario tener un orden a la hora de manejar la guadua por que puede haber confusiones cuando se esté realizando el ensayo con las probetas, tener un campo adecuado para almacenar la guadua sin que sufra daños y marcar correctamente. Este tipo de investigación permite identificar tendencias futuras para así lograr que el problema establecido tenga una solución capaz de producir los cambios deseados.

### 9.1. Elementos para el desarrollo del laboratorio

Entre los diferentes elementos del laboratorio los utilizados para hallar los esfuerzos a compresión paralela a la fibra de la Guadua Angustifolia Kunth son:

- Neopreno: polímero el cual posee como función evitar la fricción con la maquina (ver fotografía 1), ubicado en la parte superior e inferior de la probeta.

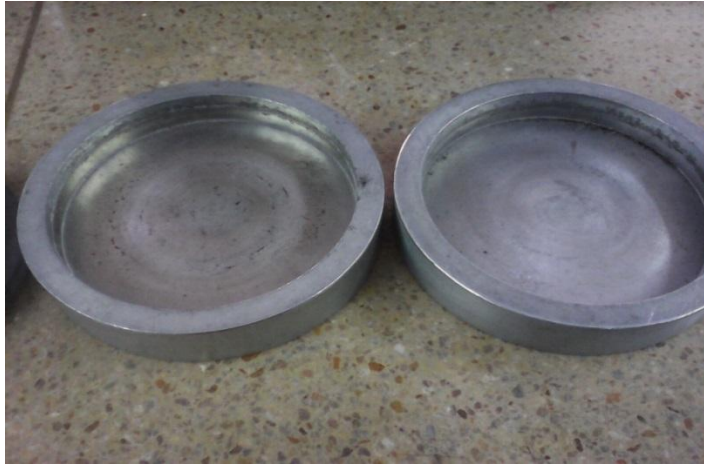
#### Fotografía 1. Neoprenos utilizados en el laboratorio



Fuente: propia

- Molde metálico: metálico en el cual va el neopreno con tal fin de evitar la deformación del Polímero (ver fotografía 2), presentándose uno en cada extremo de la probeta.

## Fotografía 2. Moldes para ubicar el neopreno



Fuente: propia

- Pie de rey o calibre: es con el cual se toman las diferentes medidas de las probetas (ver fotografía 3) en este caso la escala está tomada para mayor precisión es de 0.002 mm

## Fotografía 3. Pie de rey o calibre uso para medir las probetas de guadua



Fuente: propia

- Máquina versa tester: es aquella que produce el esfuerzo a compresión teniendo en la parte superior el pistón el cual es el que ejerce la fuerza controlando (ver fotografía 4), su velocidad en este caso de 0.01 mm/s y en la parte inferior se encuentra la base la cual es el apoyo (sin movimiento).

**Fotografía 4. Maquina Versa Tester**



Fuente: propia

- Probetas de guadua: son que grupo de secciones de acuerdo a la parte en altura de la guadua y su distinta forma de inmunización la cual tiene como requerimiento cumplir dos veces el diámetro en altura (ver fotografía 5).

**Fotografía 5. Diferenciación de las partes en altura del culmo**



Fuente: propia

- Marcador: es aquel que nos facilitara la marcación de las probetas para identificar las diferentes variables que se tienen
- Bata de laboratorio: por manejo de seguridad frente al uso del laboratorio se hace necesario para prevenir y cuidar nuestra integridad.
- computador para anotación de las medidas y anotaciones: comprende la descripción de las probetas y manejo de los datos obtenidos de cada probeta.

## 9.2 FASES DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del proyecto se efectuaran las fases principales:

### Fase 1: Preparación y obtención de las probetas:

- Se evaluaron las características del estado de la guadua *Angustifolia Kunth*, mirar el estado en el cual viene la guadua si es madura o verde, observa la longitud y el diámetro de las probetas para que a la hora de realizar el ensayo no vayan a presentarse causas que afecten los resultados.
- Separa las probetas ya que la sección de una guadua esta unificada por la cepa que es la parte con mayor diámetro y espesor de pared, basa es donde se encuentra la parte intermedia de diámetro y la distancia entre los nudos es mayor y finalmente la sobrebasa es donde se observa el diámetro menor con respecto a la cepa y la basa y los nudos son más alejados entre ellos. También hay que tener en cuenta con qué tipo de inmunizantes viene cada probeta ya que se van a manejar sin inmunizante y con dos tipos de inmunizaste los cuales son (Pentaboráto de sodio y NV).
- Es necesario verificar el estado del corte tanto en la parte superior como la inferior que tan perpendicular se encuentra el corte de acuerdo a la fibra paralela de la guadua ya que se podría generar un esfuerzo excéntrico afectando el resultado, para ello es necesario pulir para que se obtengan resultados con mayor confiabilidad (ver fotografía 6).

## Fotografía 6. Nivelación de la altura (Cepa, Basa y Sobrebasa)



Fuente: fuente propia

- La forma como se va a marcar las probetas es muy importante ya que como anteriormente se mencionó hay varios tipos de probetas, además para que la probeta cumpla con todos los requisitos es necesario tener ciertas características como son altura, diámetro externo, ancho de pared, los cuales son tomados de varias partes de la misma probeta para poder obtener un promedio de cada una de las características mencionadas.
- Se va a manejar un formato de signo por cada probeta que va hacer primero el tipo de inmunizante que se identifica por el signo (A, B, C), donde A es sin inmunizante, B es inmunizante NV inyectado, C es inmunizante NV inmersión y D es inmunizante Pentaborato por inmersión. Después como segunda letra encontramos el componente de la guadua ya sea identificada con el signo (A, B) donde A es compuesta sin nudo y B es con nudo. Después va la parte de la sección de la guadua a tratar que son (A, B y C), donde A es sobrebasa, B es identificaron de una basa y C es elemento representado como cepa, con su respectivo número de probeta (ver fotografía 7).  
Ejemplo: A-A-A-1  
El cual representa una probeta sin inmunizar – sin nudo – sobrebasa - probeta N-1.

**Fotografía 7. Ejemplo de la marcación de la Guadua**



Fuente: propia

- Finalmente ubicar las probetas con su respectivo género y que ya hayan sido evaluadas en el ensayo para general un mejor orden a la hora de analizar los resultados obtenidos en la investigación.
- **Fase 2: Elaboración de los ensayos de resistencia mecánica a la compresión inconfiada.**

Se evaluaron las características del estado de la guadua *Angustifolia Kunth*, mirar el estado en el cual viene la guadua si es madura o verde, observa la longitud y el diámetro de las probetas para que a la hora de realizar el ensayo no vayan a presentarse causas que afecten los resultados. (Ver fotografía 8)

**Fotografía 8. Guadua clasificada como madura con probetas de las diferentes partes en altura del culmo (Cepa, Basa y Sobrebasa)**



Fuente: propia

- Finalmente ubicar las probetas con su respectivo género y que ya hayan sido evaluadas en el ensayo para general un mejor orden para analizar los resultados obtenidos en la investigación.

Dentro de los parámetros establecidos el desarrollo en el laboratorio es necesario tener en cuenta:

- Se separan las probetas de acuerdo a la parte en altura de la guadua (cepa, basa y sobresa)
- colocar la debida referencia en la parte superior e inferior de la probeta para saber en qué sitio específico se van a tomar las medidas de los diámetros, espesores de pared y altura de la probeta de los cuales se tendrán:
  - Cuatro tomas de diámetros: dos en la parte superior y dos en la parte inferior.
  - Cuatro tomas de alturas:
  - Ocho espesores de pared:
- Se determina el área de la probeta el cual es facilitado por una tabla en Excel debidamente formulada con los respectivos parámetros establecidos en la NTC 2555 (ver tabla 2).

**Tabla 2 Ejemplo de formato utilizado para manejo de datos**

CEPA														
NUMERO DE PROBETA	INMUNIZANTE	ZONA PROBETA	DIAMETROS mm	ALTURAS mm	ZONA DEL ESPESOR	ESPEORES DE PARED mm	AREA mm <sup>2</sup>	CARGA DE FALLA KN	σ OBTENIDO					
1	PEPTABORATO	ALTA	83,58	170,48	SUPERIOR	8	1628,34	86,7	53,24					
			84			9,4								
		MEDIA	84,68	171		8,72								
			83,7			8,38								
		BAJA	84,28	170,66	INFERIOR	8								
			8,82			7,04								
		PROMEDIO DIAMETRO	71,51	170		7,94								
						8								
					PROMEDIO	170,535					PROMEDIO e	8,185		

Fuente propia.

- La probeta se debe colocar de tal forma que el centro del cabezal este verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la probeta y se aplica inicialmente una carga pequeña para acomodar correctamente la probeta en la superficie del neopreno las cuales se encuentran en la parte superior e inferior de la probeta haciendo contacto con la maquina “versa tester” la cual es la que aplica la carga.
- 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 la cual según la NTC 5525 nos indica que es de 0,01 mm/s.

- Para calcular el esfuerzo último de la probeta se registra la lectura final de la carga máxima a la cual nos presenta la pantalla como esfuerzo al cual presento la falla la probeta.

- **Fase 3: Análisis de los resultados y elaboración del documento final**

En esta fase es organizar de manera adecuada la presentación del trabajo con respecto a las indicaciones pautadas por la universidad, partiendo de los datos obtenidos se realiza la retroalimentación para poder lograr y concluir debidamente el trabajo realizado observando detalladamente los datos obtenidos y toma de decisiones con respecto a los datos anormales que se presentaron durante el proceso en el laboratorio de la Universidad La Gran Colombia



## 10.RESULTADOS

De acuerdo al desarrollo de los ensayos, en la tabla 3 se presentan todos los resultados obtenidos para el esfuerzo a la compresión paralela a la fibra de acuerdo las diferentes variables analizadas (presencia o no de nudo, parte en altura de la guadua y tipos de inmunizantes, así como su forma de inmunización).

**Tabla 3. Esfuerzos de falla de los ensayos realizados.**

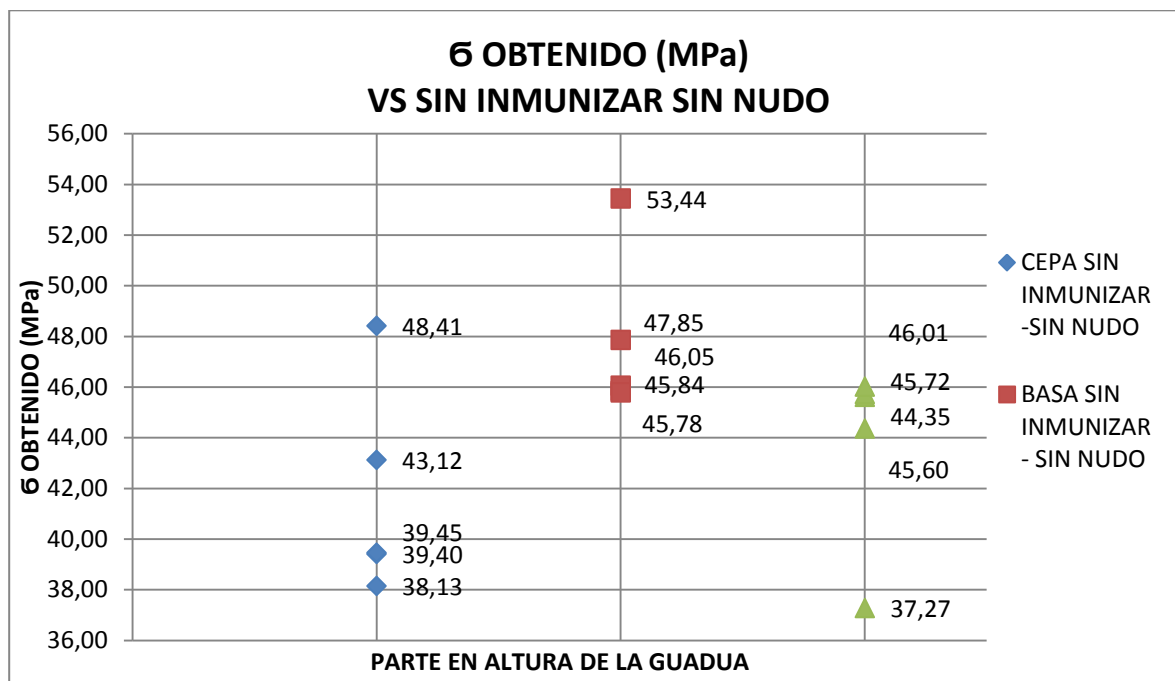
ESFUERZOS DE FALLA OBTENIDOS DE ACUERDO A CADA TIPO DE INMUNIZANTE Y SU DIFERENTE PARTE EN ALTURA					
		SIN INMUNIZANTE (MPa)	NV INMERSION (MPa)	NV INYECCION (MPa)	PENTABORATO INMERSION (MPa)
CON NUDO	CEPA	32,27	54,72	38,61	39,67
		37,99	42,69	43,69	43,25
		39,00	43,82	38,29	42,64
		41,77	54,11	42,71	46,89
		41,98	53,48	39,91	46,21
	BASA	52,33	36,85	66,39	45,39
		55,81	38,82	64,43	48,21
		48,33	37,79	73,89	41,29
		52,16	33,11	70,78	45,21
		56,05	42,73	66,98	46,76
	SOBREB ASA	52,47	90,21	58,55	78,56
		55,97	80,13	71,60	85,35
		52,10	81,91	67,33	70,62
		51,22	82,18	70,94	73,12
		58,53	87,66	54,75	80,50
SIN NUDO	CEPA	43,12	36,60	41,04	58,90
		38,13	38,29	35,61	53,24
		39,40	35,47	45,34	56,63
		39,45	40,75	36,25	48,98
		48,41	45,37	35,95	45,11
	BASA	45,84	31,90	49,16	55,80
		46,05	38,37	50,53	53,19
		53,44	32,33	40,21	45,50
		47,85	30,81	44,64	49,71
		45,78	33,80	44,46	54,17
	SOBREB ASA	37,27	42,26	50,29	36,92
		45,60	47,57	40,29	33,37
		44,35	44,30	51,39	31,24
		45,72	54,76	56,29	31,32
		46,01	52,17	45,36	34,63

Fuente propia.

Para la obtención de los esfuerzos a compresión paralela es necesario tener en cuenta las dimensiones que posee cada una de las probetas a ensayar, por ende es necesario tomar diámetros, alturas y espesores de pared para así mismo poder calcular el área de cada probeta para ver los datos tomados en cada uno de los ensayos ver anexos 1. Para el cálculo del área se trabajó con los promedios en milímetro, siguiendo los procedimientos mencionados en la Norma Técnica Colombiana 5525. El esfuerzo de compresión paralela a la fibra se aplicó por medio de la maquina Versa Tester con una velocidad de aplicación de la carga de 0,01 mm/s obteniendo el esfuerzo que soporta cada culmo. Teniendo como referencia que el esfuerzo de falla es igual carga sobre área, el cual es dado en unidades de Kilo Newton, y el área en milímetros cuadrados siendo necesario pasar la fuerza a Newton para que de una unidad de esfuerzo en Mega Páscales (MPa).

Se observan que los valores obtenidos oscilan entre 38,13 MPa y 48,41MPa para cepa-sin nudo, dando un promedio de 41,7 MPa. Para las basas sin nudo encontramos una oscilación entre los valores obtenidos como esfuerzo de falla de 45,78 MPa y 53,44 MPa, dando un promedio de 47,79 MPa. Y por último para la sobrebasa se posee un rango entre 37,27 MPa y 46,01 MPa dando como una estandarización de 43,79 MPa. La dispersión reflejada en los datos obtenidos se ve en la gráfica 1

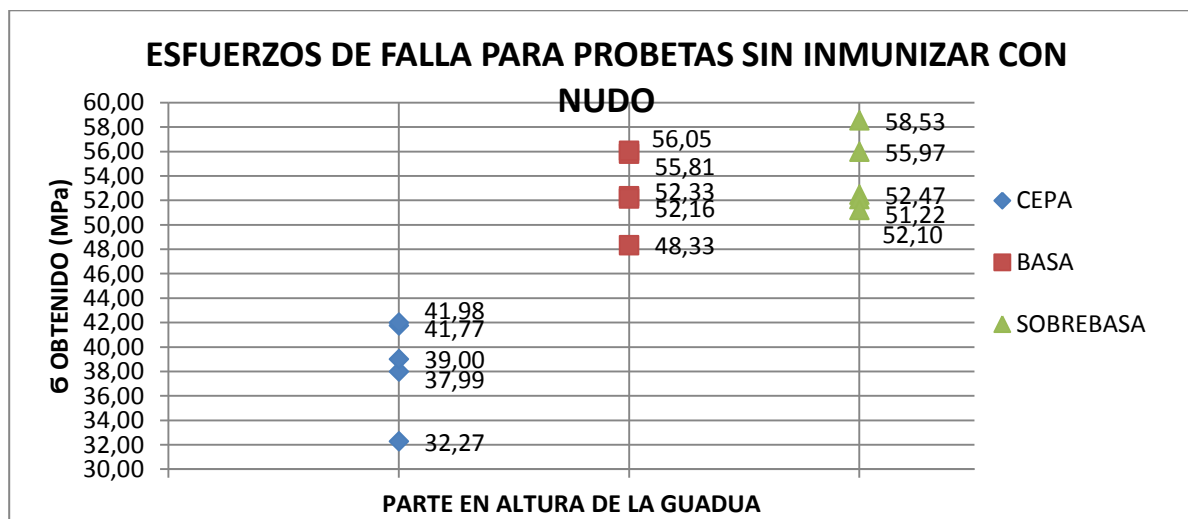
**Grafica 1. Dispersión de esfuerzos de falla sin inmunizar –sin nudo probetas piloto.**



Fuente propia.

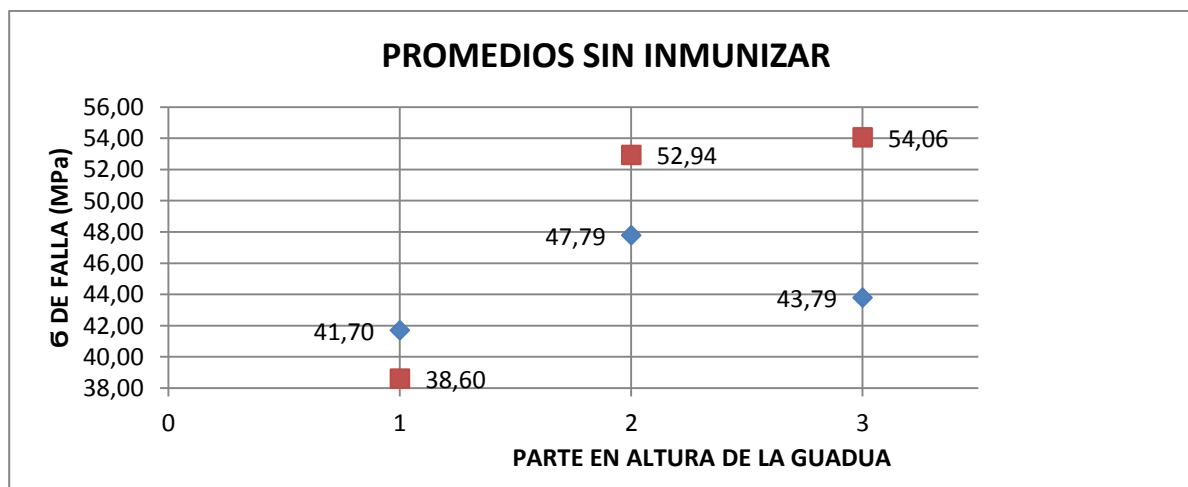
Se observan que los valores obtenidos oscilan entre 32,27 MPa y 41,98 MPa para cepa-sin nudo, dando un promedio de 38,6 MPa. Para la basas sin nudo encontramos una oscilación entre los valores obtenidos como esfuerzo de falla de 48,33 MPa y 56,05 MPa, dando un promedio de 52,94 MPa. Y por último para la sobrebasa se posee un rango entre 51,22 MPa y 58,53 MPa dando como una estandarización de 54,06 MPa. La dispersión reflejada en los datos obtenidos se ve en la gráfica 2.

**Gráfica 2. Dispersión de esfuerzos de falla sin inmunizar –con nudo probetas piloto**



Fuente propia.

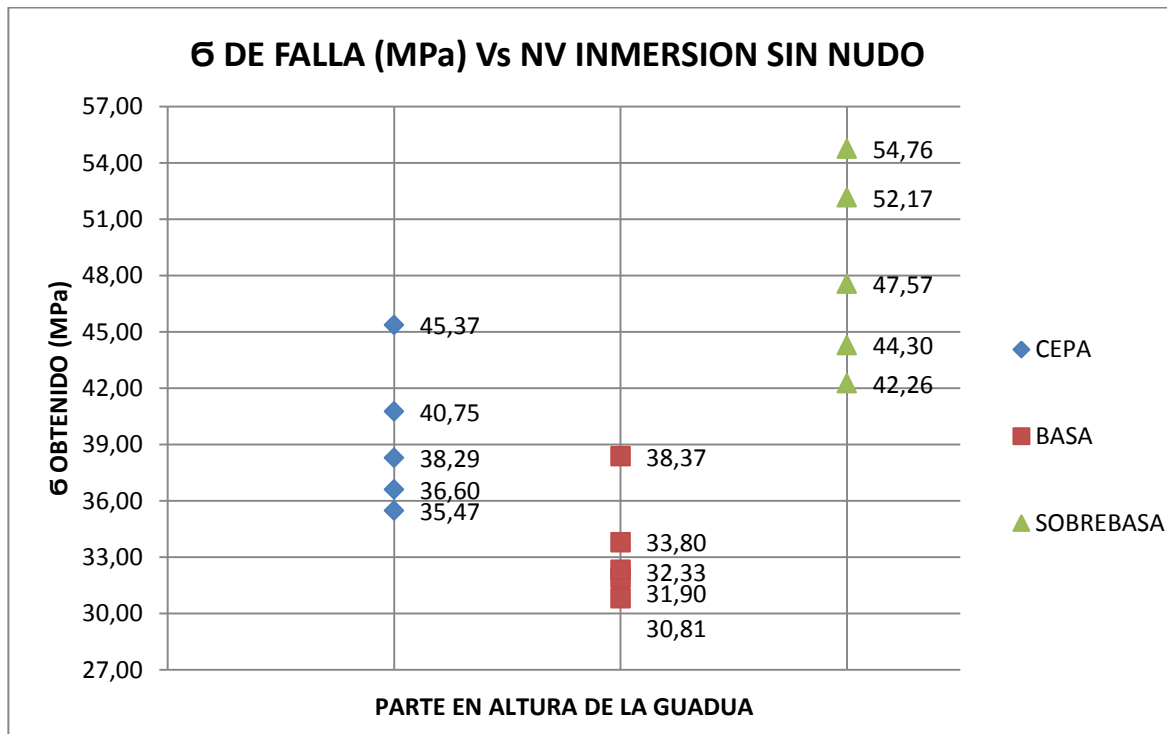
**Gráfica 3. Promedio de las probetas piloto con nudo y sin nudo.**



Fuente propia.

Se observan que los valores obtenidos oscilan entre 35,47 MPa y 45,37 MPa para cepa-sin nudo, dando un promedio de 39,30 MPa. Para las basas sin nudo encontramos una oscilación entre los valores obtenidos como esfuerzo de falla de 30,81 MPa y 38,37 MPa, dando un promedio de 33,44 MPa. Y por último para la sobrecarga se posee un rango entre 42,26 MPa y 54,76 MPa dando como una estandarización de 48,21MPa. La dispersión reflejada en los datos obtenidos se ve en las grafica 4.

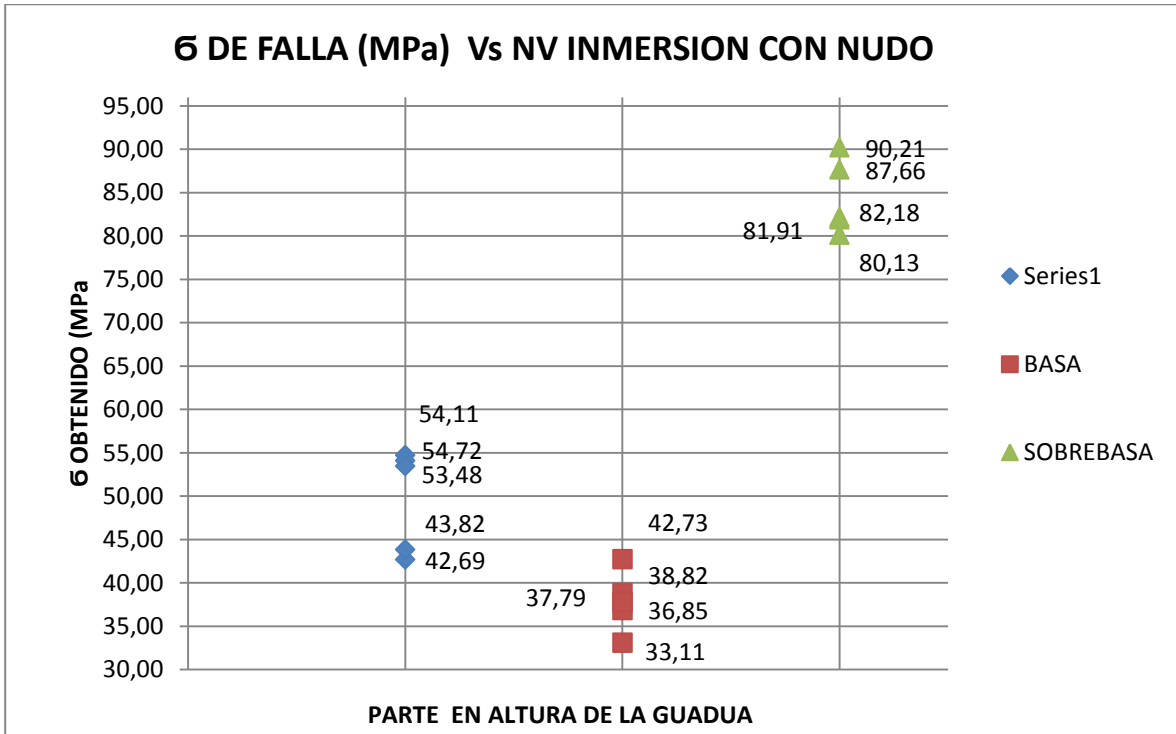
**Grafica 4. Dispersión de esfuerzos de falla Nv inmersión –sin nudo.**



Fuente propia.

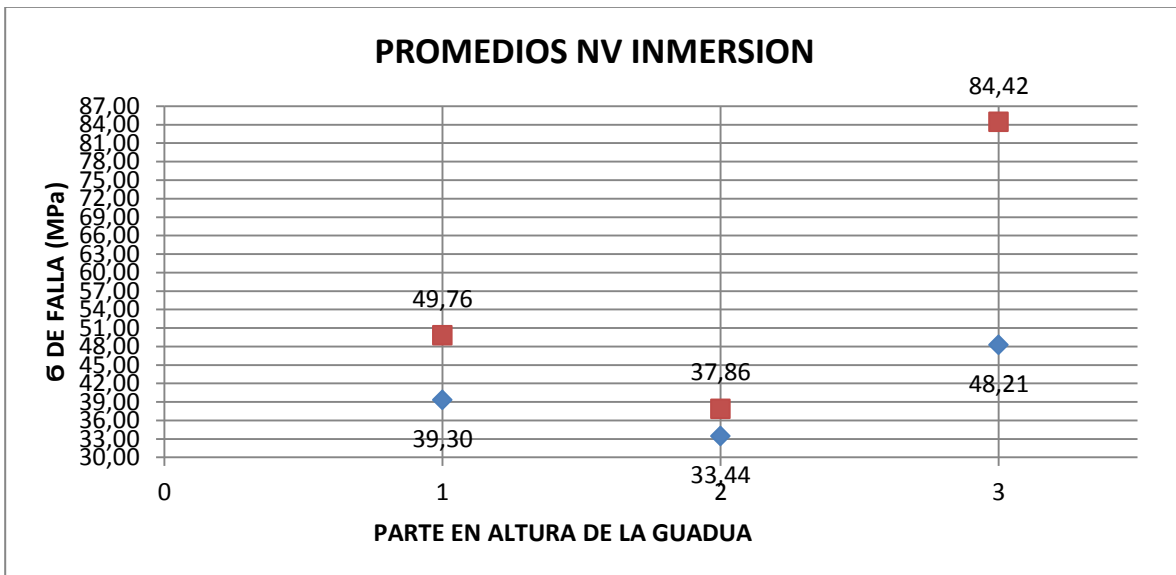
Se observan que los valores obtenidos oscilan entre 42,69MPa y 54,72MPa para cepa-sin nudo, dando un promedio de 49,79 MPa. Para las basas sin nudo encontramos una oscilación entre los valores obtenidos como esfuerzo de falla de 33,11MPa y 42,73 MPa, dando un promedio de 37,86 MPa. Y por último para la sobrecarga se posee un rango entre 80,13 MPa y 90,21 MPa dando como una estandarización de 84,42MPa. La dispersión reflejada en los datos obtenidos se ve en las grafica 5.

**Grafica 5. Dispersión de esfuerzos de falla NV inmersión –con nudo.**



Fuente propia.

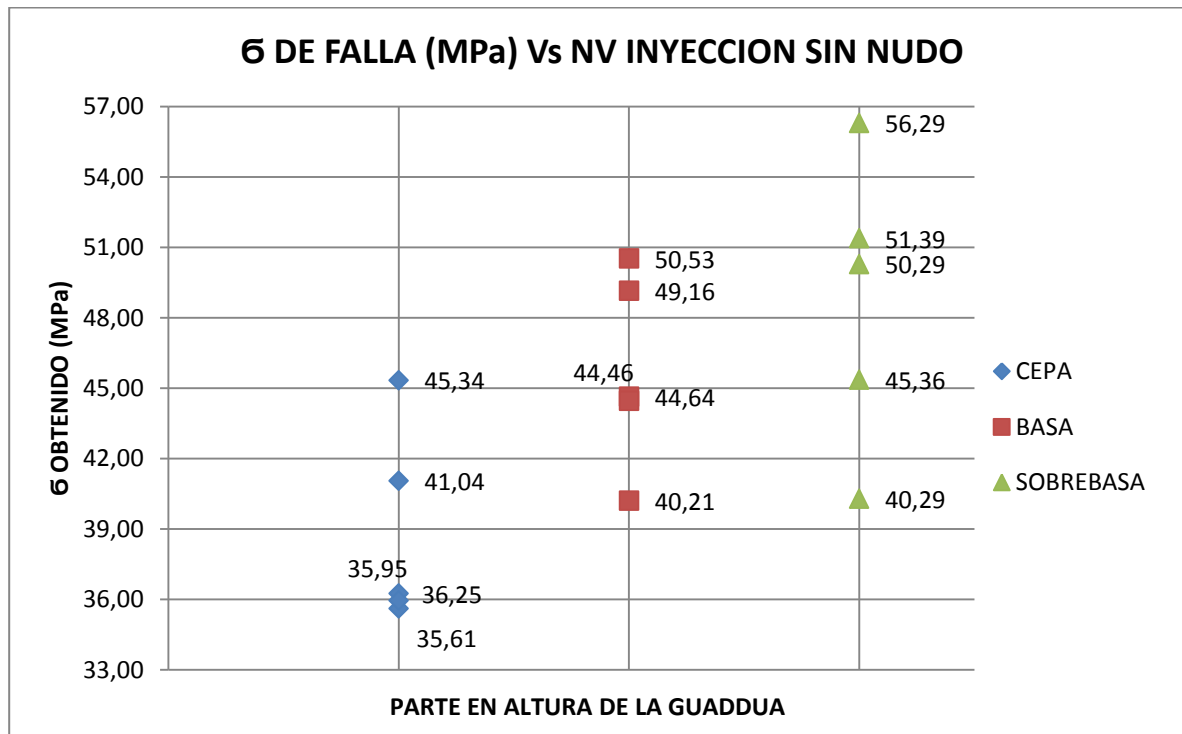
**Grafica 6. Promedio de las probetas NV por inmersión con nudo y sin nudo.**



Fuente propia.

Se observan que los valores obtenidos oscilan entre 35,61MPa y 45,34MPa para cepa-sin nudo, dando un promedio de 38,84 MPa. Para las basas sin nudo encontramos una oscilación entre los valores obtenidos como esfuerzo de falla de 40,21 MPa y 50,53 MPa, dando un promedio de 45,80 MPa. Y por último para la sobrebasa se posee un rango entre 40,29 MPa y 56,29 MPa dando como una estandarización de 48,72 MPa. La dispersión reflejada en los datos obtenidos se ve en la gráfica 7.

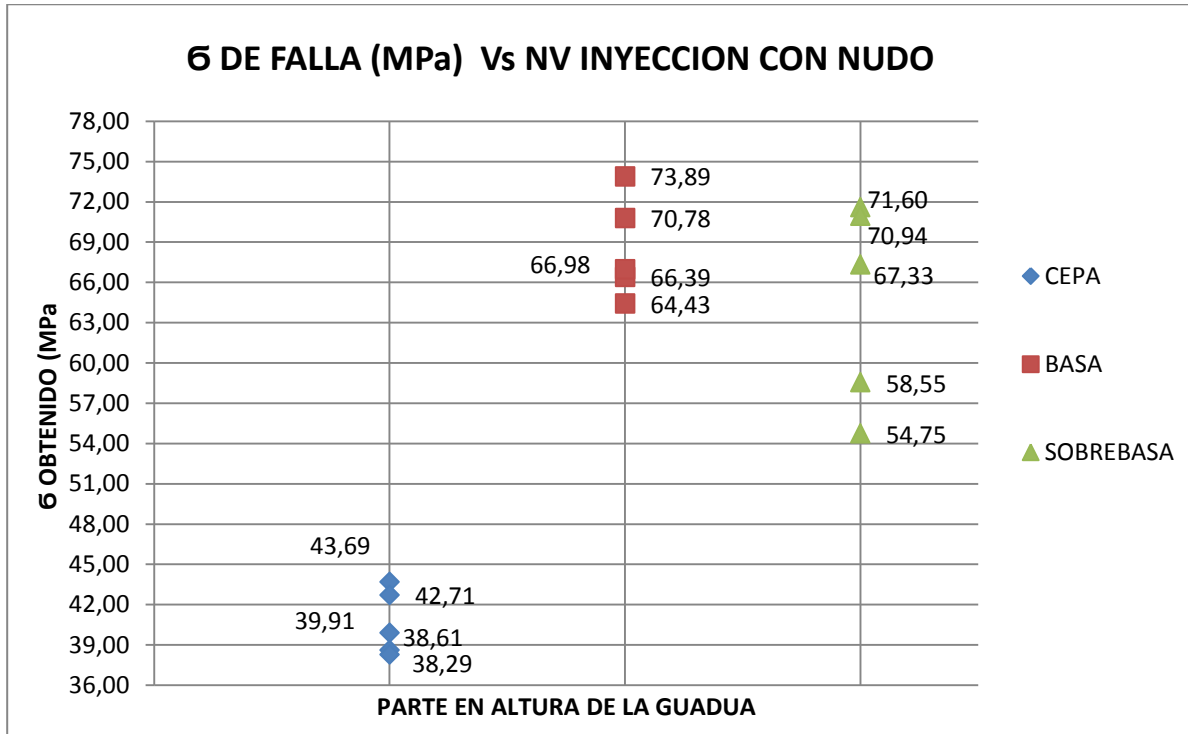
**Grafica 7. Dispersión de esfuerzos de falla Nv inyección –sin nudo.**



Fuente propia.

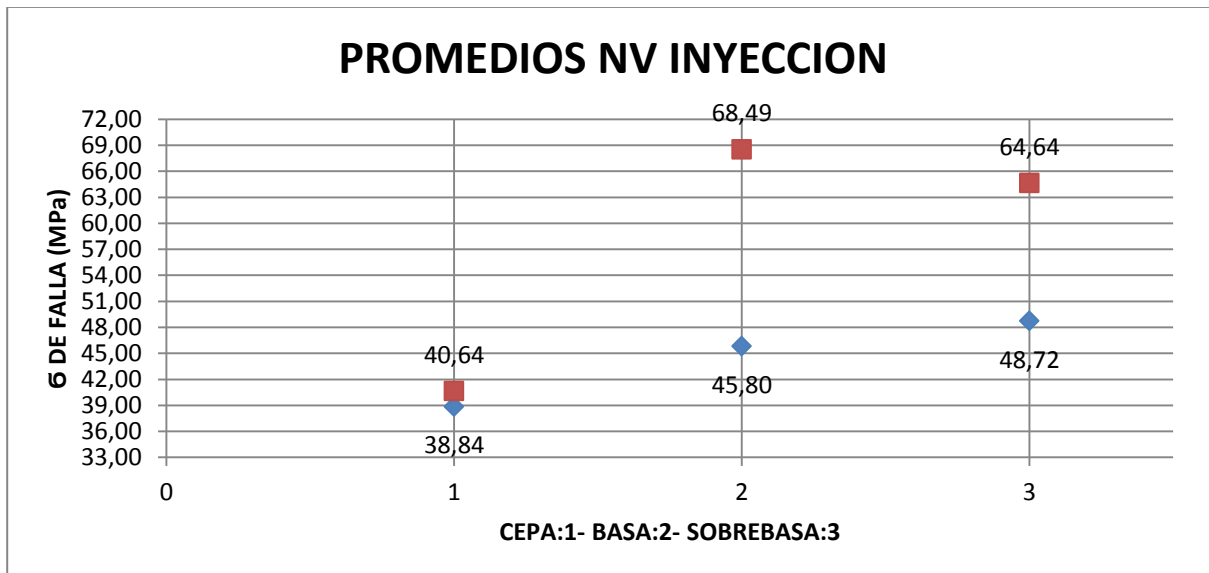
Se observan que los valores obtenidos oscilan entre 38,29MPa y 43,69MPa para cepa-sin nudo, dando un promedio de 40,64 MPa. Para las basas sin nudo encontramos una oscilación entre los valores obtenidos como esfuerzo de falla de 64,43 MPa y 73,89 MPa, dando un promedio de 68,49 MPa. Y por último para la sobrebasa se posee un rango entre 54,75 MPa y 71,60 MPa dando un promedio de 64,64MPa. La dispersión reflejada en los datos obtenidos se ve en la gráfica 8.

**Grafica 8. Dispersión de esfuerzos de falla NV inyección –con nudo.**



Fuente propia.

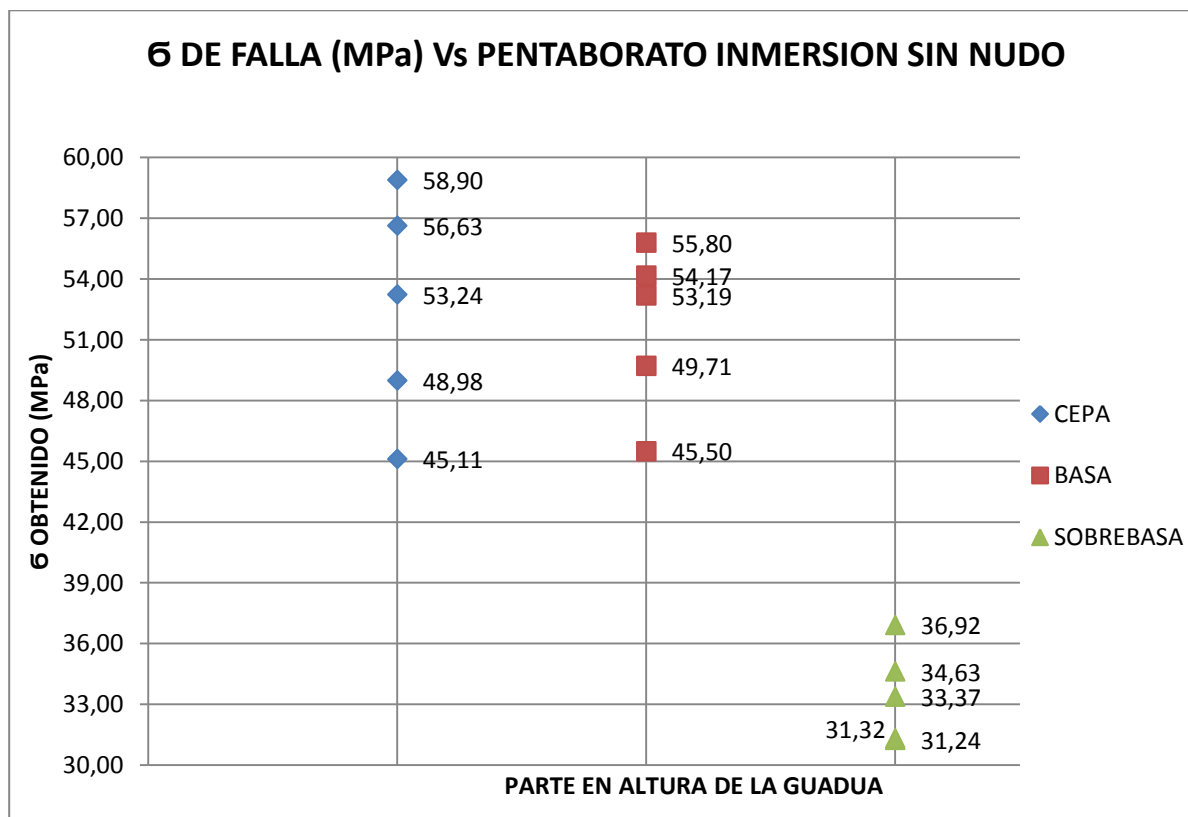
**Grafica 9. Promedio de las probetas NV por inyección con nudo y sin nudo.**



Fuente propia. LEYENDA

Se observan que los valores obtenidos oscilan entre 45,11 MPa y 58,90 MPa para cepa-sin nudo, dando un promedio de 52,57MPa. Para las basas sin nudo encontramos una oscilación entre los valores obtenidos como esfuerzo de falla de 45,50 MPa y 55,80 MPa, dando un promedio de 51,67 MPa. Y por último para la sobrecarga se posee un rango entre 31,24 MPa y 36,92 MPa dando como una estandarización de 33,50MPa. La dispersión reflejada en los datos obtenidos se ve en las grafica 10.

**Grafica 10. Dispersión de esfuerzos de falla Pentaborato inmersión –sin nudo.**

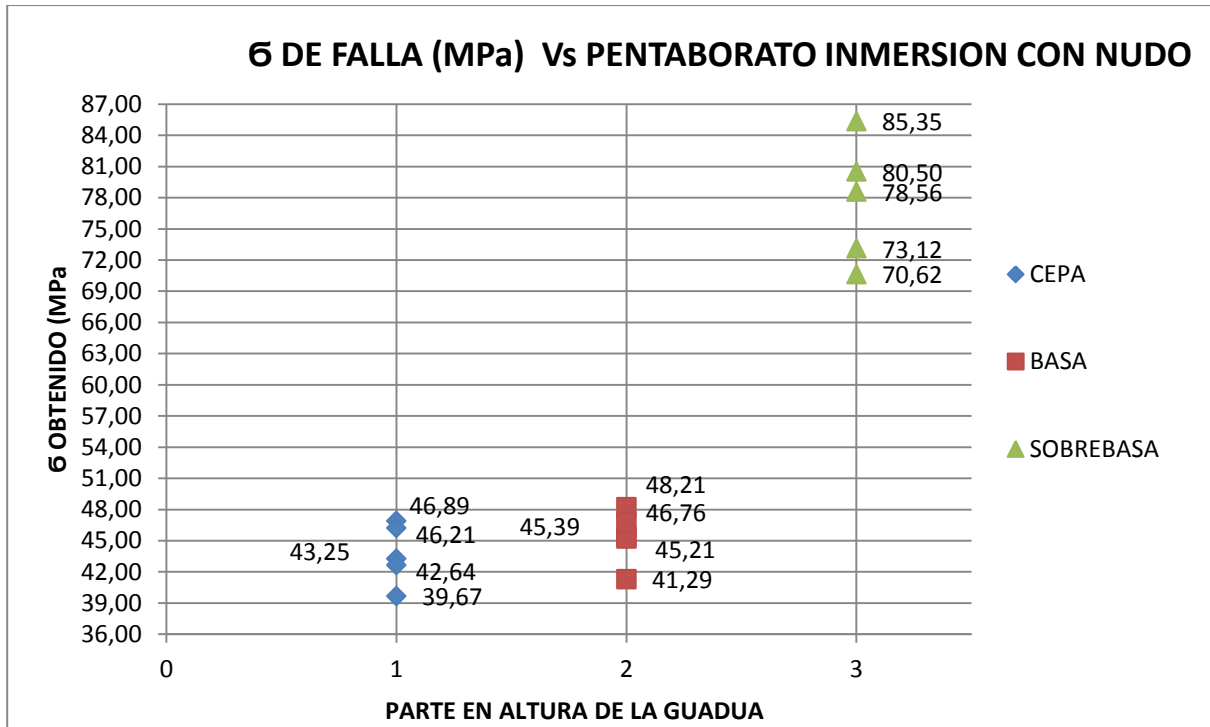


Fuente propia.

Se observan que los valores obtenidos oscilan entre 39,27MPa y 56,89 MPa para cepa-sin nudo, dando un promedio de 43,73MPa. Para las basas sin nudo encontramos una oscilación entre los valores obtenidos como esfuerzo de falla de 41,29MPa y 48,21MPa, dando un promedio de 45,37 MPa. Y por último para la sobrecarga se posee un rango entre 70,62 MPa y 85,35 MPa dando como una estandarización de 77,63MPa. La dispersión reflejada en los datos obtenidos se ve en las grafica 11.

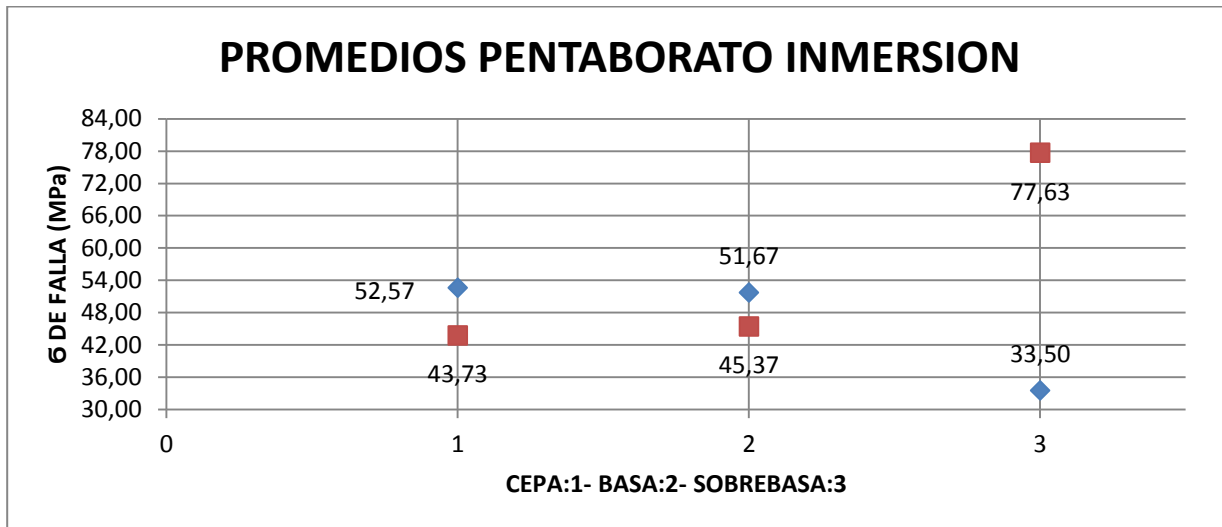


**Grafica 11. Dispersión de esfuerzos de falla Pentaborato inmersión –con nudo.**



Fuente propia.

**Grafica 12. Promedio de las probetas Pentaborato por inmersión con nudo y sin nudo.**

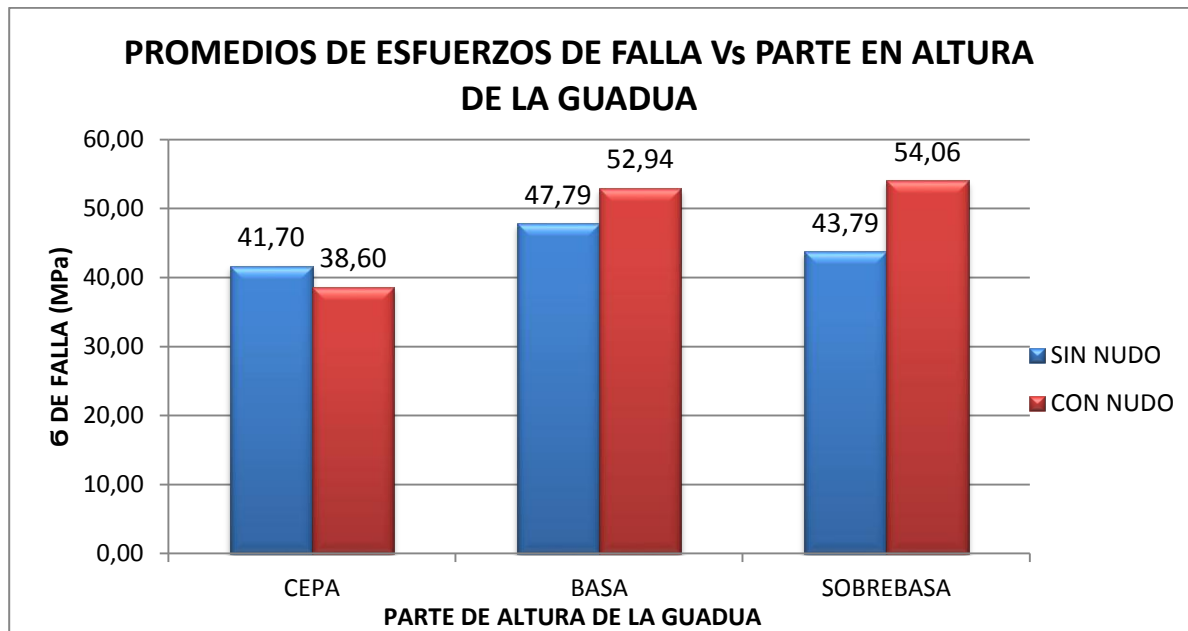


Fuente propia.

## 11. ANALISIS DE RESULTADOS

Se observa el comportamiento de los diferentes componentes en altura de la guadua *angustifolia* Kunth. De acuerdo a los ensayos de compresión paralela a la fibra realizados en el laboratorio de materiales de la Universidad La Gran Colombia, por medio de la maquina versa tester y los diferentes datos obtenidos, Se observó que en las probetas piloto (sin inmunizar) sin nudo, presentaron mayores valores de resistencia a compresión en la parte de la basa y las que menor esfuerzo alcanzaron fueron las de la cepa. Para ver los datos tomados en cada uno de los ensayos ver anexos 1, dando un rango de aproximadamente 6,1 MPa entre el mayor y el menor dato obtenido. De acuerdo con la probetas piloto con nudo se observa una mayor resistencia a compresión en la parte de la sobrebasa y la que menor esfuerzo soporta es de cepa teniendo en la mitad de los dos anteriormente mencionados la basa, dando un rango de aproximadamente 15,46 MPa entre el mayor y el menor entre los promedios pudiendo ser presente la variación y en tal caso debido a la presencia del nudo exceptuando las cepas las cuales dan un esfuerzo menor, la basa y sobrebasa un aumento considerable de resistencia ver grafica 13.

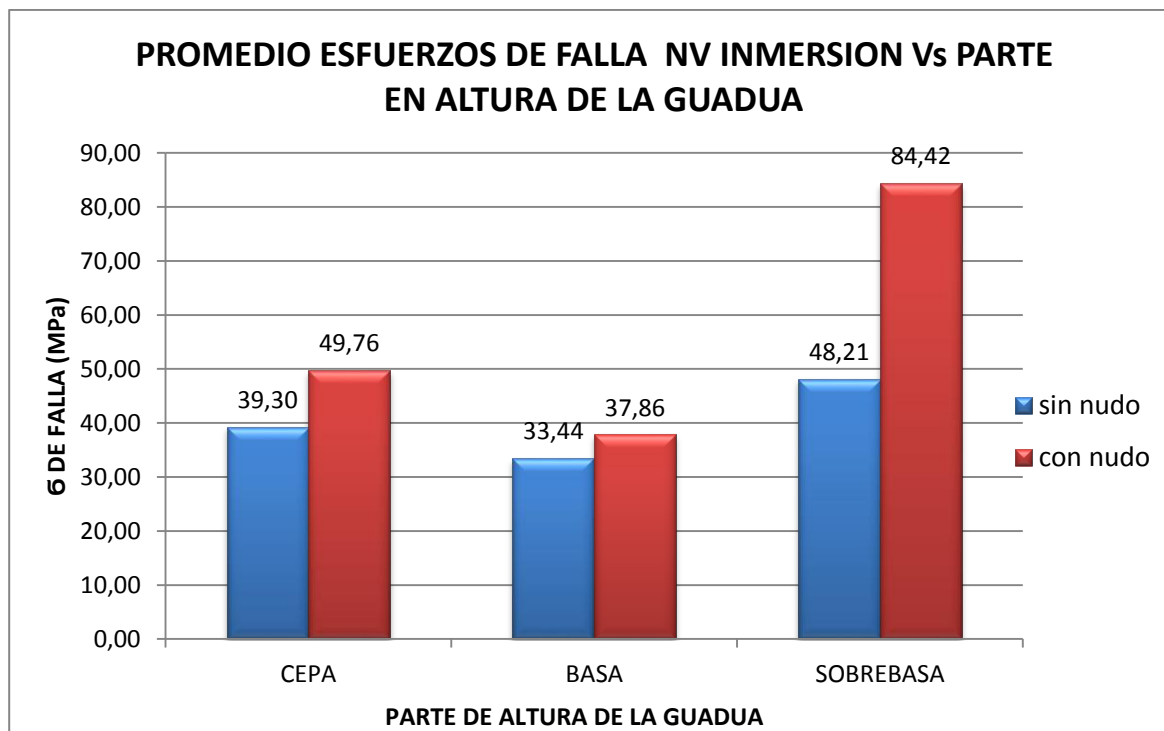
**Grafica 13. Promedios de los esfuerzos de falla para probetas piloto**



Fuente propia

Con respecto a los datos obtenidos para la forma de inmunizar por inmersión tenemos el inmunizante NV y Pentaborato de los cuales el esfuerzo de falla para NV fueron presentados sin nudo como el mayor resistencia a compresión paralela a la fibra de forma ascendente entre la cepa, basa y sobrebasa teniendo un ponderado de cada uno de ellos ver grafica 14.

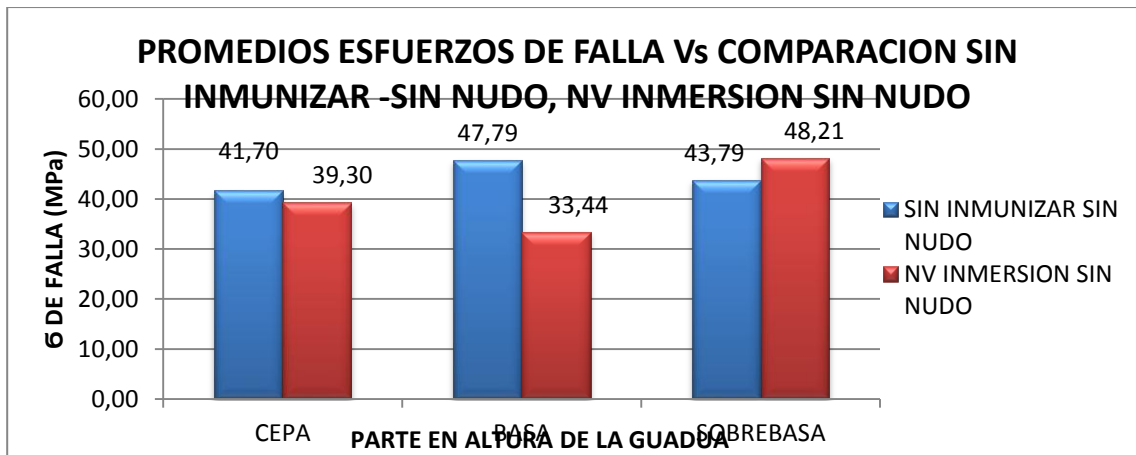
**Grafica 14. Promedios de esfuerzos de falla NV por inmersión.**



Fuente propia

Se observa que la presencia de nudo y a su vez del inmunizante el cual aumenta considerablemente con respecto a la ausencia del nudo el esfuerzo a compresión paralela a la fibra en especial en la sobrebasa representando el aumento en un 40% con nudo mayor que sin nudo.

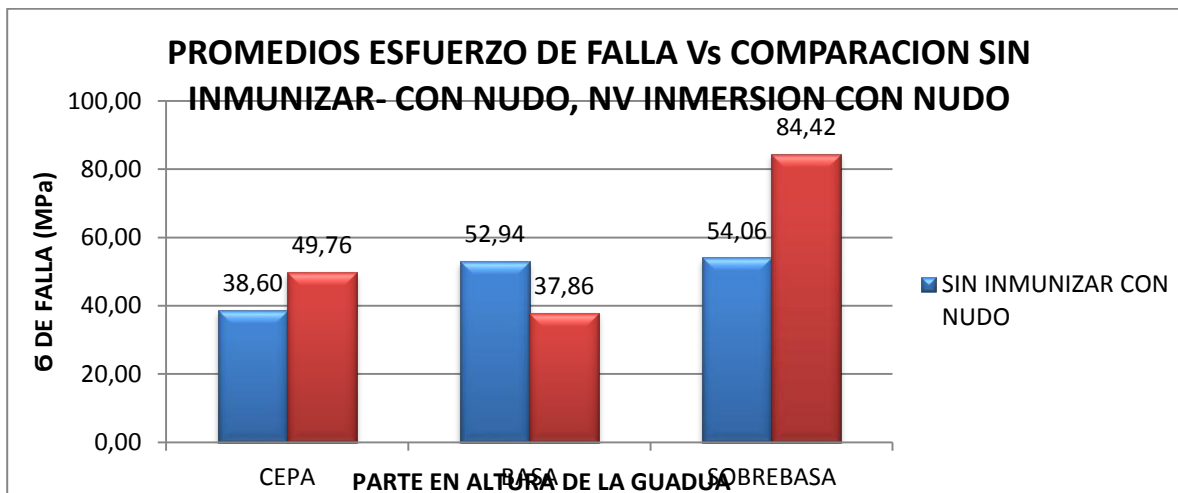
**Grafica 15. Promedios de esfuerzos de falla NV por inmersión sin nudo comparado con las probetas piloto.**



Fuente propia

Comparando con respecto a las probetas piloto sin nudo y las probetas de NV por inmersión sin nudo ver grafica 15 presenta una disminución en la cepa y aun mayor en basa representando una disminución de 2,40 MPa y en la basa de 14,35 MPa reflejando el efecto causado del inmunizante y la forma de inmunizar observando una variación en la probeta inmunizada la cual tiene mayor crecimiento en la sobrebasa, pero decae en las otras dos partes del culmo, la basa presenta la mayor disminución con referencia a la probeta piloto de casi un 16%.

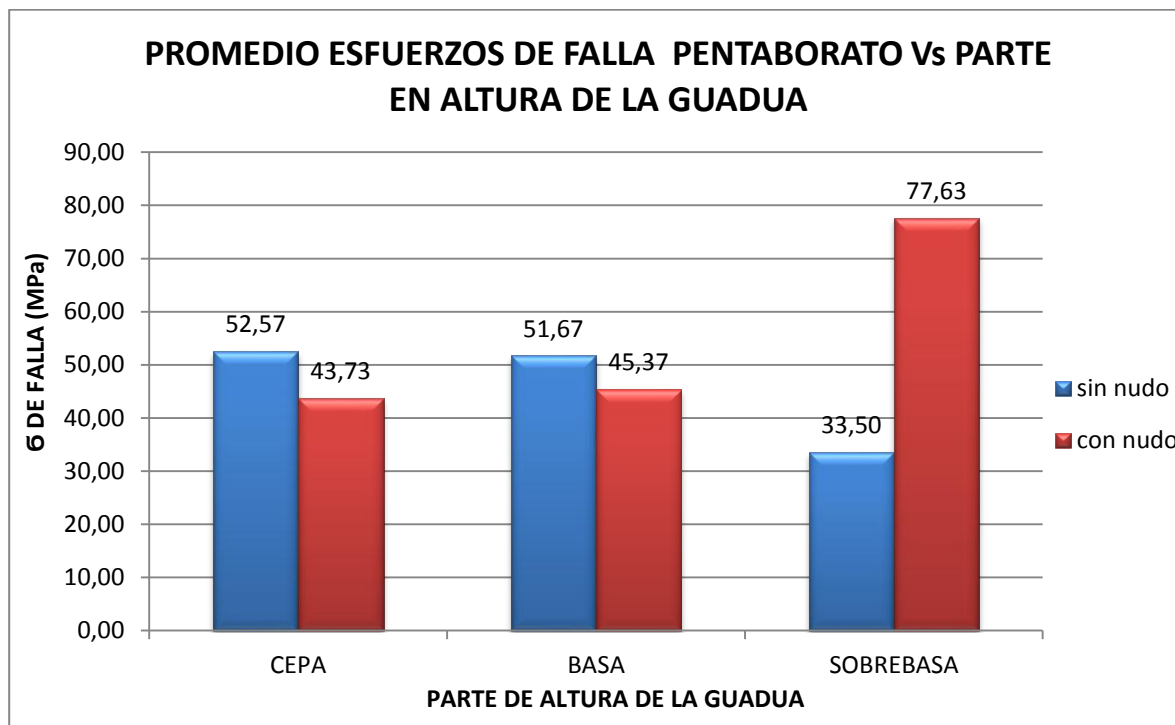
**Grafica 16. Promedios de esfuerzos de falla NV por inmersión con nudo comparado con las probetas piloto.**



Fuente propia

De acuerdo a los datos obtenidos de esfuerzo de falla por medio del inmunizante de NV por el método de inmersión con nudo comparado con las probetas piloto se ve un mayor crecimiento en las partes de cepa y sobrebasa del culmo, dando una diferencia favorable para este método de inmunización y de inmunizante de 11,16 MPa en la cepa y 30,36 MPa en la sobre basa pero una disminución en la parte de la basa de un 15,08MPa ver grafica 16.

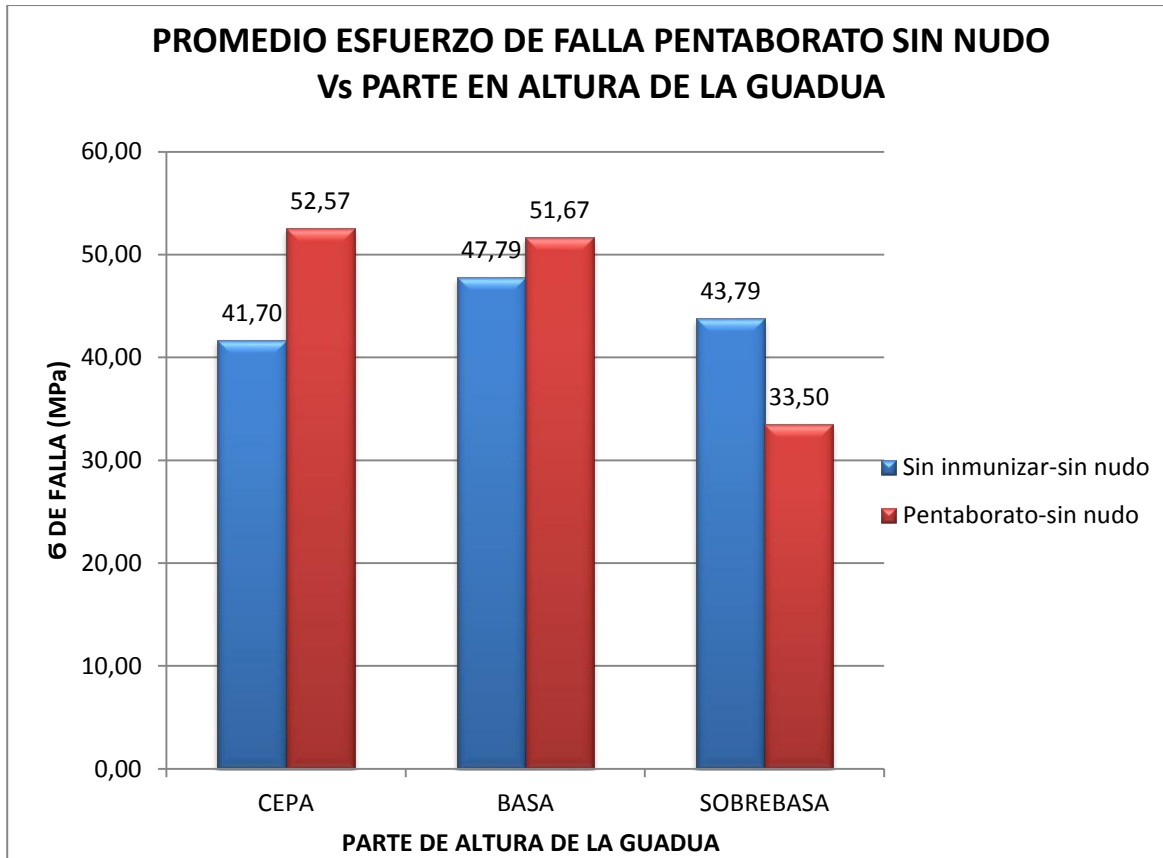
**Grafica 17. Promedios de esfuerzos de falla Pentaboráto.**



Fuente propia.

De acuerdo a los datos obtenidos mediante el esfuerzo de falla en el inmunizante de Pentaboráto nos muestra que en la parte de la sobrebasa con nudo hay un incremento muy algo de 77,63 MPa mientras que sin nudo es solo de 33,50 MPa la diferencia es de 44,13 MPa. En la parte del culmo la basa se ve una diferencia entre sin nudo y con nudo de 6,3 MPa este valor es el más cercano entre sí mediante este inmunízate, y por último se observa la cepa el cual nos muestra que la parte sin nudo tiene mayor resistencia a la falla con un 52,57 MPa que con nudo que tiene un valor de 43,73 MPa ver grafica 17.

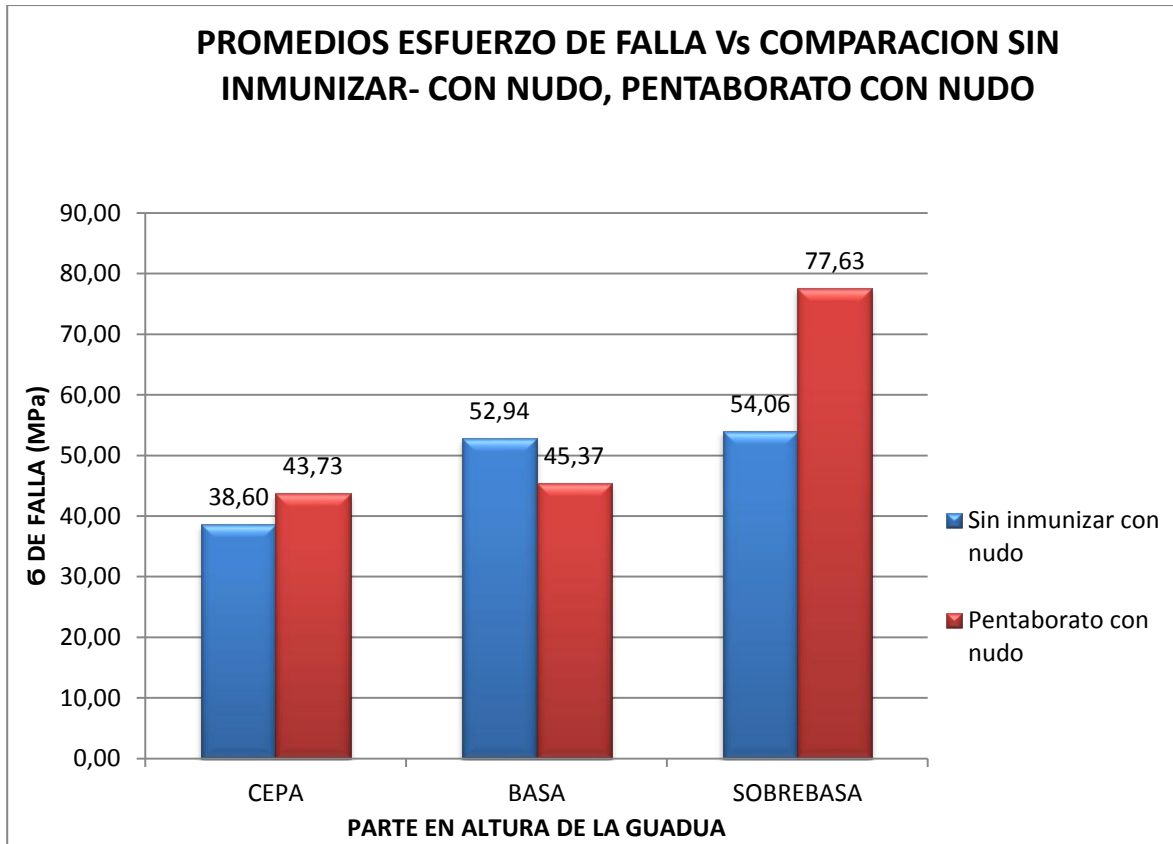
**Grafica 18. Promedios de esfuerzos de falla Pentaborato sin nudo comparado con las probetas piloto.**



Fuente propia

De acuerdo al ensayo de compresión paralela a la fibra en las probetas sin nudo inmunizadas con Pentaborato, se puede observar que en las partes de cepa y basa se ve un mayor esfuerzo de falla que las probetas sin inmunizante, pero a en la parte de sobrebasa tiene una caída de 10,29MPa. Comparando que la que mayor esfuerzo de falla soporta es la cepa inmunizada con Pentaborato con un 52.57 MPa. Y en la parte de las probetas piloto la que mayor esfuerzo a compresión soporta es la basa con un 47.79 MPa. Cabe decir que otra diferencia notable que se ver grafica 18 es que en la cepa hay casi 11 MPa de diferencia entre el Pentaborato y la probeta piloto.

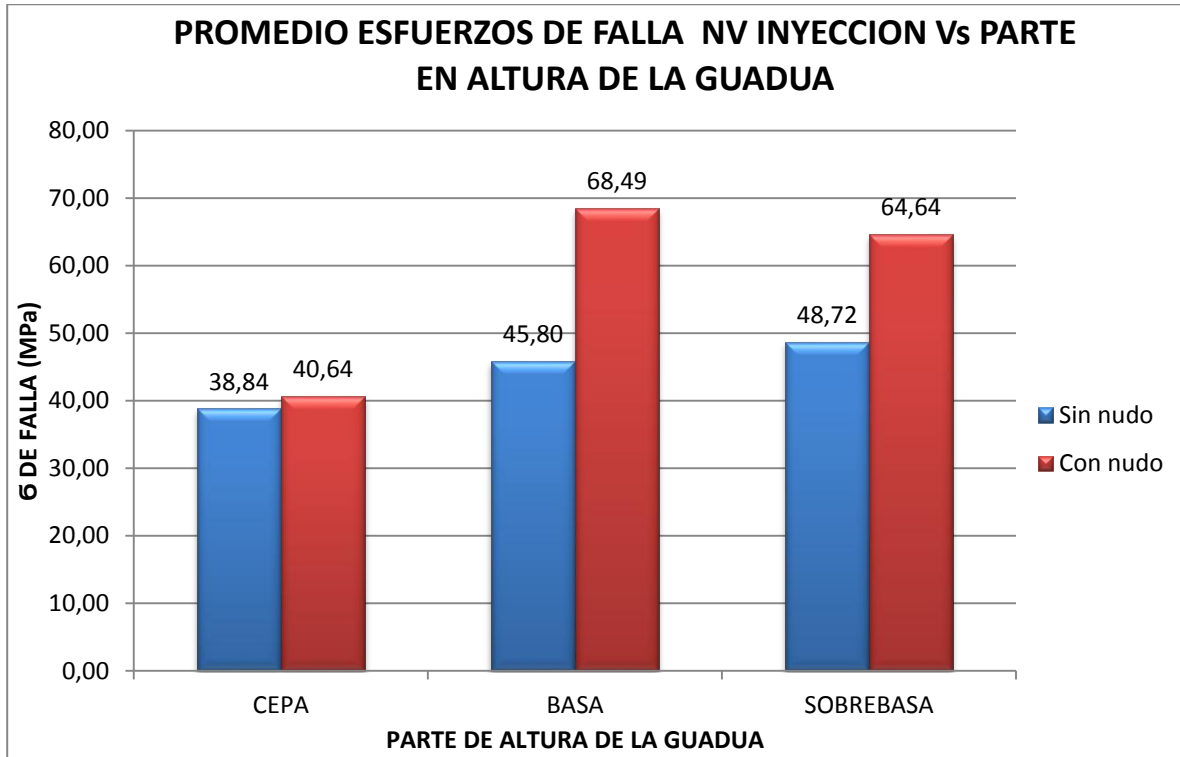
**Grafica 19. Promedios de esfuerzos de falla Pentaborato con nudo comparado con las probetas piloto.**



Fuente propia

De acuerdo a la gráfica 19, se puede observar que la parte del culmo que más soporta en este caso es la sobrebasa tanto en las probetas piloto con nudo 54,06Mpa como en las probetas con nudo inmunizadas con Pentaborato con un promedio de 77,63 MPa. La parte que menos soporta los esfuerzos a compresión paralelos a la fibra es la cepa en los dos casos tanto con Pentaborato como sin él, con un registro de 38,60MPa para las probetas piloto con nudo y un 43,73Mpa con el inmunizante de Pentaborato. En la parte de la basa se ve que el esfuerzo de falla es mayor en la probeta piloto con una diferencia de 7.57Mpa. Como ya mencionamos donde hay una mayor diferencia entre las probetas pilo y probetas de Pentaborato es en la sobrebasa con una diferencia de 23.57 MPa Entre sí.

**Grafica 20. Promedios de esfuerzos de falla NV inyección.**

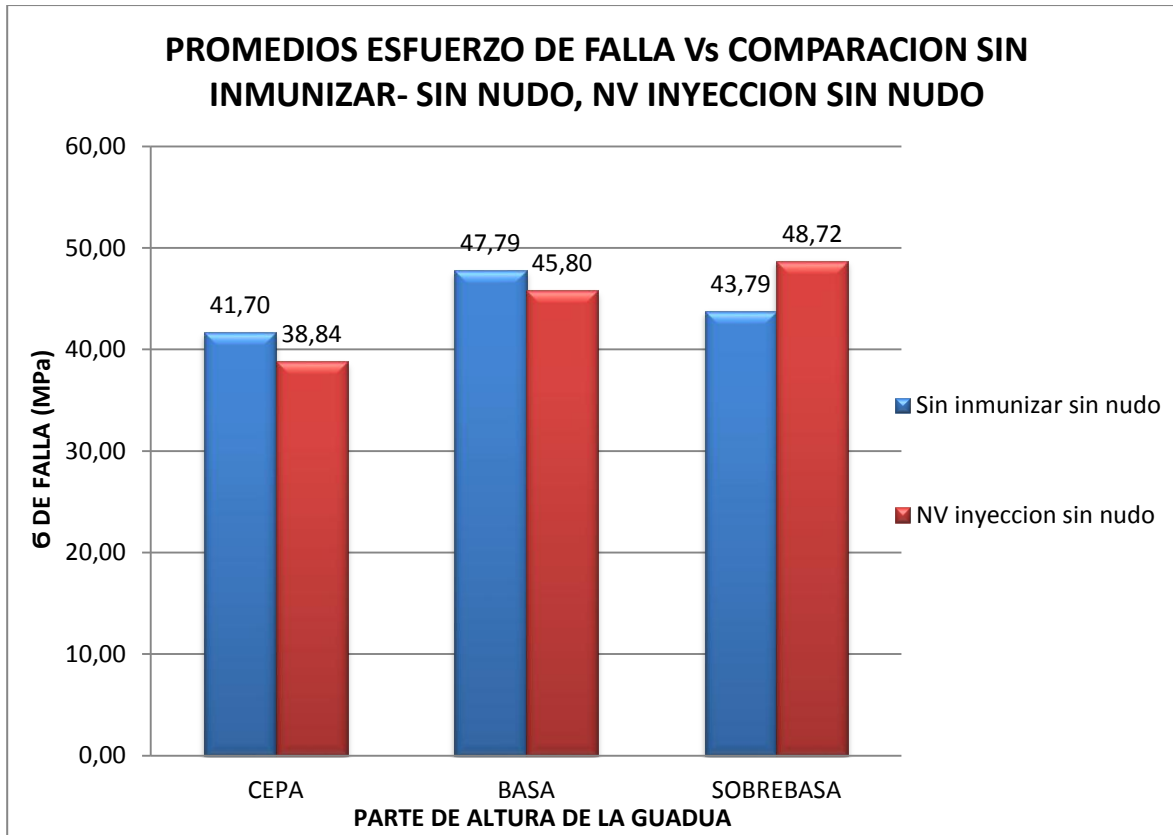


Fuente propia.

Se observa que la parte del culmo que más soporta cargas a compresión es la basa con nudo inmunizada con NV y utilizando el método de inyección con 68,49 MPa con una diferencia de 22.69 MPa respecto a la probeta sin nudo. De acuerdo a la gráfica 20, se ve que la parte con menor resistencia es la cepa la cual resiste una carga de 40.64MPa con nudo y 38.84Mpa sin nudo no hay una diferencia muy grande en este caso solo es de 1.8MPa. En la parte de la sobrebasa se observa que soporta más con nudo 64,64MPa que sin el 48,72MPa. Se ve que las probetas inmunizadas con NV y utilizando el método de inyección tiene mayor resistencia con nudo en cada parte del culmo.



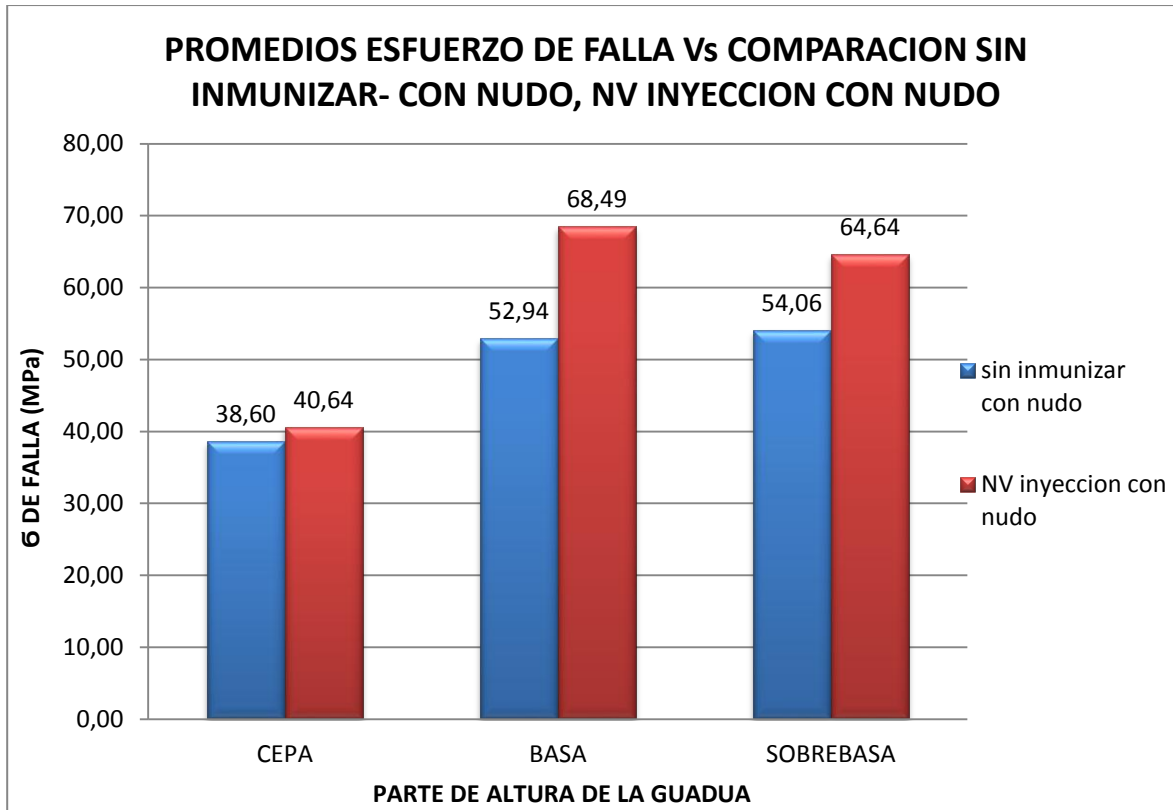
**Grafica 21. Promedios de esfuerzos de falla NV inyección sin nudo comparado con las probetas piloto.**



Fuente propia

De acuerdo con los datos obtenidos por medio del esfuerzo de falla del inmunizante NV por el método de inyección se obtuvo que no hay gran variación de los esfuerzos comparándolos con las probetas piloto como se ve en la / grafica 21, la parte que mayor esfuerzo soporta es la sobrebasa con NV inyección que alcanzo un esfuerzo de 48,72 MPa y la probeta pilo alcanza 43,79 MPa. En la parte de la basa la probeta piloto tiene mayor resistencia al esfuerzo a compresión con un 47,79 MPa y la probeta con el inmunizante alcanza un 45,48 MPa, ya viendo la parte de la cepa tiene el mismo resultado que la basa con una probeta piloto que soporta más 41,70 MPa y una inmunizada con NV de 38,84, la diferencia entre estos dos es solo de 2.86MPa de resistencia.

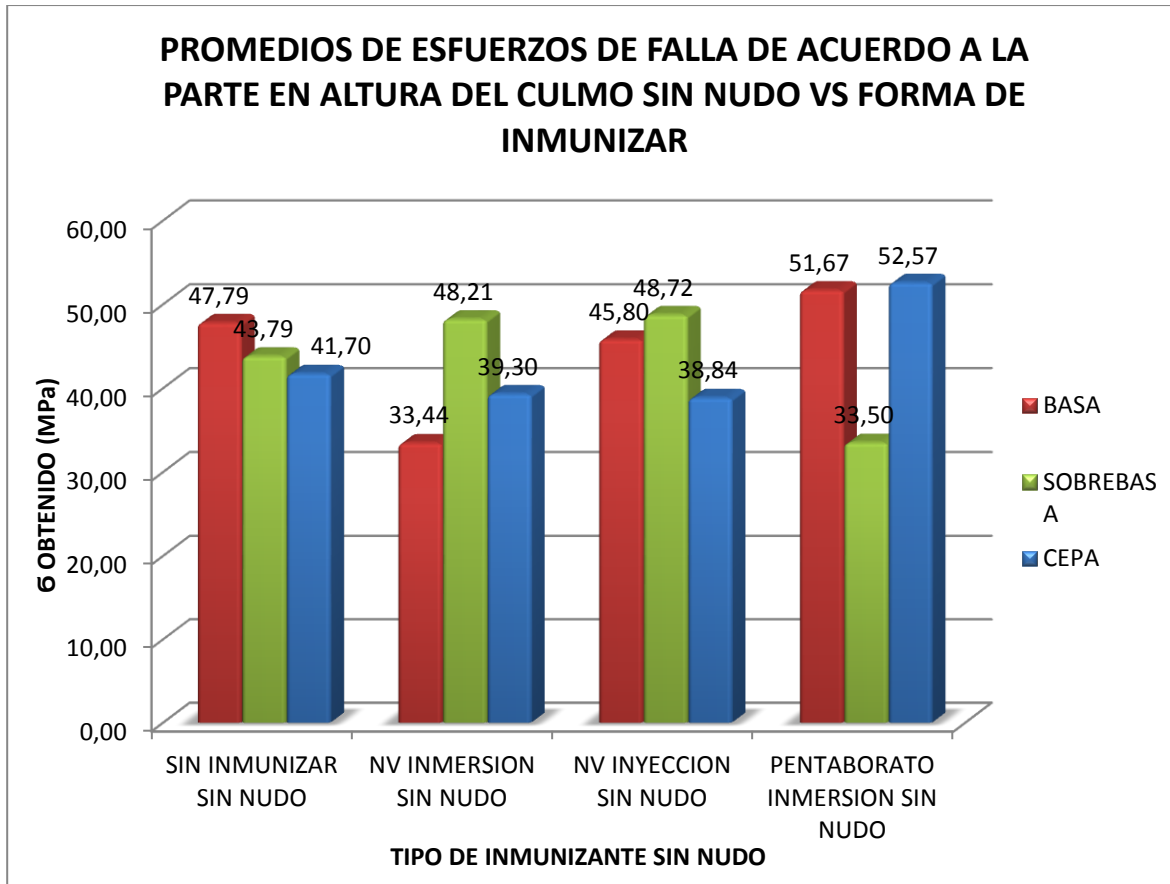
**Grafica 22. Promedios de esfuerzos de falla NV inyección con nudo comparado con las probetas piloto.**



Fuente propia.

De acuerdo De acuerdo a la gráfica 22, se puede observar que la parte del culmo que más esfuerzo soporta es la basa ya que con el inmunizante NV inyección con nudo tiene promedio de esfuerzo de falla de 68,49 MPa seguido del mismo tipo de inmunizante con 64,64 MPa, la diferencia entre la basa y cepa por este método de inmunización es de 28,25 MPa. Por el método de las probetas piloto se ve que más cercano ya que la diferencia de la resistencia es de 15,46 entre la cepa que es la menor y la sobrebasa con mayor esfuerzo de falla.

**Grafica 23. Promedios de esfuerzos de acuerdo a la forma de inmunizar probetas sin nudo.**

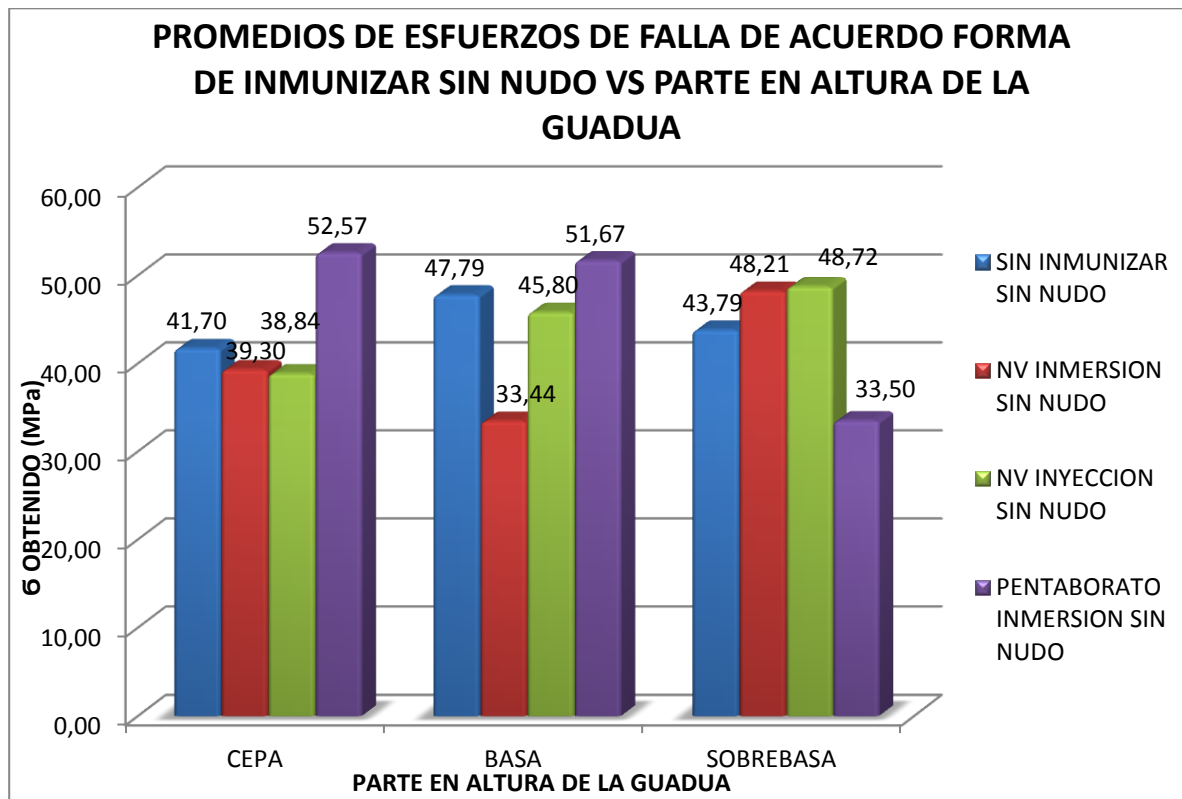


Fuente propia.

De acuerdo a los datos obtenidos mediante el ensayo de compresión paralela a la fibra, se puede observar que en la gráfica 23, los valores más altos son con el inmunizante de Pentaborato sin nudo, la parte en altura de la guadua que más resiste es la cepa con 52,57 MPa seguida de la basa con 51,67 MPa, a diferencia de la sobrebasa que tiene un promedio de resistencia muy bajo de 33,50 MPa compara con las otras dos partes del culmo. La parte con un promedio de resistencia menor es la basa inmunizada con NV y por el método de inmersión con 33,44 MPa, la que mayor promedio de resistencia a compresión tiene es la sobrebasa con 48,21 MPa seguida de la cepa con 39,30 MPa. En promedio y la que tiene valores más cercanos y en mejor relación son las probetas piloto ya que la basa sobre sale de todas con 47,79 MPa de resistencia, seguida de la sobrebasa con 43,79 MPa menos que el promedio de la basa y por último se observa la cepa con 41,70 MPa. Por último se observa el NV inyección sin nudo con la cepa como

menor promedio de resistencia de 38,84MPa y la sobrebasa como mayor parte del culmo en resistir estos esfuerzos a compresión de 48,72MPa.

**Grafica 24. Promedios de esfuerzos de acuerdo a la parte de altura de la guadua tipo de inmunizate sin nudo.**

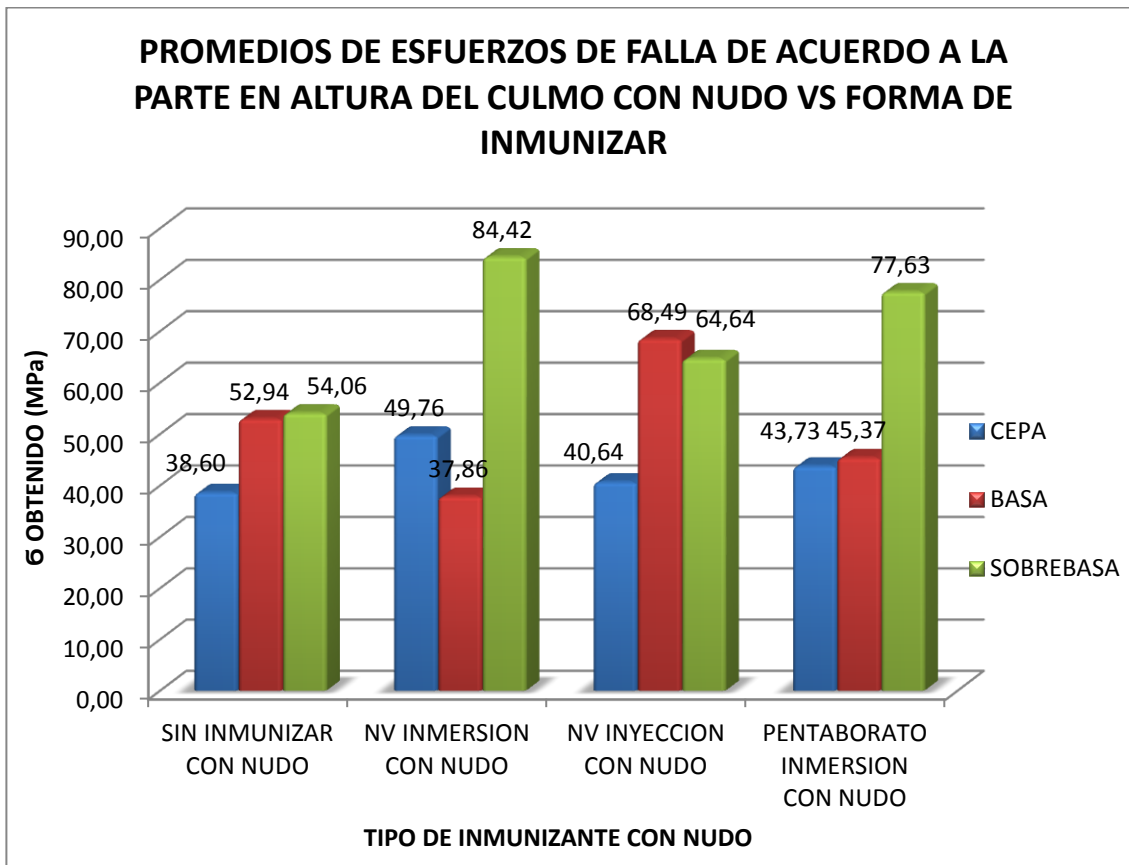


Grafica fuente propia.

Se utilizaron dos tipos diferentes de inmunizantes (NV y Pentaborato) y dos métodos de inmunización (inmersión e inyección), y una probeta piloto. De acuerdo a la gráfica 24, el inmunizante con un promedio mayor a la resistencia a compresión paralela a la fibra es el Pentaborato en la parte de la cepa con 52,57 MPa seguido del mismo tipo de inmunizante pero en la basa con una resistencia de 51.67Mpa y por último con el mismo tipo de inmunizante se ve la menor resistencia en la parte de la sobrebasa con 33,50MPa. las probetas pilotos con las que menor dispersión de resistencia tiene entre los tres diferentes tipos de culmo ya que en la parte de la cepa tiene una resistencia de 41,70 MPa, basa 47,79 MPa y es la que mayor resistencia tiene de los tres y por último esta sobrebasa con 43,79MPa. Seguido de NV inmersión el cual posee el promedio de menor resistencia compresión paralela a la fibra en la parte de la basa con un 33,44 MPa, en la sobrebasa se puede observar el promedio más alto entre las tres partes del

culmo con una resistencia de 48.21 muy por encima de la basa y la cepa tiene una resistencia de 5.96MPa por encima de la basa. Por último se observa el inmunizante NV por el método de inyección sin nudo el cual nos muestra que sus valores de resistencia en la basa y sobrebasa son muy similares de 48,72 MPa y 45,80MPa tan solo de 2.92 MPa de diferencia mientras que entre el promedio de la cepa y la sobrebasa hay una diferencia de 8,91 MPa.

**Grafica 25. Promedios de esfuerzos de acuerdo a la forma de inmunizar probetas con nudo.**

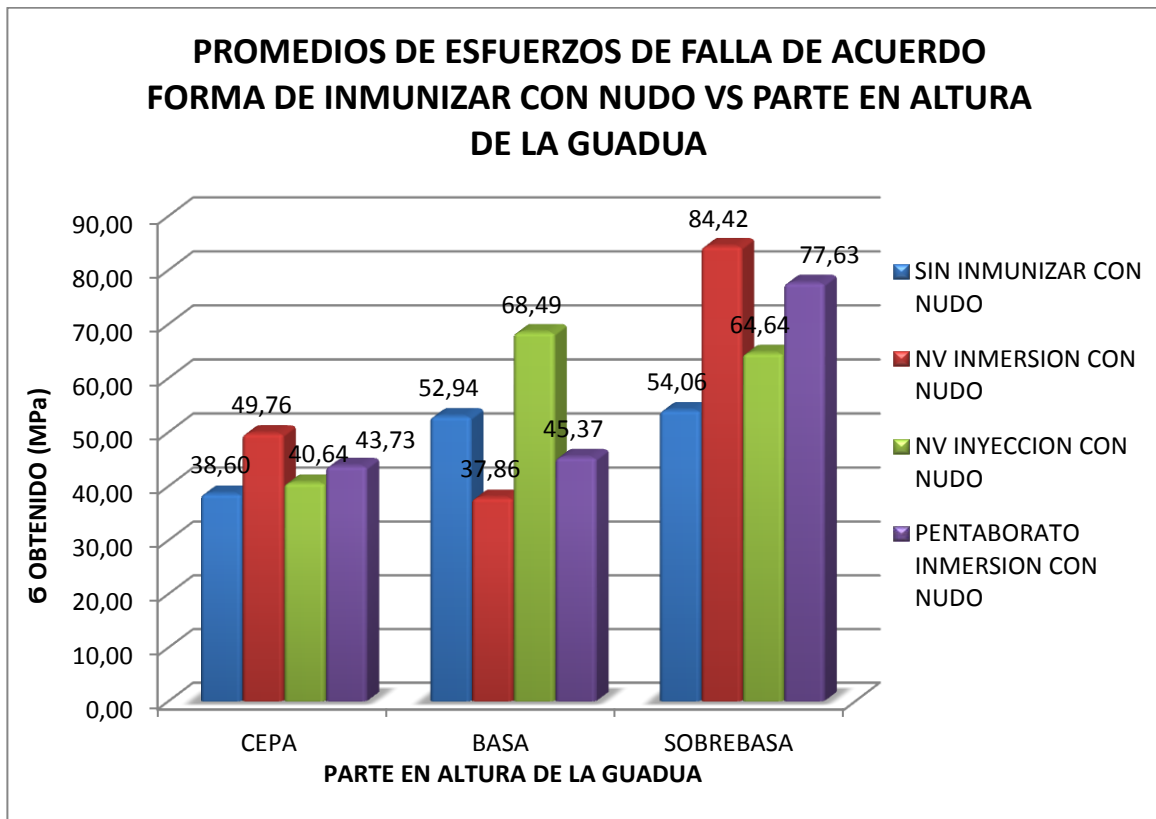


Grafica fuente propia.

De acuerdo a la gráfica 25, se puede observar que la parte en altura de guadua y el tipo de inmunizante que mayor resistencia tiene a compresión paralela a la fibra es la sobrebasa inmunizada con el NV por inmersión con nudo es de 84,42 MPa, seguido del Pentaborato con 77,63 MPa. La probeta piloto es la que menos resistencia tiene en la parte de la altura de la guadua con un 54,06 MPa por encima de este se encuentra el NV por el método de inyección con un 64,64 MPa. Se observa que en la parte de la basa la que mayor resistencia posee es el NV por el método de inyección con 68,49 MPa seguido del promedio con las probetas piloto de 52,94 MPa, en esta parte del culmo se presenta el menor promedio a la

resistencia de 37,86 MPA en el inmunizante NV por inmersión con nudo. La parte de la cepa es la que mayor relación tiene entre todos los inmunizantes que esta entre 38,60 MPA de las probetas piloto y 49,76MPa del inmunizante NV inmersión en la parte central de estos dos se encuentra el Pentaboráto con 6,03 MPA por debajo del NV por inmersión y 9,12 MPA se encuentra el NV por inyección.

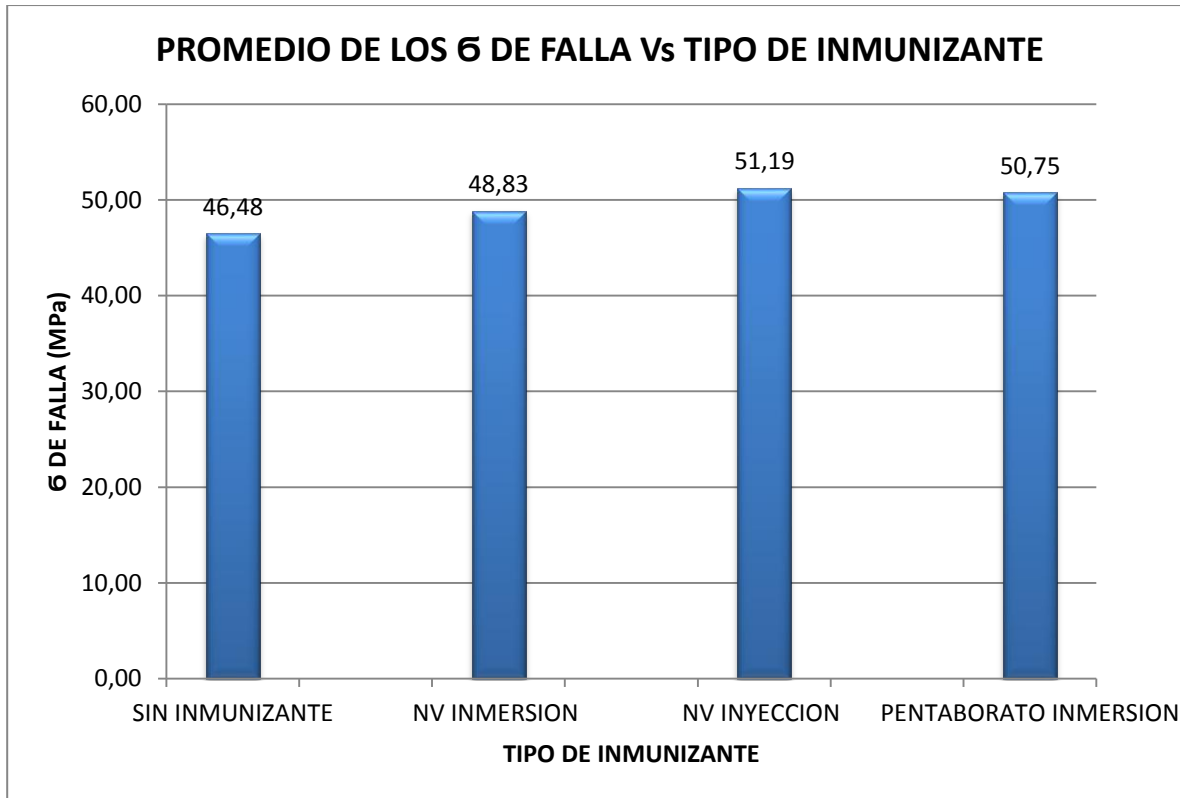
**Grafica 26. Promedios de esfuerzos de acuerdo a la parte de altura de la guadua tipo de inmunizate con nudo**



Grafica fuente propia

De acuerdo a la gráfica 26, se observa que NV por inmersión en la sobrebasa es el que mayor resistencia a compresión tiene con un 84,42 MPa seguido de Pentaboráto en la misma parte del culmo con 77.63 MPa, estos valores son muy grandes a diferencia de los otros que rondan entre los 40,64 MPa y 54,06 MPa estos hacen referencia al inmunizante NV por el método de inyección en la parte de la cepa y a la probeta piloto en la sobrebasa. Otros valores que están muy grandes son los de la basa y sobrebasa por el método de NV inyección que son 68,49MPa y 64,64 MP. La basa obtiene el menor promedio a la resistencia con el NV por inmersión de 37,86 MPa seguido de la probeta piloto en la parte cepa del culmo con 38,60 MPa.

**Grafica 27. Promedios de esfuerzos de falla de todos los tipos de inmunizantes.**



Grafica fuente propia.

Para cada tipo de inmunizante y probeta piloto se utilizaron 15 probetas y 5 por cada parte del culmo (cepa, basa y sobrebasa). De acuerdo a la gráfica 27, se observa que el inmunizante con mejor resistencia a compresión paralela a la fibra es el NV Inyección ya que sacando un promedio de todas las probetas da un esfuerzo de falla de 51,19 MPa. El siguiente inmunizante en proporcionar mejor resistencia es el Pentaborato con 0,44MPa por debajo del primero, le sigue el NV inmersión con una resistencia de esfuerzo de 48,83 MPa y por último se observa la probeta piloto con 4.71MPa por debajo del inmunizante con mayor resistencia como ya mencionado es el NV por el método de inyección.

**Tabla 4. Desviación estándar para cada tipo de inmunizante de acuerdo a la parte en altura del culmo y forma de inmunizar**

DESVIACION ESTANDAR POR CADA GRUPO			
		PROMEDIO (MPa)	DESVIACION ESTANDAR
CON NUDO	CEPAS SIN INMUNIZAR	38,60	3,94
	CEPA NV INMERSION	49,76	5,97
	CEPA NV INYECCION	40,64	2,44
	CEPA PENTABORATO INMERSION	43,73	2,92
	BASA SIN INMUNIZAR	52,94	3,17
	BASA NV INMERSION	37,86	3,47
	BASA NV INYECCION	68,49	3,80
	BASA PENTABORATO INMERSION	45,37	2,58
	SOBREBASA SIN INMUNIZAR	43,79	3,08
	SOBREBASA NV INMERSION	48,21	4,29
	SOBREBASA NV INYECCION	48,72	7,59
	SOBREBASA PENTABORATO INMERSION	33,50	5,88
SIN NUDO	CEPAS SIN INMUNIZAR	38,60	4,19
	CEPA NV INMERSION	49,76	3,93
	CEPA NV INYECCION	40,64	4,26
	CEPA PENTABORATO INMERSION	43,73	5,60
	BASA SIN INMUNIZAR	38,60	3,27
	BASA NV INMERSION	49,76	2,96
	BASA NV INYECCION	40,64	4,12
	BASA PENTABORATO INMERSION	43,73	4,11
	SOBREBASA SIN INMUNIZAR	54,06	3,70
	SOBREBASA NV INMERSION	84,42	5,24
	SOBREBASA NV INYECCION	64,64	6,11
	SOBREBASA PENTABORATO INMERSION	77,63	2,39

Fuente propia.

De acuerdo a la tabla 4 se puede observar la desviación estándar de cada parte del culmo con su respectivo inmunizante y forma de inmunizar con la presencia de nudo o sin nudo. Se observa que entre menos promedios hayan la desviación va hacer menor. La desviación estándar mínima que presenta este procedimiento es la de sobrebasa con Pentaborato por inmersión sin nudo de 2,39 y el de mayor desviación es la sobrebasa con Pentaborato por inmersión sin nudo de 7,59. Esta tabla tiene como procedimiento tomar cada grupo de probeta para garantizar que la desviación sea menor y teniendo en cuenta a la hora de diseñar si se va a utilizar cierta parte del culmo con o sin nudo.



**Tabla 5. Desviación estándar de acuerdo al tipo de inmunizante con y sin presencia de nudo**

DESVIACION ESTANDAR POR CADA TIPO DE PROBETA		
	PROMEDIO (MPa)	DESVIACION ESTANDAR
CON NUDO SIN INMUNIZAR	48,53	7,94
CON NUDO NV INMERSION	43,81	20,90
CON NUDO NV INYECCION	57,92	13,60
CON NUDO PENTABORATO INMERSION	55,58	16,59
SIN NUDO SIN INMUNIZAR	44,43	4,34
SIN NUDO NV INMERSION	40,32	7,37
SIN NUDO NV INYECCION	44,45	6,25
SIN NUDO PENTABORATO INMERSION	45,91	9,91

Fuente propia.

La desviación estándar está distribuida por cada tipo de probeta tomando un promedio del esfuerzo de inmunización y teniendo en cuenta si presenta nudo o no, se puede observar en la tabla 5 que el inmunizante NV por inmersión con nudo es el que presenta mayor desviación de 20,90MPa y el de menor es la probeta piloto sin inmunizar con 4,34 MPa. En esta tabla se puede observar que la desviación estándar aumenta si se trabaja con los promedios de cada inmunizante.

**Tabla 6 Desviación estándar de acuerdo al tipo de inmunizante**

DESVIACION ESTANDAR DEPENDIENDO EL INMUNIZANTE		
TIPO DE INMUNIZANTE	PROMEDIO (MPa)	DESVIACION ESTANDAR
SIN INMUNIZANTE	46,48	6,62
NV INMERSION	48,83	17,67
NV INYECCION	51,19	12,45
PENTABORATO INMERSION	50,75	14,30

Fuente propia.

De acuerdo a la tabla 6 se puede observar que las desviaciones son muy altas para todos los tipos de inmunizante descartando la probeta que posee una

desviación estándar de 6,62 MPa, el inmunizante con mayor desviación es NV inmersión con 17,67 MPa seguido de NV por inyección con 12,45 MPa. Por último se observa el Pentaborato por inmersión con 14,30 MPa. Estos valores son muy altos ya que la dispersión de los valores de cada inmunizante es muy alto, es necesario despreciar algunos datos para beneficio de la investigación.

## 12. CONCLUSIONES

Para la obtención del esfuerzo máximo de falla de acuerdo al tipo de inmunizante, parte en altura del culmo y la presencia o no del nudo, se puede observar que en las cepas representa un amplio rango de variación de acuerdo a la probeta piloto el cual dio un esfuerzo máximo de falla de 38,60 MPa, observando que hay datos que presenta un aumento en esfuerzo máximo al inmunizante NV inmersión el cual dio 52,57 MPa y seguido del Pentaborato por inmersión de 49,76 MPa. Se observa que en los otros tipos de inmunizantes sin importar la presencia de nudo, los esfuerzos obtenidos se presentó un aumento cercano a la probeta piloto de más o menos 5 MPa.

Con respecto a las basas se observa que el inmunizante NV por inyección con nudo representa el mayor esfuerzo de falla a compresión paralela a fibra de 68,49 MPa seguido de la probeta piloto con un esfuerzo de 52,94 MPa y observando que los demás componentes de las formas de inmunizar sin importar la presencia o no del nudo es menor con respecto a la probeta piloto teniendo un rango entre 45,3 y 47,9 MPa de los inmunizantes Pentaborato con nudo y sin nudo, y NV inyección sin nudo y las probetas piloto sin nudo. Dando unos esfuerzos de falla demasiados bajos para los que fueron NV inmersión con nudo (37,86 MPa) y NV inmersión sin nudo (33,44 MPa) observando que se presenta una disminución evidente del inmunizante NV inmersión con nudo y sin nudo con respecto a la probeta piloto.

Siguiendo la continuidad del componente en altura del culmo se puede concluir que las sobrebasa presentan un aumento significativo al tener presencia de nudo en el esfuerzo a compresión paralela a la fibra, de acuerdo con la probeta piloto la cual da un máximo esfuerzo a compresión de 54,06 MPa, presentando NV inmersión con nudo como el mayor esfuerzo promedio calculado siendo de 84,42 MPa, seguido de NV inyección con nudo de 77,6 MPa y 64,64 MPa, y sin nudo la probeta piloto da un esfuerzo promedio de 43,79 MPa presentando un aumento en NV inmersión (48,21 MPa) y NV inyección (48,72MPa), mostrando una disminución con Pentaborato por inmersión de 33,5 MPa.

Al observar los diferentes promedios se ve reflejado que NV con inmersión con nudo es el que presenta un mayor esfuerzo a compresión paralela a la fibra siendo el mejor en desempeñar el comportamiento a la hora de ser sometido a esfuerzos a compresión paralela a la fibra.

Para la obtención de los factores de modificación se debe contemplar desde los diferentes tipos, formas, partes del culmo y la presencia o no de nudo. Partiendo

desde las probetas piloto los cuales presentan un factor de modificación al realizar un diseño con cada uno de los elementos (ver tabla7)

**Tabla 7. Factor de modificación para cada parte en altura de la guadua con y sin la presencia del nudo**

FACTOR DE MODIFICACION DE ACUERDOM A LA PARTE EN ALTURA DEL CULMO Y LA PRESENCIA DE NUDO Y SIN NUDO									
		SIN INMUNIZAR		NV INMERSION		NV INYECCION		PENMTABORATO INMERSION	
		PROME DIO	FACTOR DE MODIFICACION	PROME DIO	FACTOR DE MODIFICACION	PROME DIO	FACTOR DE MODIFICACION	PROME DIO	FACTOR DE MODIFICACION
CON NUDO	CEPA	38,60	1,00	49,76	1,29	40,64	1,05	43,73	1,13
	BASA	52,94	1,00	37,86	0,72	68,49	1,29	45,37	0,86
	SOBREB ASA	54,06	1,00	84,42	1,56	64,64	1,20	77,63	1,44
SIN NUDO	CEPA	41,70	1,00	39,30	0,94	38,84	0,93	52,57	1,26
	BASA	47,79	1,00	33,44	0,70	45,80	0,96	51,67	1,08
	SOBREB ASA	43,79	1,00	48,21	1,10	48,72	1,11	33,50	0,76

Fuente propia

De acuerdo al uso que se desea realizar en el diseño estructural adquiriendo este medio es necesario utilizar el factor de modificación sin importar el componente (con o sin nudo), pero teniendo en cuenta la parte del culmo y el tipo de inmunizante y su forma de inmunización (ver tabla 8).

**Tabla 8. Factor de modificación para cada parte en altura de la guadua.**

FACTOR DE MODIFICACION DE ACUERDOM A LA PARTE EN ALTURA DEL CULMO									
		SIN INMUNIZAR		NV INMERSION		NV INYECCION		PENMTABORATO INMERSION	
		PROMEDI O	FACTOR DE MODIFICACION	PROMEDI O	FACTOR DE MODIFICACION	PROMEDI O	FACTOR DE MODIFICACION	PROMEDI O	FACTOR DE MODIFICACION
	CEPA	40,15	1,00	44,53	1,11	39,74	0,99	48,15	1,20
	BASA	50,36	1,00	35,65	0,71	57,15	1,13	48,52	0,96
	SOBREB ASA	48,92	1,00	66,31	1,36	56,68	1,16	55,56	1,14

Fuente propia

Para el uso y el desarrollo de un diseño teniendo en cuenta todas sus partes en altura se deben tener los factores de modificación que se presentan a continuación (ver tabla 9).

**Tabla 9. Factores de modificación del tipo de inmunización y su método.**

FACTOR DE MODIFICACION DE ACUERDO AL TIPO DE INMUNIZANTE							
SIN INMUNIZAR		NV INMERSION		NV INYECCION		PENTABORATO INMERSION	
PROMEDIO	FACTOR DE MODIFICACION	PROMEDIO	FACTOR DE MODIFICACION	PROMEDIO	FACTOR DE MODIFICACION	PROMEDIO	FACTOR DE MODIFICACION
46,48	1,00	48,83	1,05	51,19	1,10	50,75	1,09

Fuente propia

### 13.RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS

- La relación entre altura y diámetro debe cumplirse necesariamente dos veces el diámetro en altura para el ensayo de compresión paralela a la fibra.
- Se sugiere un corte con sierra sinfín con un disco de mayor diámetro al de la probeta.
- Al momento de generar el corte en los extremos debe presentarse de forma paralela para no generar esfuerzos excéntrico produciendo datos anormales lo cual es necesario ser muy cauteloso para evitar usar elementos como pulidoras o herramientas que ayuden a nivelar las extremidades donde se presenten los cortes y de presentarse este procediendo es recomendable utilizar los diferentes elementos de seguridad para evitar accidentes y de presentarse este procediendo es recomendable utilizar los diferentes elementos de seguridad para evitar accidentes y de presentarse este procediendo es recomendable utilizar los diferentes elementos de seguridad para evitar accidentes.
- El manejo de la velocidad en la maquina versa tester debe ser ajustado ya que al presentar una mayor velocidad, se obtendrá datos de baja confiabilidad, debido a que es posible que aumente el esfuerzo de falla obtenido.
- Se recomienda solo tomar los datos obtenidos para este tipo de material (su proveniencia, ARME IDEAS EN GUADUA), debido a que la presencia de humedad y los diferentes aspectos tenidos en cuenta en la etapa de cosecha ya que se podría observar variaciones en los diferentes resultados si se trabajan con guadua de otros lados ya que los distribuidores cada uno posee sus diferentes técnicas.
- Observar que la guadua se encuentre en condiciones aceptables (no tengan presencia de hongos ni fracturas a lo largo del material)

## 14. BIBLIOGRAFIA

- B Martin, Jose Virgilio, T Mateus, Lelio Rafael. Determinación de la Resistencia a la compresión a la fibra de la guadua castilla. Bogotá-Colombia.
- Botero Lagarte, Pablo. La guadua como elemento estructural. Bogotá-Colombia.
- Cardona, William. Granados, Lina Patricia. Estudio de factibilidad de la producción y comercialización de los pisos de guadua (microfichas). Bogotá- Colombia.
- Delgado, Pablo Giordanelli. Sistema inmerso de guadua para pequeños y medianos cultivos que utilicen el proceso de curado en piscinas de sales. Risaralda-Colombia 2011.
- Díaz E, Félix. Pequeño manual de la guadua.2008. Caracas-Venezuela.
- Díaz Ramírez, German Adolfo. Análisis Comparativo en Muestras de Guadua Angustifolia Kunth Solicitadas a Compresión Paralela a la Fibra. Santander-Colombia.
- El hogar natural. Gramíneas ornamentales.  
<http://www.elhogarnatural.com/gramineas.htm>.
- Gonzales, Eugenia. Díaz, Jhon Fernando. Propiedades mecánicas de la Guadua (Guadua angustifolia Kunth). Guadua angustifolia castilla y macana de los guaduales de los departamentos de Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Antioquia. Bogotá-Colombia.
- Gonzales Quevedo, Cesar. resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua Angustifolia y módulo de elasticidad. Bogotá- Colombia. Disponible en la Universidad Nacional de Colombia.
- Hidalgo, Oscar. Concreto reforzado con cables de bambú. Bogotá-Colombia (2005).
- Jiménez, I.E. Gómez, I.E. Aplicación de la guadua en la vivienda Medellín. Medellín- Colombia.
- Jorge Mora Ubidia. Reproducción de la Guadua Angustifolia. 2005. P.19.
- Llanos Gazia, Henry. Revista el mueble y madera (MyM).

- Mejía Fernández, Fernando. Salazar Trujillo, Eduardo. Propiedades físicas y mecánicas de especies maderables en caldas para su uso en la construcción incluyendo la guadua. Manizales- Colombia.
- Nieto. Guadua Bambusa guadua H. et. B. o Guadua angustifolia. 1985. P.8.
- NSR-10 Norma de diseño sismo resistente, 2010 (título G).
- NTC 3500. cosecha y postcosecha del culmo de guadua Angustifolia Kunth (2008).
- NTC 5525. ingeniería civil y arquitectura métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia Kunth (2007).
- Norma Técnica Colombiana 5300. Cosecha y postcosecha del culmo de Guadua Angustifolia Kunth.
- Padilla, Leticia. Jelpo, Pía. Patologías en elementos estructurales Madera, hierro- acero y muro portante cerámico. 2009-2010.
- República de Colombia, leyes y decretos, ley 400 por la cual se adoptan normas de construcciones civiles. Bogotá D.C. alcaldía mayor de Bogotá. 1997.
- Salazar C, Jaime. Cameros Bustos, Clemente. Novoa Pineda, Juan Pablo. Evaluación de algunos métodos de inmunización para la guadua. Bogotá-Colombia.
- Torres Chacón, Jaime Miguel. Vivienda típica prefabricada en concreto reforzado con bambú. Bucaramanga-Colombia.
- Ubidia Moran Jorge. Reproducción de la Guadua Angustifolia. Antioquia-Colombia 2005.
- Vélez, Simón. La Guadua Angustifolia “El Bambú Colombiano”. Disponible en el Centro Nacional Del Bambú Guadua Córdoba.