

INVESTIGACIÓN RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA GUADUA

ANGUSTIFOLIA EN ESTADO DE FOTODEGRADACIÓN

WIDNY FARLEY ARDILA PAEZ

LUISA FERNANDA GARZON HERNANDEZ



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS

PROYECTO DE GRADO

BOGOTA, MAYO DE 2017

INVESTIGACIÓN RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA GUADUA

ANGUSTIFOLIA EN ESTADO DE FOTO-DEGRADACIÓN

Presentado para optar al Título de  
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas

Coordinador PTCA

Arq. Nelson Ricardo Cifuentes Villalobos

Docente De Proyecto

Arq. Andrea del Pilar Lara

WIDNY FARLEY ARDILA PAEZ

LUISA FERNANDA GARZON HERNANDEZ



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS

PROYECTO DE GRADO

BOGOTA, MAYO DE 2017



## **Dedicatoria**

### **Widny Farley Ardila Páez**

Mi proyecto de grado quiero dedicárselo principalmente a Dios porque sin la ayuda de el nada hubiera sido posible.

A mi familia, ya que gracias a ellos he logrado culminar esta etapa, son las personas que siempre han creído y confiado en mí, en mis actitudes y en mis capacidades, por infundir en mi ese deseo de lucha, superación y perseverancia son los que hoy en día me hacen llegar hasta donde he llegado.

### **Luisa Fernanda Garzón Hernández**

Este proyecto se lo dedico a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ello el gran ejemplo a seguir y destacar.

## **Agradecimientos**

### **Widny Farley Ardila Páez**

Quiero agradecer principalmente al profesor Walter Barreto por su compromiso, esfuerzo y dedicación los cuales han sido de gran ayuda, por su motivación y ejemplo de superación, por sus aportes que fueron de gran ayuda para la culminación del proceso investigativo.

### **Luisa Fernanda Garzón Hernández**

A nuestro tutor Walter Barreto por su apoyo incondicional para lograr culminar con éxito nuestro proyecto.

## Tabla de contenido

Resumen .....	7
Abstract .....	8
Introducción .....	9
Objetivo General .....	11
Objetivos Específicos .....	11
Metodología .....	12
Marco teórico .....	13
Reseña histórica Guadua .....	13
Guadua Angustifolia Kunth .....	14
Estructura anatómica de la Guadua.....	15
Anatomía de la Guadua angustifolia Kunt. ....	15
Partes de la Guadua Angustifolia Kunth.....	17
Características y beneficios de la Guadua angustifolia Kunth.....	19
Rápido Crecimiento. ....	19
Floración. ....	20
Servicios ambientales.....	21
Calidad de fibra .....	22
Patología en la guadua angustifolia kunth .....	23
Lesión de fotodegradación en la madera.....	26

¿Que es la Fotodegradación? .....	27
Acción de la radiación solar en la madera. ....	27
Envejecimiento de la madera. ....	28
Alteración cromática por oxidación fotoquímica.....	29
Fotodegradación de la lignina. ....	29
Tipos de lesiones que se derivan de la fotodegradación .....	29
Lesiones por fotodegradación en la Guadua Angustifolia Kunth. ....	30
Agrietamiento y rajado.....	30
<i>los hongos</i> .....	31
<i>mohos y hongos cromógenos</i> .....	32
<i>hongos xilófagos.</i> .....	32
<i>Insectos.</i> .....	32
<i>dinoderus minutus</i> .....	33
<i>Parisoschoenus sp.</i> .....	34
<i>pudriciones.</i> .....	35
<i>pudrición blanda</i> .....	35
<i>pudrición parda.</i> .....	35
Esfuerzos Admisibles.....	37
Esfuerzos admisibles de la guadua.....	37

Norma NTC 5525, Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas .....	38
Compresión. ....	38
Toma de Datos .....	39
Fotografías Guaduas Angustifolia Kunth con lesiones.....	39
Fotografías de guaduas Angustifolia Kunth, vistas desde microscopio a 20x.....	41
Toma de Datos .....	44
Análisis y Discusión de Resultados .....	45
Conclusiones .....	54
Recomendaciones.....	56
Referencias.....	57
Anexos .....	59

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Anatomía de la <i>G. Angustifolia</i> Kunth .....	15
Ilustración 2 Vista de microscopio del corte transversal de un culmo de <i>Guadua angustifolia</i> (40X). .....	16
Ilustración 3 Anatomía de la guadua mostrando sus fibras y la unión de estas con la parénquima. ....	17
Ilustración 4 Partes de la <i>guadua angustifolia</i> Kunth.....	18
Ilustración 5 Vista en microscopio de un haz vascular de <i>Guadua angustifolia</i> (100X).....	23
Ya sabiendo la propiedades física y mecánicas de la <i>guadua angustifolia</i> kunth, la siguiente parte de la investigación nos habla sobre las patologías de la guadua, daños, y causas de estas. ....	23
Ilustración 6 Tejas en madera, con lesión de fotodegradación .....	28
Ilustración 7 Insecto <i>Dinoderus minutus</i> y el daño que ocasiona en la guadua. ....	34
Ilustración 8 insecto <i>Parisoschoenus</i> sp (familia de los coleopteros) .....	35
Ilustración 10 Tabla esfuerzos admisibles de la guadua .....	37
Ilustración 11 Estructura en guadua.....	39
Ilustración 12 Guaduas en estado de fotodegradación con presencia de grietas y fisuras. ....	40
Ilustración 13 Guaduas almacenadas .....	40
Ilustración 14 Muestra de corteza de guadua.....	41
Muestra de corteza de guadua en estado de fotodegradación, se presentan microfisuras debido a la contracción.....	41
Ilustración 15 Muestra de lesión por fisura.....	42
Ilustración 16 Muestra de hongos encontrados en el interior de la guadua .....	42
Ilustración 17 Muestras de guadua con presencia de insectos (coleópteros) y pudrición.....	43
Ilustración 18 Recolección de las muestras .....	44

## Resumen

Este trabajo investigativo surge a partir de la hipótesis “las Guadua en estado de fotodegradación sin ninguna afectación en su interior seguirán cumpliendo su función estructural sin necesidad de cambiar la pieza”, ya que hasta el momento no se presenta ningún documento que rectifique y valide esta información. La guaduas son un material muy resistente y de muy utilizado en la construcción, pero estas presentan una lesión muy común al estar expuestas a los agentes atmosféricos que es la fotodegradación de esta se derivan unas lesiones secundarias: las cuales nace ya que las guaduas al estar expuestas a los rayos ultravioletas empiezan a sufrir cambio de color por un blanquecino o grisáceo(fotodegradación), pero después de un tiempo de estar demasiado tiempo expuestas a los rayos ultravioleta y demás agentes atmosféricos, pueden llegar a sufrir contracción del material lo que trae consigo fisuras, por medio de las fisuras llega el agua lo cual atrae al hongo e insectos y estos puede llegar a producir perdida de material. Teniendo en cuenta lo anterior se propuso hacer una labor investigativa en la cual se probaron muestras de todas las lesiones de guadua (fotodegradación, fisuras, hongos, e insectos), para posteriormente analizar los resultados obteniendo y así llegar a unas conclusiones y datos que demuestren la hipótesis. La investigación fue base para llegar a lograr que las guaduas que presenten lesiones como fotodegradación, fisuras dadas por la contracción, hongos dados por la humedad e insectos, sin afectación en su interior, pueden seguir presentando una vida útil y no sea necesario cambiar la pieza. Es importante resaltar que por medio de la investigación se llegara aportar unos porcentajes numéricos de los esfuerzos admisibles de las guaduas con lesiones, los cuales se realizaran con base a la norma NTC 5525 Y NSR-10 capitulo G Madera y guadua.

Palabras clave: Guadua, agentes atmosféricos, rayos ultravioleta, fotodegradación.

### Abstract

This investigative work arises from the hypothesis "the guadua in State of photodegradation without any involvement in its interior will continue fulfilling its structural function without changing the piece", since so far there is no document which rectify and validate this information. The guaduas is a material very resistant and the most widely used in construction, but these presents an injury very common to be exposed to atmospheric agents which is the fotodegracion and from this derives a mechanism of damage: which was founded since the guaduas being exposed to ultraviolet rays begin to suffer color change by a whitish or greyish (photodegradation) , but after a while of being too long exposed to atmospheric agents UV and other rays, can get to suffer contraction of the material which leads to cracks, through fissures becomes water which attracts the fungus and insects, and these can produce loss of material. Taking the above for the problem intends to do investigative work in which samples of all lesions of guadua (photodegradation, fissures, fungi, and insects), were to later analyze the results, conclusions and data showing the hypothesis. Research is core to logar to the guaduas that presented lesions as fotodegracion, cracks given by contraction, fungi given by moisture and insects, unaffected in its interior, can continue presenting a useful life and is not necessary to change the piece. It is important to highlight that through research was reached provide numerical percentages of eligible efforts of the guaduas with injuries, which were made based on the standard NTC 5525 and NSR-10 chapter G wood and bamboo.

Key words: bamboo, weathering, UV rays, photodegradation.

## Introducción

La radiación solar produce la fotodegradación superficial en las guaduas angustifolias, las cuales adquieren una coloración blanquecina y se cree que se pierde su resistencia o vida útil.

Se sabe que la Guadua es un material que tiene muy buenas cualidades físicas a la hora de emplearse en la construcción, pero una de las fallas que se presenta con la utilización de esta, es que no se conoce el momento cuando debe cambiar o reemplazar, ya que al ser un material natural el cual se expone a la radiación solar, empieza a tener un proceso de fotodegradación, lo cual conlleva a tener cambios estéticamente, es decir en su parte exterior lo cual se demuestra o se ve en su cambio de color por uno grisáceo o una coloración blanquecina, esta es una lesión primaria, pero puede traer consigo unas lesiones secundarias como son las fisuras, hongos xilófagos e insectos coleópteros los cuales infieren en la guadua y pueden ocasionar varios daños como pérdida de material y resistencia.

Para comprobar la hipótesis en esta investigación se realizaron tomas de datos de guaduas con las lesiones anteriormente nombradas, esto con el fin de como una primera parte hacer la identificación visual de estas en muestras de guaduas realmente afectadas, para la obtención de mayor información se realizaron fichas con prediagnosticos de porque se presento la lesión, Se realizo una visita del laboratorio de criminalística para observar las muestras microscópicamente para entender su anatomía, se realizaron pruebas a compresión a muestras de guadua con lesiones como lo son la fotodegradacion, fisuras, hongos y daño por insectos con este procedimiento se llegara a comprobar si las guaduas con estas lesiones siguen teniendo una resistencia precisa para seguir cumpliendo su función.

La recopilación de la información parte de unos antecedentes en su mayoría sobre la madera en estado de fotodegradación, esto es debido a que en la Guadua Angustifolia Kunth no

existen investigaciones previas sobre el tema de estas lesiones que se presentan en la mayoría de estructuras de guadua si no se presenta unas recomendaciones de cuidado y preservación de esta.

Esta investigación se realiza con el fin de asegurar que el elemento de guadua fotodegradado sigue manteniendo su resistencia a pesar de sus cambios estéticos (coloración grisácea) y no es necesario cambiar la pieza.

### Objetivo General

Analizar las lesiones que se presentan en la guadua angustifolia Kunth, causadas por la fotodegradación y las lesiones secundarias (fisuras, hongos xilófagos, insectos coleópteros) que se pueden generar, y como estas pueden afectar su resistencia a compresión paralela .

### Objetivos Específicos

1. Evaluar las lesiones de la Guadua Angustifolia Kunth que se dan por fotodegradación y sus lesiones secundarias para entender el mecanismo de daño y sus afectaciones.
2. Analizar comportamiento mecánico ante esfuerzos de compresión paralela de Guadua Angustifolia Kunth comparativamente entre lesiones de fotodegradación, sus lesiones secundarias y guaduas sin lesiones. Con el fin de concretar que la guadua fotodegradada o con lesiones secundarias no pierde su resistencia.

### Metodología

En esta investigación se desarrollará una primera parte teórica que se basa en la documentación en cuanto a la patología de la guadua angustifolia Kunth centrándonos en la fotodegradación como una lesión primaria y sus lesiones secundarias.

La segunda parte es un proceso patológico que se consiste en detectar, identificar, clasificar estas lesiones para ello se realizarán tomas de datos entre ellas están Muestras de material (guadua con lesiones), fotografías se realizarán en el laboratorio de fotografía, Universidad La Gran Colombia y análisis en el microscopio a 40x que se hará en el laboratorio de criminalística, facultad de derecho de la Universidad la Gran Colombia, esto con el fin de conocer la afectación que tiene la radiación solar en las corteza y en el interior de la guadua.

Por último se obtendrán 15 muestras de Guadua Angustifolia Kunth, 3 en estado de fotodegradación, 3 con fisuras, 3 con hongos, 3 con lesión de insectos y 3 sin lesiones, estas probetas se someterán a pruebas a compresión paralela a la fibra, se realizará un análisis de los resultados de estas pruebas y se llegaran a tomar conclusiones.

## Marco teórico

### Reseña histórica Guadua

A continuación, se realizará una breve reseña de la historia de la guadua a nivel mundial y en nuestro territorio. Taxonomicamente<sup>1</sup> la guadua pertenece a la familia Poaceae<sup>2</sup> a la subfamilia Bambusoideae, a la tribu Bambuseae, a la subtribu Guaduinae y al género Guadua.

La Guadua reúne 30 especies que se distribuyen desde San Luis de Potosi en México hasta Uruguay y Norte de Argentina, exceptuando Chile y las islas del Caribe, entre otras están *amplexifolia*, *paniculeata*, *weberbaueri*. El 45 por ciento de las especies del genero son de origen Amazónico; la Guadua weberbaueri Pilger y la Guadua sarcocarpa Londoño y Peterson son las más frecuentes y abundantes en esta Cuenca. La Guadua paniculata Munro presenta el rango de distribución latitudinal más amplio, desde México hasta Brasil, y la Guadua angustifolia Kunth el mayor rango de altitud, desde el nivel del mar hasta los 2600 metros. Las especies de estos generos se pueden distinguir de los demás bambúes principalmente por los culmos gruesos, largos y espinosos, por las bandas de pelos blancos en la región del nudo y por las hojas caulinares de forma triangular. (Villegas, 2003, pág. 25)

En Colombia existen las especies: *Guadua angustifolia Kunth* y *guadua latifolia*..

De la guadua angustifolia, que es la de más usos, se conocen en el Antiguo Caldas las variedades: guadua macana, guadua cebolla y guadua rayada. La guadua macana es la más empleada en la construcción, pues tiene las paredes más gruesas.

En nuestro país la guadua se ha empleado en Caldas y en la zona cafetera vecina, en la construcción de edificaciones en el medio rural y urbano. Un porcentaje importante de las

---

<sup>1</sup> **Taxonomía.** “ordenación” se trata de la [ciencia](#) de la clasificación que se aplica en la [biología](#) para la ordenación sistemática y jerarquizada de los grupos de animales y de vegetales.

<sup>2</sup> **Poaceae.** se trata de plantas herbáceas, perennes o anuales, con tallo culmo (hueco en los internudos y muy nudoso)

edificaciones antiguas de ciudades como Manizales, aún existentes, han sido construidas en bahareque, que en general es una estructura de paneles de guadua y madera, con rellenos de barro (las más antiguas) y con recubrimientos laterales de esterilla de guadua, recubiertas con boñiga y en algunos caso revocados con morteros de cemento (las más modernas) o cubiertas con láminas de latón. También es usada en construcción de galpones, instalaciones para beneficio del café, ya habiendo entrado en el tema de la guadua su historia y algunos usos, se llegara a fondo con la investigación sobre la guadua angustifolia kunth que es el material principal de esta.

### Guadua Angustifolia Kunth

La *guadua angustifolia Kunth*, entre todos los bambúes americano sobresale esta especie siendo una de las 20 mejores del mundo por sus propiedades físico-mecánicas, su gran tamaño y por su comprobada utilización en la industria de la construcción, se encuentra en estado natural en Colombia, Ecuador y Venezuela en donde forma colonias dominantes conocidas como “guadales” concentrados principalmente a la orilla de ríos y quebradas, en el piedemonte de la cordillera, en los bosques montanos medio y bajo y en los valles interandinos.

En Colombia, los guadales se desarrollan de manera óptima en la región central de los Andes, entre los 500 y 1500 metros, con temperaturas entre 17 grados y 26 grado centígrados.

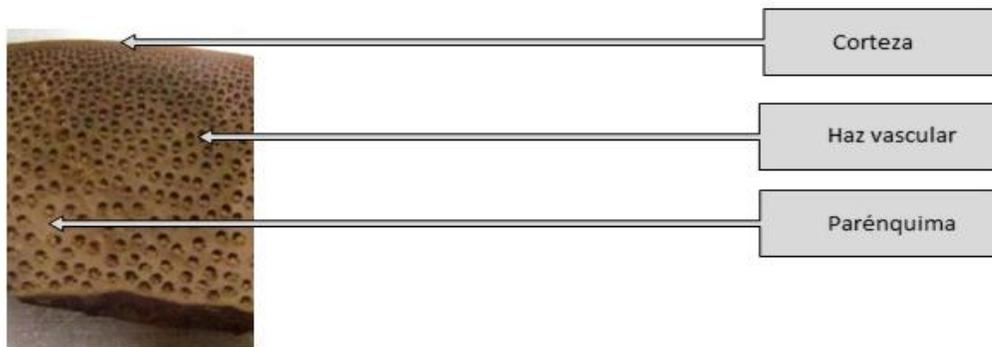
Esta especie reúne dos variedades que hasta el momento se han reportado para Colombia: la *Guadua angustifolia* var .*bicolor* Londoño y la *Guadua angustifolia* var.*nigra* Londoño. Las guadas conocidas como “cebolla”, “macana”, “cotuda” o “castilla” son ecotipos o formas que responden a condiciones climáticas y edáficas. (Villegas, 2003, págs. 25-27)

### Estructura anatómica de la Guadua

La estructura anatómica típica de bambú, se compone por parénquima que es el tejido de enlace, tubos cribosos (haz vascular) y fibra. Según (Mena, Vera, Correal, & Lopez, Feb. 2012) estima que 51% en volumen corresponde al tejido del parénquima, 40% a las fibras, y 9% al tamiz de tubos. Dicha distribución se vuelve relevante ya que las fibras mejoran las propiedades mecánicas del bambú. Además, el porcentaje de fibras no se distribuye uniformemente a través del espesor de la pared, disminuye desde el exterior a la zona interior; en consecuencia, el porcentaje Parénquima en la zona interna es mayor que la zona externa. Pag.60.

Como se puede ver en la ilustración n° 1 y 2

Ilustración 1 Anatomía de la G.Angustifolia Kunth



*Fuente:Walter Barreto*

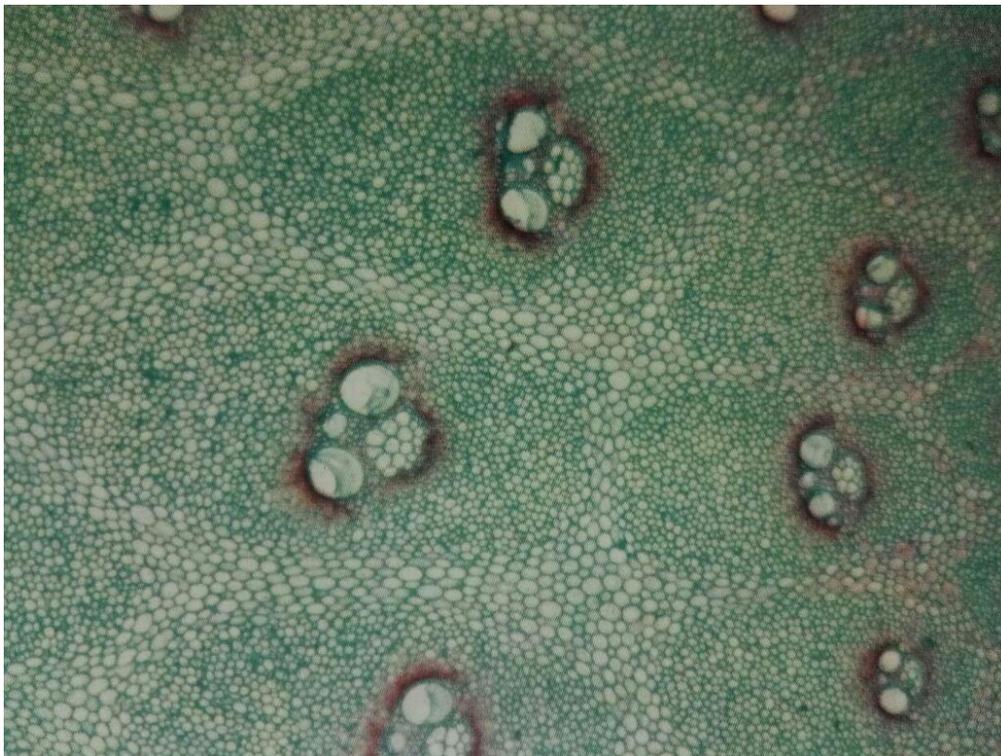
Externamente la Guadua tiene una corteza fuerte que se conforma por epidermis lo cual células que protegen a la Guadua en su parte externa de daños físicos y evitan la filtración o penetración de líquidos a su interior lo q podría llegar a causar hongos.

### Anatomía de la Guadua angustifolia Kunt.

En la guadua angustifolia Kunt cuatro zonas se pueden establecer a lo ancho de la pared del culmo, la zona de la periferia que mide entre 0,67 – 0,77 mm de longitud y está compuesta

por haces vasculares inmediatamente adyacentes a la corteza; estos haces son circulares, pequeños y numerosos, con escaso tejido conductivo y pocas células de parénquima; la zona de transición que mide entre 1,23 y 2,55 mm de longitud y corresponde al 10% del grosor de la pared culmo; la zona central o media que mide entre 4,95 y 16,34 mm de longitud y corresponde al 56% del grosor de la pared del culmo, y la zona interna que mide entre 1,3 – 2 mm de longitud y corresponde al 12% del grosor del culmo. (Villegas, 2003, pág. 33)

Ilustración 2 Vista de microscopio del corte transversal de un culmo de *Guadua angustifolia* (40X).



Laboratorio Cenicafe, Chinchina, Caldas, Colombia.

*Fuente:* Guadua Arquitectura y Diseño

Guadua Angustifolia Kunth es uno de los bambús más fuertes, es un material de origen vegetal con propiedades tanto físicas como mecánicas adecuadas para la construcción de cualquier tipo de estructura, teniendo en cuenta su anatomía se puede ver que su gran resistencia se da ya que al presentar tanta cantidad sus tubos cribosos (fibras ) y al estar unidos por medio de la parénquima forman un enlace de gran resistencia pero teniendo en cuenta que al ser una de este origen vegetal se deben tener unos cuidados rigurosos a la hora de su mantenimiento .

Ilustración 3 Anatomía de la guadua mostrando sus fibras y la unión de estas con la parénquima.



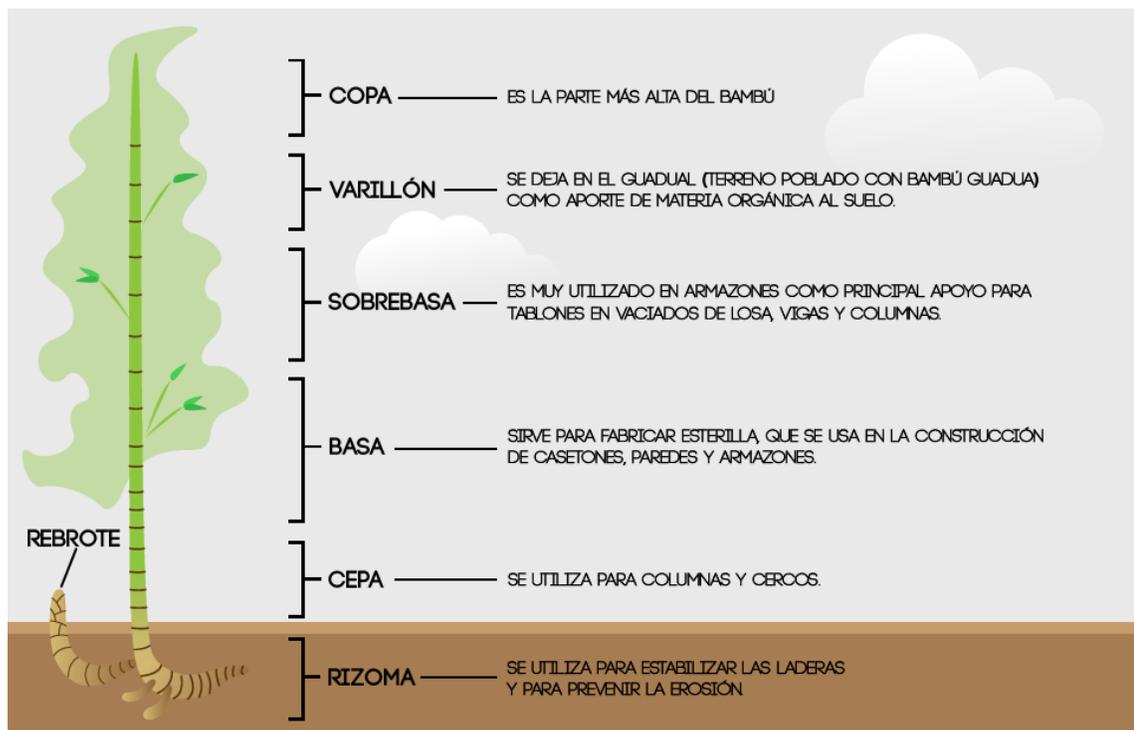
Tomada en microscopio a 40x, Laboratorio de criminalística universidad la gran colombia. *Autores:* Widny ardila; Luisa Garzon

### Partes de la Guadua Angustifolia Kunth

La guadua es un tallo leñosos extraordinariamente resistente, por la consistencia de sus fibras vegetales y por su forma cilíndrica, pero también sorprendentemente liviana, pues es hueca, con solo membranas internas que pueden ser trabajadas muy fácilmente, su fibrosidad es externa y finísima y le dan una flexibilidad inencontrable en otro material de la naturaleza con

una fortaleza semejante, al mismo tiempo que facilita a un más los trabajos de cortarla y manejarla, y el adaptarla a un sin número de usos y circunstancias, a lo que también contribuyen sus dimensiones excepcionales, su belleza su forma cilíndrica y la variedad en el grosor de sus tallos le permiten ser usadas sin que someterse a delicados o a muy prolongados trabajos de transformación ,acabados y preparación ventajas que al ser sumadas a todas las anteriores le dan a la guadua un lugar privilegiado en ese renglón que la sociedad moderna ha considerado como el más importante de todos: el de la economía. (Restrepo, Mutis, Manzur Macias, & Velez, 1989, pág. 21)

Ilustración 4 Partes de la guadua angustifolia Kunth



Tomada de: <https://bambouterra.files.wordpress.com/2014/07/partes-bambu-01.png?w=1000>

En la ilustración N° 4 se describen las partes de la guadua angustifolia Kunth y la utilidad que se le da a cada una de ellas, sus dimensiones y la altura según sus cortes.

#### Partes de la Guadua Angustifolia Kunth

- Cepa: corresponde a los primeros cuatro metros del tronco desde el suelo, es la sección de mayor diámetro (en promedio 15 cm de diámetro). Se utiliza para postes, columnas, laminado de pisos y cercas.
- Basa: comprende los siguientes seis metros; es la sección comercial más importante. Se usa para vigas, columnas y esterillas.
- Sobrebasa: es la sección posterior a la basa y de la cual, dependiendo de la altura y del espesor de la pared de la guadua, se pueden emplear aproximadamente cuatro metros. Se usa, principalmente, para esterilla y comercialmente tiene buena demanda para la elaboración de entrepisos (formaletas), fabricación de bareque y de muros en construcciones tradicionales. Además, se usa en artesanías y muebles.
- El varillón y las ramas: son aprovechadas como tutores de cultivos y para estructuras de techos.

#### Características y beneficios de la Guadua angustifolia Kunth

Según (Villegas, 2003) la guadua presenta varios beneficios uno de ellos se presenta a continuación:

#### Rápido Crecimiento.

la Guadua angustifolia en particular, son de rápido crecimiento y de mayor productiva. Generalmente entre los 5 y 6 años la guadua esta lista para ser

utilizada y, si se maneja adecuadamente, una vez establecida, puede ser productiva ilimitadamente. Por lo general, el ciclo de crecimiento de un bambú constituye una tercera parte del ciclo de un árbol de rápido crecimiento, y su productividad por hectárea es dos veces la del árbol. Además, los bambúes emergen del suelo con su diámetro establecido, sin presentar incrementos en el diámetro con el tiempo como sucede con los árboles.

El diámetro máximo reportado para *Guadua angustifolia* es de 25 cm y el promedio de 9 a 13 centímetros. *Guadua angustifolia* ha reportado incrementos de altura de 21 cm por día, alcanzando su máxima (15-30 m) en los primeros 6 meses y su madurez entre los 5 y 6 años.

### Floración.

Las floraciones pueden ser gregarias, esporádicas y continuas. Las gregarias son aquellas que ocurren a intervalos regulares y, generalmente, una vez en el tema de vida de la planta. Este tipo de floración por lo general está seguido de la muerte masiva de los individuos, poblaciones o especies, y presenta ciclos de floración, que pueden variar, de especie a especie, entre dos y cien años. La gran mayoría de los Bambúes leñosos que presentan este tipo de floración mueren después de florecer.

Las floraciones esporádicas son aquellas que ocurren en intervalos irregulares, con o sin la muerte de la planta. La *Guadua angustifolia* presenta este tipo de floración con la particularidad de que no muere después de florecer y florece cada año, generalmente asociada a fuertes veranos. En plantaciones con

floraciones gregarias hay que estar renovando el cultivo después de cada floración, mientras que en las plantaciones de la *Guadua angustifolia*, la sostenibilidad en el tiempo es perenne.

### Servicios ambientales.

La guadua presta un sin número de servicios ambientales: conserva el suelo, controla la erosión, regula el caudal hídrico, aporta materia orgánica, contribuye a la biodiversidad, es secuestrante de CO<sub>2</sub> y embellece el paisaje promocionando el ecoturismo.

Su rápido crecimiento tanto aéreo como subsuperficial, la red de rizomas en la capa superficial del suelo (20 a 50 cm) y su disposición para ocupar áreas disturbadas, hacen de la guadua un recurso ideal para la conservación de suelos inestables. La Guadua ha sido utilizada para proteger la superficie del suelo de la acción solar a través de su sombra y de la deposición de hojarasca, y también para recuperar tierras degradadas debido a la deforestación y a las prácticas agrícolas ineficientes.

Los Guadales son ecosistemas que albergan diversa flora, micro flora, entomofauna, mamíferos, aves, reptiles y anfibios. Se han registrado más de 120 especies de plantas asociadas al guadual, más de 48 especies de aves, 20 de mamíferos y 7 de reptiles.

El solo hecho de que después de su aprovechamiento, se efectuó un proceso de transformación de sus culmos en viviendas, muebles, artesanías, etc.; hace de este bambú una planta fijadora de CO<sub>2</sub>

### Calidad de fibra

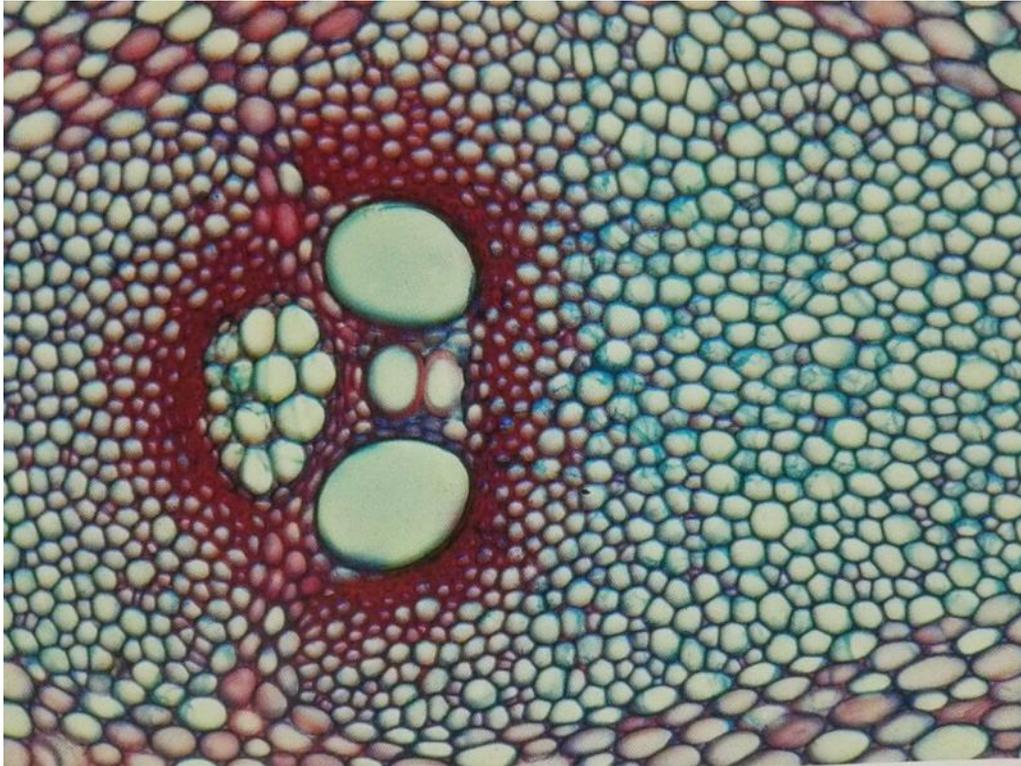
La Guadua angustifolia tiene fibras naturales muy fuertes que la colocan entre las 20 mejores especies de bambúes del mundo. Está demostrado que con ella se pueden desarrollar productos industrializados, tales como paneles.

Es importante señalar que con el uso de la Guadua en estos procesos industriales, se reduciría significativamente el impacto sobre los bosques nativos, ya que la guadua pasa a ser un sustituto de la madera.

Las propiedades de los culmos de bambú están determinadas por su estructura anatómica y son las características anatómicas del culmo las que en últimas reflejan el final de este material. La composición de tejidos en un culmo de Guadua angustifolia es 40% fibra, 51% parequima y 9% de tejido conductivo.

El contenido de fibra es más alto en el segmento apical (56%) que en el segmento medio (26%) y Basal (29%). Comparativamente con otros bambúes tropicales y subtropicales, esta especie presenta un porcentaje de fibra relativamente alto y un mayor contenido de sílice en la epidermis, lo que explica sus asombrosas propiedades de resistencia y flexibilidad. (Villegas, 2003, págs. 30-33)

[Ilustración 5 Vista en microscopio de un haz vascular de \*Guadua angustifolia\* \(100X\)](#)



Laboratorio Cenicafe, Chinchiná, caldas, Colombia.

*Fuente:* Guadua Arquitectura y Diseño.

Ya sabiendo la propiedades física y mecánicas de la guadua angustifolia kunth, la siguiente parte de la investigación nos habla sobre las patologías de la guadua, daños, y causas de estas.

### Patología en la guadua angustifolia kunth

El estudio patológico es el análisis exhaustivo de un proceso patológico para sacar conclusiones que nos permitan su reparación. Iniciando con la observación que consiste en detectar, identificar y aislar la lesión para ver su evolución. Siguiendo con la toma de datos que es primero la documentación y planimetría y segundo la toma de muestras. Luego se debe llevar a cabo una serie de ensayos de varios tipos, ambientales, biológicos, mecánicos, químicos,

físicos. Y, finalmente se analiza el proceso patológico, clasificando las causas en directas o indirectas y de acuerdo a su origen, en químicas, mecánicas físicas, de proyecto, material o mantenimiento. (Broto, 2006).

Se realizará un estudio patología a la Guadua Angustifolia Kunth, con el fin de entender la lesión de fotodegradación y las lesiones que se derivan de ella, sabiendo que la madera presenta unas lesiones que se dan por dos causas que se tomaran para el ejemplo de guadua como lo son las bióticas que se dan básicamente por hongos cromógenos que se alimentan del contenido celular como es la celulosa y lignina, cabe resaltar que son dos componentes que también contiene la guadua, y hongos de pudrición que se alimentan de la pared celular llevando a provocar destrucción completa de esta, también por presencia mohos e insectos. Y abióticas como es la fotodegradación que se presenta por los agentes atmosféricos a los que está expuesto el material.

Para entender mejor es importante aclarar que según (Carrió, 1997) la patología constructiva “es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio (o alguna de sus unidades) después de su ejecución”. Las diferentes manifestaciones de un problema constructivo, se denominarán Lesiones.

Las lesiones son el aviso de la existencia de un problema. Estas poseen una distinción o clasificación la cual es:

- Lesiones primarias: Dentro del proceso patológico es la que aparece en primer lugar en la secuencia del mismo, son lesiones que aparecen sin lesiones previas

- Lesiones secundarias: es la que dentro del mismo proceso surge como consecuencia de una lesión anterior.

Generalmente una lesión es origen de otras, y éstas no aparecen solas, suelen confundirse entre sí. Es muy importante calificar o identificar cuales aparecieron primero y cuales son consecuencia de las anteriores, esto dependerá de cada proceso patológico.

Las lesiones poseen una clasificación dependiendo su lesión o nivel:

- Leve
- Moderada
- Severo
- Grave

De aquí mismo se deriva unos tipos de lesiones según su causa u origen:

- Física
- Mecánicas
- Químicas

Dentro de los procesos patológicos se debe actuar sobre la causa. La causa se puede entender como el consecuente de la aparición de lesiones primarias y de ellas secundarias, es decir es un agente que origina un proceso patológico, en este caso si lo comparamos con la medicina el síntoma de la enfermedad seria la lesión, pero quien la origina es por ejemplo un virus es decir la causa, para acabar con el proceso patológico con la enfermedad se debe atacar el origen de la es decir el virus (causa) de la lesión así queda resolver del todo el problema patológico.

Para complementar lo anterior es las causas se clasifican según unos tipos como son:

- Directas: Estas son aquellas que no se pueden evitar, constituyen en origen inmediato del proceso patológico.
  - Esfuerzos mecánicos.
  - Agentes atmosféricos.
  - Contaminación. etc.
- Indirectas: Estas se pueden evitar
  - Errores o defectos de diseño y construcción.
  - Errores en los detalles constructivos, elección de los materiales, defectos de fabricación o de aplicación.

Teniendo en cuenta lo anterior en este trabajo de investigación nos centraremos en la lesión de fotodegradación, la cual desemboca unas lesiones las cuales son fisuras, hongos e insectos. Su nivel de daño puede ser leve, pero si no se tiene en cuenta una prevención puede ser muy grave, estas son de origen biológico (químico), y son de causas directas ya que provienen de un agente atmosférico.

### Lesión de fotodegradación en la madera

Refiriéndonos mas al tema de la fotodegradación se toman como antecedentes investigaciones previas realizadas de ello y de la acción de la radiación del sol en la madera esto debido a que en la guadua este tema no se ha investigado a fondo, por tanto, no se encuentra documentación.

La lesión de fotodegradación en la madera nos adentra hacia las lesiones en el material que son la afectación por la exposición continua al sol, se habla a fondo sobre la acción del sol en el material.

Primero hay que tener claro que es la fotodegradación.

### ¿Que es la Fotodegradación?

Es aquello que produce por cambios químicos resultantes de la absorción de luz que reducen las propiedades útiles de materiales, particularmente de polímeros, se puede observar en las partes exteriores de la madera y guadua en su corteza por su cambio de color.(TermWik, 2006)

### Acción de la radiación solar en la madera.

La madera que está expuesta a la luz solar sufre un cambio de la coloración que inicialmente tiende al oscurecimiento hacia un tono marrón, posteriormente toma un color grisáceo. La radiación ultravioleta del espectro de la luz solar degrada los componentes de la madera comenzando por la lignina esta acción se traduce en un oscurecimiento superficial. Al incidir el agua de lluvia, los productos resultado de la degradación son eliminados por el agua y queda la celulosa, menos sensible a las radiaciones adquiriendo la superficie un color blanquecino.

Tanto así que las células externas pueden recubrirse lentamente de mohos que viven de la humedad de la madera y de los productos de la fotodegradación, dando a la superficie una coloración grisácea o negruzca. En la práctica el agua y el sol actúan de forma combinada y se potencian entre sí multiplicando sus efectos.

No obstante, el deterioro de la madera expuesta a la intemperie es muy lento. La pérdida de la madera en la capa superficial es muy pequeña. Esta pérdida varía en función del clima, la especie y la orientación. Diversos autores citan valores que varían desde 1 hasta 13 mm por siglo. La pérdida de un milímetro/siglo. En resumen, el efecto depende de la cantidad de radiación solar, intensidad de la lluvia, viento y grado de exposición (Arriaga, Peraza, Esteban , Bobadilla, & Garcia, 2002)

### Envejecimiento de la madera.

La madera se envejece con relativa rapidez al estar expuesto a la acción de la lluvia y el hielo y con más frecuencia debido a cambios higrotermicos y a la acción de los rayos U.V del sol. El deterioro por envejecimiento de una madera colocada en el exterior, en condiciones normales y sin protección, se calcula que avanza a razón de unos 0.5 mm/año y se manifiesta por la superposición de los siguientes mecanismos. (Rodriguez Barreal, 1998)

[Ilustración 6 Tejas en madera, con lesión de fotodegradación](#)



### Alteración cromática por oxidación fotoquímica.

En la madera se presenta una alteración especialmente de la lignina, en un principio se amarillea y luego se agrisesa por la aparición de mohos que se alimentan de la lignina degradada. Esto es consecuencia, aunque inicialmente las maderas claras suelen oscurecer y las oscuras tienden a aclararse, al final todas adquieren un color gris algo más oscuro.

### Fotodegradación de la lignina.

Esta lesión se presenta en la celulosa debido a la rotura de las cadenas moleculares por acción de los rayos UV(o fotólisis) con ayuda del oxígeno. Esto aumenta la higroscopicidad de la madera y permite el lavado por lluvia de la madera , Asi mismo se produce desfibrado como consecuencia de la falta de ligazón que proporciona la lignina y de esta manera.

Debido a lo presentado anteriormente en documento se puede llegar a concluir que la lesión de fotodegradación, que se da por la causa de la exposición continua de la guadua a la radiación solar y todos los microorganismos existentes en el ambiente (causas directas), se llega a presentar un mecanismo de daño es decir que la lesión primaria la fotodegradación, trae consigo la aparición de unas lesiones secundarias que pueden llegar a afectar la resistencia de la guadua a compresión paralela .

### Tipos de lesiones que se derivan de la fotodegradación

“se ha reportado gran cantidad de insectos y enfermedades que causan daños a diversas partes de la planta pero solo unos pocos y algunas enfermedades, llegan a ser potenciales de daño a nivel económico”.

“Al igual que las maderas, los guaduales son atacados por agentes biológicos que destruyen y afectan su calidez y resistencia”.

Entre los más conocidos están los siguientes: los mohos y hongos cromógenos, los hongos xilófagos, los insectos.

### Lesiones por fotodegradación en la Guadua Angustifolia Kunth.

#### Agrietamiento y rajado.

Con la aparición de fotodegradación en la superficie de las piezas, por acción de la radiación y la sucesión de otros agentes atmosféricos como lo son lluvias, hielo, etc. hacen que la guadua se contraiga y expanda, tanto mayor sea la humedad y la brusquedad de cambios climáticos.

Según (Broto, 2006) “Las fisuras son principalmente longitudinales, abren nuevas vías de agresión sobre todo para hongos o insectos y permiten que el agua de lluvia penetre con facilidad y circule por el interior de las piezas y que al salir, levante las capas de protección y provoque la merma diferencial de las partes de la carpintería”.

**Fisuras y grietas:** éstas pueden presentar las siguientes características:

- ✓ Pueden atravesar la pared del elemento o no
- ✓ Pueden prolongarse por el nudo
- ✓ Pueden originarse en lugares del canuto que han sido alterados, como perforaciones o más.
- ✓ Pueden estar acompañadas por otros procesos patológicos
- ✓ Sus anchos oscilan entre 1mm y 2 cm

Gran cantidad de estudios han demostrado las excelentes propiedades mecánicas de bambú a lo largo de la longitud de la caña. Por lo tanto, las fisuras longitudinales a menudo se inician en las juntas estructurales que evitan que se aprovechan de la alta resistencia a lo largo de la dirección longitudinal.

El comportamiento mecánico de bambú a lo largo del espesor de la caña o la dirección radial para mejorar el rendimiento de las articulaciones en las estructuras de la a guadua, se comporta como un material dúctil bajo compresión a lo largo del espesor de la caña. Esta propiedad se puede utilizar para mejorar la eficiencia de las juntas estructurales mediante la aplicación de compresión radial. (Clave de ingeniería de materiales, 2014, págs. 49-56)

### *los hongos*

La guadua desde su crecimiento es particularmente susceptible a hongos y hupes con una humedad más al 18%; para gusanos y termitas entre 12 y 18 % de la humedad relativa. Estas dañan la estructura de tal manera, que ciertas partes serán inutilizables y tendrán que ser cambiadas.

Particularmente las clases de Xilófagos (Dinoderus, Bostrichidae, Lyctidae), que perforan los tallos vivos cosechados, acusan daños graves.

Para tener una mayor utilidad en la vida de los edificios hechos en bambú, se debe prestar atención a la protección de la humedad constructiva (por ejemplo goteras o humedad ascendente). (CONBAM , 2002)

Se conocen alrededor de 79 clases de hongos distribuidos así: 29 penicillium, 25 bacterias imperfectas, 19 aspergillus, 5 de mucor y 1 de rhizopus.

### *mohos y hongos cromógenos*

“Estos son organismos que no afectan necesariamente la resistencia de la madera, ya que se alimentan del contenido de las celdillas y no de las estructuras que las conforman. Para atacar requieren de un contenido de humedad superior al de la saturación de la fibra, la cual oscila entre 27% y 32% de contenido de humedad. La presencia de mohos se manifiesta por un crecimiento algodonoso en la superficie del área afectada. Su color varía del blanco al negro y aparecen cuando hay humedad, si la zona afectada está seca, no afectan seriamente la resistencia del material y pueden ser fácilmente barridos. Mientras en las maderas penetran afectando ligeramente su resistencia y algunos de ellos producen coloraciones permanentes como el ceratocystis, que es causante de la mancha azul en la guadua en pie, se presenta por ejemplo alguno hongos que no afectan su resistencia y más bien se busca identificar el estado de madurez de la planta.”

### *hongos xilófagos.*

“Estos organismos afectan las propiedades físicas y químicas de las paredes de la célula minando seriamente la resistencia de los tejidos y provocando pudriciones severas en las áreas afectadas”.

### *Insectos.*

La presencia del almidón y los azúcares en la planta, constituyen, indudablemente, el más importante factor de susceptibilidad de la guadua al ataque de los insectos.

La guadua es atacada por algunos insectos xilófagos, especialmente a los tallos apeados. Sin embargo, dependiendo de las condiciones climáticas, es un vegetal de gran resistencia a las termitas, siendo mejor en áreas en donde hay mucha humedad y temperatura.

Si después del corte de los tallos aún conserva mucha humedad, estas son atacadas por coleópteros diminutivos, llamados comúnmente “gorgojos barrenadores” o coquitos.

#### *dinoderus minutus*

“Es un insecto cosmopolita conocido como barrenador de tallos en pie apeados y en esterilla. Su distribución es muy amplia, tanto en Asia como en América del sur. De todas las especies del *dinoderus* esta es la más abundante en el globo, ya que su adaptabilidad climática es muy amplia llegando a soportar temperaturas inferiores a cero grados centígrados, donde posiblemente los adultos entran en estado de somnolencia. Es extraordinariamente polífago atacando a varias especies, entre ellas, la *Guadua Angustifolia*. Una de las más susceptibles a su ataque es la *Bambusa Vulgaris* y todas las que presentan alto contenido de almidón y buena humedad” ver ilustración n° 7 el tipo de insecto y daño que ocasiona en la guadua.

[Ilustración 7 Insecto Dinoderus minutus y el daño que ocasiona en la guadua.](#)

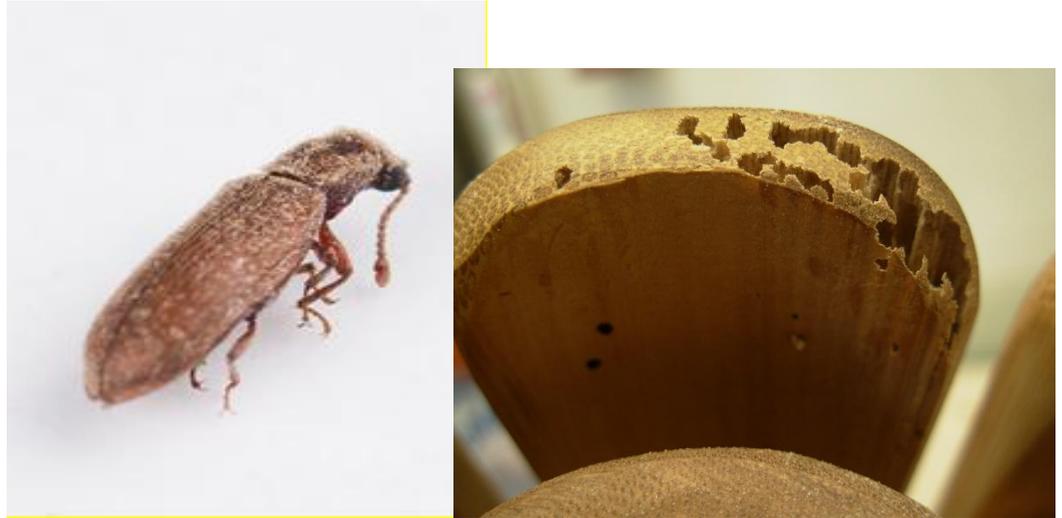


Imagen tomada: <http://www.bamboocraft.net/forums/showthread.php?t=1324>

***Parisoschoenus sp.***

Este es un insecto de potencial peligro para el material por los daños que causa como barrenador. Dentro de la familia Curculionidae se destaca la presencia de genero *Parisoschoenus sp*; picudo. Se detecta generalmente en gran cantidad cuando se remueven las astillas del tallo, realizando perforaciones de arriba hacia abajo, Ver ilustración n° 8

Ilustración 8 insecto Parisoschoenus sp (familia de los coleopteros)



Imagen tomada: [http://www.opsu.edu/Academics/SciMathNurs/NaturalScience/PlantsInsectsOfGoodwell/weevil/image/20096m0611\\_092.jpg](http://www.opsu.edu/Academics/SciMathNurs/NaturalScience/PlantsInsectsOfGoodwell/weevil/image/20096m0611_092.jpg)

### *pudriciones.*

Las pudriciones más comunes en la *guadua angustifolia kunth* son las siguientes:

Pudrición suave o blanda esta es causada por hongos destructores de la celulosa, pertenecientes a los grupos ascomicetos y hongos imperfectos, esta pudrición es superficial y degrada el material hasta adquirir una consistencia grasosa de color oscuro.

### *pudrición blanda*

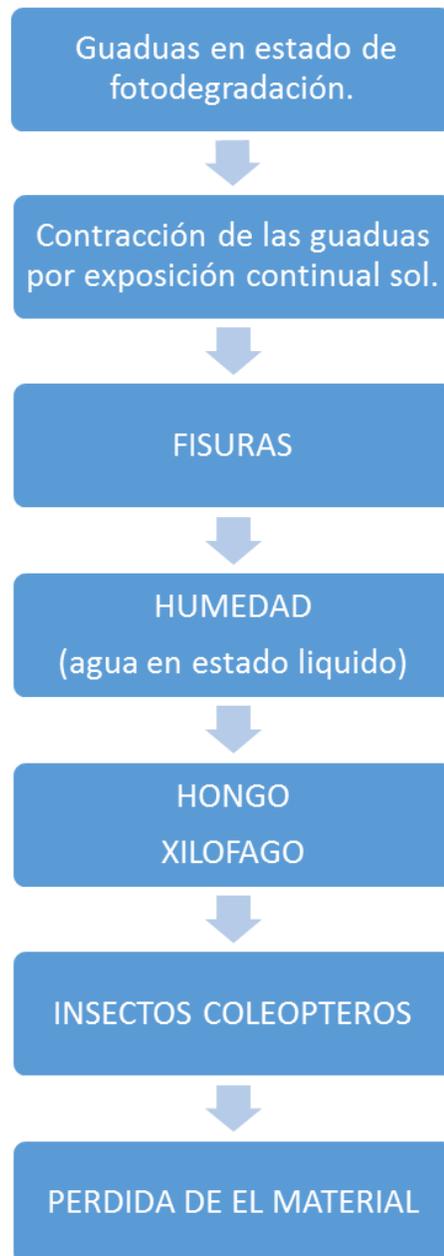
Los hongos causantes de estas pudriciones destruyen todos los componentes de la madera (Nicnina y Carbohidratos). El material residual semeja un esqueleto de madera sin coloración oscura.

### *pudrición parda*

Estos hongos descomponen la celulosa y su pentosa asociadas afectando poco o nada a la Lignina. La parte atacada se contrae formando hendiduras perpendiculares u oblicuos creando una apariencia cubica en la madera prohibida.

Para entender mejor el mecanismo de daño se presenta a continuación un esquema (ilustración 9) de este.

*Ilustración 9 Mecanismo de daño de la guadua en estado de fotodegradación*



*Fuente:* Elaboración Propia

## Esfuerzos Admisibles

### Esfuerzos admisibles de la guadua.

Esta norma se toma de referente para tener en cuenta los esfuerzos admisibles que debe resistir las Guaduas Angustifolia Kunth, cuando su uso es estructural, se compararan los resultados de resistencia a compresión paralela a la fibra de las guaduas fotodegradadas, guaduas con fisuras, guaduas hongos y guaduas con insectos, con los resultados que brinda la norma. De igual manera se realizaron ensayos de las guaduas en buen estado para comprobar los esfuerzos admisibles. De esta manera la norma NSR-10 hace parte esencial de la investigación ya que nos delimita los esfuerzos requeridos de las guaduas.

Se aclara que en los ensayos realizados solo se llegó al peso dicho por la norma es decir por el esfuerzo a compresión paralela a fibra 14 Mpa (ver figura n° 8)

[Ilustración 10 Tabla esfuerzos admisibles de la guadua](#)

**Tabla G.12.7-1**  
**Esfuerzos admisibles  $F_i$  (MPa), CH=12%**

$F_b$ Flexión	$F_t$ Tracción	$F_c$ Compresión	$F_{p^*}$ Compresión $\perp$	$F_v$ Corte
15	18	14	1.4	1.2

|| = compresión paralela al eje longitudinal.

$\perp$  = compresión perpendicular al eje longitudinal.

\*La resistencia a la compresión perpendicular está calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento.

*Fuente:* [titulo-g-nsr-100.pdf](#)

**Norma NTC 5525, Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas****Compresión.**

Este ensayo de Resistencia a Compresión se presenta cuando la fuerza actúa disminuyendo una dimensión o reduciendo el Volumen del cuerpo en cuestión; 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 se utiliza en muchos usos de la guadua, en columnas, postes 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

## Toma de Datos

### Fotografías Guaduas Angustifolia Kunth con lesiones

Las fotografías hacen parte de la segunda etapa de la investigación que consiste en la recolección de datos de las Guaduas Angustifolia Kunth con fotodegradación y las lesiones que derivan de esta, con esto se permite identificar las lesiones de una manera visual demostrando su coloración por acción de la radiación solar y demás lesiones por acciones del ambiente, humedad etc. la fotografías se tomaron en el edificio SINDU Universidad Nacional de Colombia, de la sede de Bogotá que se caracteriza por tener un clima moderadamente frío, con cerca de 14°C en promedio. aun así, por ser un clima tropical, el frío se acentúa en jornadas de lluvia o de poco sol. Las guaduas son de clase angustifolia y se encuentran a la intemperie.

Ilustración 11 Estructura en guadua



*Fuente:* Elaboración Propia

Estructura en guadua que presenta pudrición (lado izquierdo) y Guadua en estado de fotodegradación con fisura (lado derecho)

[Ilustración 12 Guaduas en estado de fotodegradación con presencia de grietas y fisuras.](#)



*Fuente:* Elaboración Propia

[Ilustración 13 Guaduas almacenadas](#)



*Fuente:* Elaboración Propia

Guaduas almacenadas con presencia fotodegradación y fisuras a nivel de donde se encuentran los pernos.

### Fotografías de guadas *Angustifolia* Kunth, vistas desde microscopio a 20x

Este laboratorio se realizó con el fin de conocer que daño tiene la guadua a nivel anatómico, a causa de la fotodegradación y de las lesiones secundarias que derivan de esta, como en la figura n° 14 se ve la corteza de la guadua con un color blanquecino y microfisuras por acción de los rayos solares.

Ilustración 14 Muestra de corteza de guadua



*Fuente:* Elaboración Propia

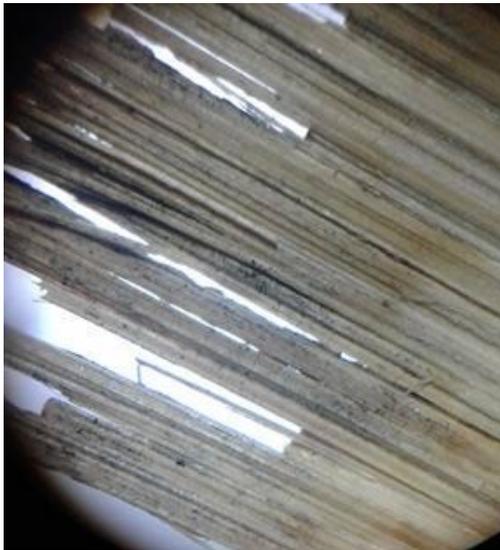
Muestra de corteza de guadua en estado de fotodegradación, se presentan microfisuras debido a la contracción.

Ilustración 15 Muestra de lesión por fisura



*Fuente:* Elaboración Propia

Ilustración 16 Muestra de hongos encontrados en el interior de la guadua



*Fuente:* Elaboración Propia

[Ilustración 17 Muestras de guadua con presencia de insectos \(coleópteros\) y pudrición](#)



*Fuente:* Elaboración Propia

Las fotografías se realizaron en el laboratorio de criminalística, facultad derecho de la Universidad La Gran Colombia.

### Toma de Datos

SINDU, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Las muestras se tomaron de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá con una temperatura promedio de 13-15°C.

Se obtuvieron de guaduas almacenadas en el edificio del sindu, estas guaduas tuvieron como función estructuras de diversos tipos, estas estuvieron expuestas a los agentes atmosféricos aproximadamente 1 año, en estas se logró encontrar todas las lesiones que se requiere la investigación es decir (fotodegradación, fisuras, hongos e insectos) se puede observar y detallar detenidamente que son las lesiones provenientes como se evidencia en el mecanismo de daño anteriormente expuesto.

Ilustración 18 Recolección de las muestras



*Fuente: Elaboración Propia*

### Análisis y Discusión de Resultados

Esta etapa de la investigación se analizan los resultados de la pruebas a compresión paralela, que se evidenciaron en este tipo de fichas. Es importante aclarar que los ensayos que se le realizaron a las probetas de Guadua Angustifolia Kunth y otras lesiones, se sometieron únicamente a los esfuerzos admisibles requeridos por la NSR-10 que es de 14 Mpa, esto con el fin de evaluar la afectación que tiene a su resistencia a compresión.

INVESTIGACIÓN RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA EN ESTADO DE FOTODEGRADACIÓN

FICHA TECNICA	FOTOGRAFIAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	FOTO ANTES DE LA PRUEBA
MUESTRA REFERENCIA:	
NOMBRE:	
Nº DE MUESTRA	
TIPO DE LESION:	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	
DIMENSION:	
DENSIDAD	
PESO PROBETA	
PESO PROBETA HUMEDA	
PESO PROBETA SECA	
PESO 1:	FOTO DESPUES DE LA PRUEBA
PESO 2:	
PESO 3:	
VELOCIDAD DE LA CARGA	
DEFORMACION:	
PUNTO DE FALLA:	
EQUIPO UTILIZADO:	
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO:	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO:	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

Después de la realización de las fichas de laboratorio una para cada muestra es decir en total 15, 3 para guaduas en buen estado, 3 con lesión de fotodegradación, 3 con lesión de fisuras, 3 con lesión de hongo y 3 con lesión de insectos.

Se continuo con sacar los promedios, como eran 3 probetas por lesion se tomaron sus valores de cuanto resistió cada una y se sacó un promedio general. Como se muestra en la tabla 1

CONTROL PROMEDIO NUMERO MUESTRAS . NO. 15					
	MUESTRAS EN BUEN ESTADO (Mpa)	MUESTRAS FOTODEGRADADAS (Mpa)	MUESTRAS CON FISURAS (Mpa)	MUESTRAS CON HONGO (Mpa)	MUESTRAS CON INSECTO (Mpa)
1	14	14	13,44	14	14
2	14	14	14	6,33	14
3	14	14	14	10,84	14
$\bar{x} =$	14	14	13,81333333	10,39	14

**tabla 1.**

Después del análisis de estos resultados se puede decir que:

- Las muestras de guaduas en buen estado resisten: = 0 + a 14 Mpa
- Las muestras de guaduas con lesión de fotodegradación resisten: = 0 + de 14 Mpa
- Las muestras de guaduas con lesión de fisuras resisten. = a 13,8 Mpa
- Las muestras de guaduas con lesión de hongo resisten. = 10,39 Mpa
- Las muestras de guaduas con lesión de insectos resisten. = 0 + 14 Mpa

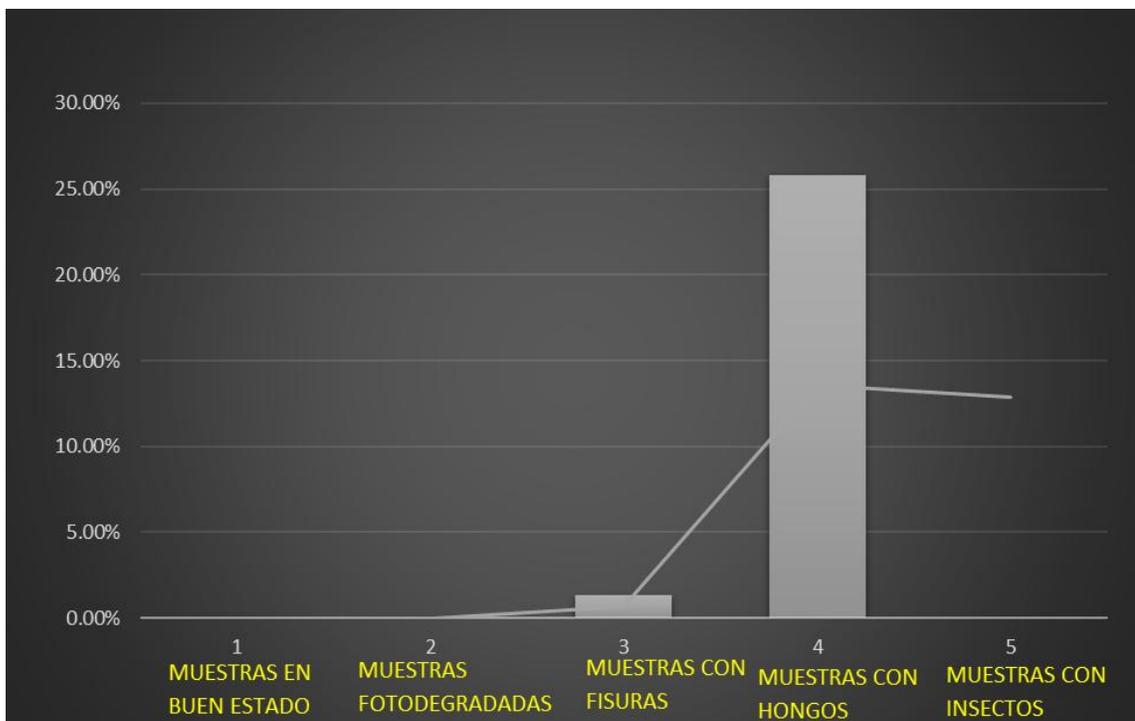
Seguido de sacar los promedios de resistencia de las guaduas ensayas se analiza la perdida de resistencia tomando como el 100% a 14 Mpa que es el esfuerzo admisible dado

por la NSR-10 ante esfuerzos de compresión paralela. Y se presentan en la siguiente tabla (tabla 2).

Tabla 2

PORCENTAJES REDUCION DE RESISTENCIA					
X=	100%	100%	98.67%	74.21%	100.00%
	0.00%	0.00%	1.33%	25.79%	0.00%

Para analizar mejor los resultados se realiza el siguiente gráfico.



Y se pudo sacar los siguientes análisis tanto de los porcentajes de reducción de resistencia como lo visto en el laboratorio:

- Las guaduas en buen estado y las guaduas con lesión de fotodegradación, tendieron a resistir igual, teniendo en cuenta que estas muestras estuvieron expuestas al sol solo durante un año y por tanto no pudieron avanzar

con sus lesiones secundarias o mecanismo de daño, llegando a resistir más 14 Mpa.

- Las muestras con lesión por fisuras bajaron su resistencia de 1,33 Mpa, ya que ser sometidas a las pruebas a compresión paralela tendieron a tener un poco más de dimensión en sus fisuras es decir a aumentar su tamaño o crear pequeñas micro fisuras nuevas en el elemento.
- Las muestras con lesión por hongos bajaron su resistencia un 25,79 Mpa, esto ya que estas muestras son las que más contenido de humedad poseen, que es por lo que aparece el hongo causando pudrición y debilitando sus fibras.
- Las muestras de guadua con lesión por insecto no redujeron su resistencia, se pueden decir que porque el insecto apenas había atacado una pequeña parte y que estas guaduas eran las mas pesadas.

Seguido de esto, se procede hacer el análisis de áreas mediante las dimensiones tomadas a cada probeta como se muestra en la siguiente tabla. (tabla 3)

Tabla 3

<b>G11</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	418
RG	5,5	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	11
RP	4,3	95,03	58,09	36,95	cm	
<b>G12</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	387
RG	5,55	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	11,1
RP	4,15	96,77	54,11	42,66	cm	
<b>G13</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	522
RG	6,55	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	13
RP	5,35	134,78	89,92	44,86	cm	

AREAS						
<b>GB1</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	257
RG	5,1	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	10
RP	3,8	81,71	45,36	36,35	cm	
<b>GB2</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	164
RG	4,45	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	9
RP	3,75	62,21	44,18	18,03	cm	
<b>GB3</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	249
RG	5,2	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	11
RP	4,1	84,95	52,810296	32,14	cm	
<b>GF1</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	455
RG	6,35	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	12,5
RP	5,05	126,68	80,12	46,56	cm	
<b>GF2</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	282
RG	5,5	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	11,2
RP	4,3	95,03	58,09	36,95	cm	
<b>GF3</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	517
RG	6,75	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	13,5
RP	4,95	143,14	76,98	66,16	cm	
<b>GFs1</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	152
RG	4,75	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	6,7
RP	3,85	70,88	46,57	24,32	cm	
<b>GFs2</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	230
RG	5	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	10
RP	4	78,54	50,27	28,27	cm	
<b>GFs3</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	376
RG	6	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	11,5
RP	4,9	113,10	75,43	37,67	cm	
<b>Gh1</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	272
RG	5	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	10
RP	4,1	78,54	52,81	25,73	cm	
<b>Gh2</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	162
RG	5,2	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	10,4
RP	4,3	84,95	58,09	26,86	cm	
<b>Gh3</b>	RADIOS	A1=RG2*PI	A2=RP2*PI	AT=A1-A2	M=	346
RG	6,05	A1=RG2*3,1416	A2=RP2*3,1416		L=	12
RP	4,95	114,99	76,98	38,01	cm	

De lo cual se sacaron unos análisis como son:

- Se pensaba que los diámetro de las guaduas iba influenciar o tener ventajas ante las pruebas, pero por ejemplo si nos fijamos la guadua en buen estado GB2 era la de menor diámetro 18 cm<sup>2</sup> y al ser sometida a la prueba a compresión paralela fue una de las que mejor actuó resistiendo los esfuerzo admisibles de 14 Mpa o aún más, a diferencia de la muestra GH3 que era casi el doble de diámetro 36cm<sup>2</sup> y fallo totalmente por la humedad por aplastamiento, ya que la falla no se da por las dimensiones de la guadua si no por la lesión.

Luego de tener este dato de los diámetros de las guaduas, se procede por sacar su volumen el cual sale de multiplicar su alto por su área = (lado\*área) y su densidad que se da por multiplicar masa \* volumen. Como se presenta en la siguiente tabla. Tabla 4

Tabla 4

DENSIDAD= MASA * VOLUMEN		
GB1	VOLUMEN=L*A 363.48	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 0.707047964
GB2	VOLUMEN=L*A2 162.30	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 1.010505212
GB3	VOLUMEN=L*A2 353.52	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 0.704336411
GF1	VOLUMEN=L*A2 581.98	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 0.781811927
GF2	VOLUMEN=L*A2 413.79	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 0.681511009
GF3	VOLUMEN=L*A2 893.19	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 0.578825319
GFs1	VOLUMEN=L*A2 162.92	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 0.932989887
GFs2	VOLUMEN=L*A2 282.74	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 0.813456696
GFs3	VOLUMEN=L*A2 433.18	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 0.868000416
GH1	VOLUMEN=L*A2 257.30	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3) 1.057143914

GH2	VOLUMEN=L*A2	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3)
	279.35	0.579915441
GH3	VOLUMEN=L*A2	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3)
	456.16	0.758505255
GI1	VOLUMEN=L*A2	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3)
	406.40	1.028549948
GI2	VOLUMEN=L*A2	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3)
	473.56	0.817216879
GI3	VOLUMEN=L*A2	DENSIDAD: MASA*VOLUMEN(g/cm3)
	583.21	0.895051562

De esta tabla se sacan un análisis como es:

- Se esperaba que las guaduas con menor densidad fueran las de lesión de insecto, ya que el insecto al comerse el material vegetal baja su calidad de fibra y por tanto su densidad, pero al analizar nos fijamos que estas eran las de mayor masa por tanto aun con el ataque de insecto tenían que ser las de mayor densidad.

### Conclusiones

- De acuerdo a los análisis presentados anteriormente y los referentes teóricos se llega a identificar que las guaduas con lesiones después de sus pruebas a compresión, pierden resistencia, pero es una reducción mínima y no muy significativa, además de esto las guaduas pueden llegar a resistir más de los esfuerzos admisibles exigidos por la NSR-10, aunque en los ensayos de laboratorio solo se practicaron hasta el esfuerzo admisible a compresión paralela a la fibra es decir a 14Mpa.
- Las probetas de guaduas con lesión de hongo, fueron las que presentaron mayor humedad, y así mismo su resistencia baja un 27%, fallando por aplastamiento, esto porque al entrar el agua en estado líquido en el material vegetal le empieza a causar pudrición debilitando así su estructura, las probetas tuvieron un factor en común, sus células epidermis o capas exteriores tendieron a sufrir un desfibramiento en su epidermises, esto se presenta ya que la fotodegradación disminuye la resistencia de su zona o capa exterior en consecuencia porque el porcentaje de Parénquima en la zona interna es mayor que la zona exterior, las guaduas con lesión de hongos fueron las que fallaron rápidamente sin llegar a los esfuerzos admisibles, esto concluye que los hongos es la lesión más grave que se presenta en la guadua y ocasiona la pérdida del material.
- Se certificó que la lesión de fotodegradación no causa una afectación grave ya que estas probetas actuaron igual que las de buen estado, pudiendo resistir más que los 14 Mpa, no sufrieron ningún factor de afectación a sus fibras. Ya que la fotodegradación afecta su epidermis o capa exterior, donde se presentan haces vasculares pero estos haces son circulares, pequeños y numerosos, con escaso tejido conductivo y pocas células de parénquima, haciendo que la afectación a estas partes de la guadua sea poco significativa.

- Las guaduas que presentaban ataque de insecto, resistieron los esfuerzos admisibles presentados por la NSR-10, pero las pruebas a compresión paralela a la fibra, si le causaron aparición de fisuras y pérdida de materia por partes internas de las guaduas.
- Teniendo en cuenta la información recopilada en el marco teórico presentado y los ensayos realizados se dice que a fotodegradación, no es más que el daño en la epidermis de la Guadua. La acción de la luz es lenta y a medida que transcurre el tiempo la degradación no aumenta, dado que los primeros milímetros afectados sirven de protección al resto del material.

### Recomendaciones

1. Para que la investigación sea mas exacta se recomienda que se tome un estudio de caso que tenga información precisa es decir planimetría, información concreta de los años a los que estuvo expuesto el material entre otros.
2. Se recomienda que en la metodología de los ensayos todas sus muestras sean de dimensiones y densidades cercanas.
3. Se sugiere que a la hora de realizar ensayos a la guadua se realice también la medición de su deformación.

## Referencias

- (s.f.). Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3184/1/696888.2010.pdf>
- Arriaga, F., Peraza, F., Esteban, M., Bobadilla, I., & Garcia, F. (2002). *Intervencion estructuras en madera*. Rivas(Madrid): Asociacion de investigacion tecnica de las industrias de madera y corcho.
- Broto, C. (2006). *Patologia de los materiales*. Barcelona, España.
- Carrió, J. (1997). *Tratado de rehabilitacion*. España: EDICIONES Y LIBRERIA MUNILLA Y LERIA.
- *Clave de ingenieria de materiales*. (2014). Trans Tech Publications Ltd.
- CONBAM . (2002). Obtenido de <http://www.conbam.info/pagesES/detail.html>
- Diaz, F. E. (2004). *Pequeña manual del Bambú*.
- Marin, J. (2015). *Unidad de educacion virtual*. Obtenido de Identificacion y descripcion de paologias en estructura de Guadua:  
<http://virtualidad.ugc.edu.co/course/view.php?id=2510&section=3>
- Mena, J., Vera, S., Correal, J. f., & Lopez, M. (Feb. 2012). *Assessment of fire reaction and fire resistance of Guadua angustifolia kunth bamboo*. From Academic OneFile.  
doi:<http://dx.doi.org.ugc.elogim.com:2048/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.028>
- NTC 5525. (2007). Obtenido de Metodos de ensayo para determinar las propiedades fisicas mecanicas de la guadua angustifolia kunt.: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5525.pdf>
- Restrepo, E. A., Mutis, S., Manzur Macias, D., & Velez, S. (1989). *Bambusa Guadua*. Bogota D.C.: Villegas Editores.
- Rodriguez Barreal, J. A. (1998). *Patologia de la madera*. Mundi-prensa.

- Villegas, M. (2003). *Guadua Arquitectura y Diseño*. Bogotá D. C., Colombia: Villegas Asociados S.A.

## Anexos

### **Fichas toma de datos**

En este análisis se obtuvieron muestras de *Guadua Angustifolia* Kunth, con la lesión de fotodegradación como lesión primaria y las que derivan de esta como son la fisuras, hongos e insectos, a continuación, se hace la descripción de cada una y su evaluación visual.

FICHA TECNICA		EVALUACIÓN VISUAL
<b>MUESTRA REFERENCIA</b>	Guadua Angustifolia Kunth con lesión de foto-degradación	
<b>NOMBRE:</b> GF1	N° de muestra: 1	
<b>CAUSA:</b> Directa - fisica (factores atmosféricos)	<b>AGRAVANTES:</b>  La lesión se agrava encuaneto siga expuesta a los rayos electromagnéticos del sol, trayendo consigo unas lesiones secundarias	
<b>TIPO DE LESIÓN:</b>  Primaria		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>  Muestra de guadua angustifolia con visible lesión de foto-degradación y demás lesiones derivadas de esta como pequeñas fisuras, manchas de un tono verde provenientes de la humedad a la que estuvo expuesta.		<b>LUGAR DE OBTENCIÓN:</b> Edificio Sindu, Universidad Nacional De Colombia
		<b>PREDIAGNOSTICO:</b> La lesion se dio por la sobre-exposicion al sol sin tener proteccion tanto del material, o si llego a ser parte de una estructura, con falta de aleros, etc.

FICHA TECNICA		EVALUACIÓN VISUAL
<b>MUESTRA REFERENCIA</b>	Guadua Angustifolia Kunth con lesión de fisura.	
<b>NOMBRE: GF2</b>	N° de muestra: 2	
<b>CAUSA:</b> Directa – mecánicas	<b>AGRAVANTES:</b>  La lesión se agrava a causa de que la sobre-exposición de la guadua al sol hace que se contraiga y genere lesiones de mayor diámetro.	
<b>TIPO DE LESIÓN:</b>  Secundarias		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>  Muestra de guadua angustifolia con lesión de fisura en la parte inferior con diámetro aproximado de 3mm afectando su nudo.		<b>LUGAR DE OBTENCIÓN:</b> Edificio Sindu, Universidad Nacional De Colombia
		<b>PREDIAGNOSTICO:</b> La lesion pudo haber dado tanto por la contraccion de esta o por sobre- carga que se haya hecho al elemento.

FICHA TECNICA		EVALUACIÓN VISUAL
<b>MUESTRA REFERENCIA</b>	Guadua Angustifolia Kunth con lesión de hongo	
<b>NOMBRE: GF3</b>	N° de muestra: 3	
<b>CAUSA: Directa - fisica</b>	<b>AGRAVANTES:</b>  La lesión se agrava mediante la causa de la humedad.	
<b>TIPO DE LESIÓN:</b>  Secundaria		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>  Muestra de guadua angustifolia con visible lesión hongo que se manifiesta por un crecimiento algodonoso en la superficie del área afectada. Presenta un color variando entre blanco y verdoso, se dan por estar expuestos humedad.		<b>LUGAR DE OBTENCIÓN:</b> Edificio Sindu, Universidad Nacional De Colombia
		<b>PREDIAGNOSTICO:</b> La lesion se pudo haber dado por la no protección de la humedad constructiva (por ejemplo goteras o humedad ascendente) o por la humedad del piso.

FICHA TECNICA		EVALUACIÓN VISUAL
MUESTRA REFERENCIA	Guadua Angustifolia Kunth con lesión de insectos.	
NOMBRE: GF4	N° de muestra: 4	
CAUSA: Directa - fisica	AGRAVANTES: La lesión se agrava mediante siga expuesta a los rayos electromagnéticos del sol, trayendo consigo unas lesiones secundarias	
TIPO DE LESIÓN: Secundaria		
DESCRIPCIÓN:  Muestra de guadua angustifolia con lesión en la parte inferior de la guadua causada por ataque de insectos con descomposición por la humedad.		<b>LUGAR DE OBTENCIÓN:</b> Edificio Sindu, Universidad Nacional De Colombia  <b>PREDIAGNOSTICO:</b> La lesion se pudo haber dado por La presencia del almidón y azucars en la planta que constituyen, indudablemente, el más importante factor de susceptibilidad de la guadua al ataque de los insectos.

## PROTOCOLO DE ENSAYOS.

1. Medición y peso de la probeta
2. Temperatura y humedad. Se puede ensayar a la humedad relativa del aire y la temperatura ambiente.
3. Velocidad de la aplicación de la carga, se sugiere q sea 0.01
4. Toma de muestras y almacenamiento
5. Rotulado y trazado en probetas: se deben cortar probetas para los diferente ensayos y se deben rotular adecuadamente (nombre de la probeta, Numera de la probeta, etc) para la completa identificación de cada probeta.
6. Informe del ensayo: este debe incluir:
  - Nombre y dirección del laboratorio, fecha del ensayo y nombre del responsable del ensayo.
  - Referencia de la NTC 5525 y a las normas nacionales aplicables.
  - Detalles de la probetas de ensayo.
  - Temperatura y humedad del aire del laboratorio.
  - Equipo utilizado y toda la información que pueda influir en el uso de los resultados del ensayo.
  - Resultados del ensayo incluyendo los valores de humedad y la densidad, las dimensiones antes del ensayo, los módulos y valores de resistencia, modo de falla.
  - Detalle sobre el tratamiento estadístico de los resultados del ensayo, incluyendo los métodos empleados y los resultados obtenidos.

- Datos sobre ajustes a un contenido de humedad de 12% si aplica.

#### 7. Contenido de humedad:

- procedimiento: las probetas de deben pesar con exactitud de 0,01 g y luego se deben secar en un horno a una temperatura de 103 grados centígrados más o menos 2 grados centígrados.
- después de 24 h se debe registrar la masa a intervalos regulares no inferiores a 2 h. se debe tener mucho cuidado para evitar todo cambio en el contenido de humedad durante el periodo entre el retiro del horno y las determinaciones posteriores de la masa.
- El secado se debe considerar terminado cuando la diferencia ente las determinaciones sucesivas de la mas no excede de 0,01 g

#### 8. Densidad

- instrumento de medición: con capacidad para determinar las dimensiones de las probetas con una exactitud de 0,1 mm
- Balanza: con una exactitud de 0,01g.
- Procedimiento: mida las dimensiones de las probetas con exactitud de 0.01mm y calcule el volumen o determínelo con un método adecuado (por ejemplo mediante inmersión), con una exactitud de 10 mm<sup>3</sup>. Realice este procedimiento en condición humedad (verde) o con el contenido de humedad durante el ensayo mecánico, según se requiera. Saque las probetas hasta obtener una más constante, pero hágalo gradualmente para minimizar la deformación y el fisurado, realice las operaciones de pesaje

inmediatamente después del secado, determinar la masa de las probetas con una exactitud de 0,01 g

9. Compresión. Es con el fin de determinar el esfuerzo último de compresión de las probetas.

- Equipo: los ensayos se deben realizar en una maquina adecuada para ellos.

Al menos una pletina de la maquina debe tener apoyo hemisférico para obtener una distribución uniforme de la carga en los extremos de la probeta.

- Preparación de las probetas:

- Las probetas se deben marcar con letras
- Los ensayos de compresión axial se deben llevar acabo en probetas sin nudo y en el caso de ensayos para investigación científica, existe libertad para determinar la longitud

10. Procedimiento

- la probeta se debe colocar de tal forma que el centro del cabezal móvil este verticalmente sobre el centro de la sección de la probeta,y se aplica inicialmete una carga pequeña, no mayor a 1kN para acomodar la probeta.

- La carga se debe aplicar continuamente durante el ensayo para hacer que el cabezal móvil de la maquina de ensayo se desplace a una velocidad constante de 0,01mm/s

- Se debe registrar la lectura final de la carga máxima a la cual falla la probeta.

Esta etapa de la investigación se evidencia los ensayos que se le realizaron a las probetas de guadua angustifolia y sus lesiones, es importante aclarar que estas probetas se sometieron únicamente a los esfuerzos admisibles requeridos que es de 14 Mpa por la NSR-10, esto con el fin de concretar si las guaduas aun con lesiones resisten estos esfuerzos.

FICHA TECNICA	FOTOGRAFIAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	FOTO ANTES DE LA PRUEBA
MUESTRA REFERENCIA: Guadua en buen estado.	
NOMBRE: GB	
Nº DE MUESTRA: 1	
TIPO DE LESION: buen estado, presenta dos fisuras.	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	FOTO DURANTE LA PRUEBA
DIMENSION: L:67mm D:95mm Di: 77mm g:9mm	
PESO PROBETA: 152 g	
PESO PROBETA SECA: 133 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA: 0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA: 134.4 kN, falla por las fisuras.	
EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros	
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede Ingenieria civil.	FOTO DESPUES DE LA PRUEBA
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

FICHA TÉCNICA	FOTOGRAFÍAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	FOTO ANTES DE LA PRUEBA
MUESTRA REFERENCIA: Guadua en buen estado.	
NOMBRE: GB	
Nº DE MUESTRA: 2	
TIPO DE LESION: buen estado.	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	
DIMENSION: L:117mm D:89mm Di: 75mm g:7mm	
PESO PROBETA: 164 g	
PESO PROBETA SECA: 145 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA: 0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA: +14 Mpa, no falla	
EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros	FOTO DESPUES DE LA PRUEBA
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

FICHA TÉCNICA	FOTOGRAFÍAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	FOTO ANTES DE LA PRUEBA
MUESTRA REFERENCIA: Guadua en buen estado	
NOMBRE: GB	
Nº DE MUESTRA: 3	
TIPO DE LESION:	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESIÓN PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	
DIMENSION: L:117mm D:104mm Di: 82mm g:11mm	
PESO PROBETA: 249 g	
PESO PROBETA SECA: 283 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA: 0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA: + 14 Mpa, No falla.	
EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros	FOTO DESPUES DE LA PRUEBA
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

## FICHAS DE LABORATORIO PROBETAS CON LESION POR FOTODEGRADACIÓN

FICHA TÉCNICA	FOTOGRAFÍAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	FOTO ANTES DE LA PRUEBA
MUESTRA REFERENCIA: Gusdus fotodegradada	
NOMBRE: GF	
Nº DE MUESTRA: 1	
TIPO DE LESION: Fotodegradacion, con fisuras y hongo.	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	
DIMENSION: L:12,5cm D:12,7cm Di: 10,1cm g:1,3cm	
PESO PROBETA:433 g	
PESO PROBETA SECA:385 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA:0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA:+14 Mpa, falla por medio de las fisuras,intenta sufrir aplastamiento.	
EQUIPO UTILIZADO:Prensa de compresion de cilindros	
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingeniería civil.	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

FICHA TECNICA	FOTOGRAFIAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	FOTO ANTES DE LA PRUEBA
MUESTRA REFERENCIA: Guadua fotodegradada	
NOMBRE: GF	
Nº DE MUESTRA: 2	
TIPO DE LESION: Fotodegradacion y hongo.	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	
DIMENSION: L:11,2cm D:11cm Di: 8,6cm g:1,2cm	
PESO PROBETA:282 g	
PESO PROBETA SECA:246g	
VELOCIDAD DE LA CARGA:0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA:+14 Mpa, por la presencia del hongo intenta sufrir aplastamiento.	
EQUIPO UTILIZADO:Prensa de compresion de cilindros	FOTO DESPUES DE LA PRUEBA
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA: la probeta sometida al esfuerzo soporte mas de los 14 Mpa, con una deformacion en el lado inferior por aplastamiento	

FICHA TÉCNICA	FOTOGRAFÍAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	<p data-bbox="1045 176 1268 197">FOTO ANTES DE LA PRUEBA</p> 
MUESTRA REFERENCIA: Guadua con hongos	
NOMBRE: GF	
Nº DE MUESTRA: 3	
TIPO DE LESION: Hongos y fotodegradacion	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	<p data-bbox="1045 722 1268 743">FOTO DURANTE LA PRUEBA</p> 
DIMENSION: L:13,5m D:13,5cm Di: 9,9cm g:1,8cm	
PESO PROBETA: 317 g	
PESO PROBETA SECA: 435 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA: 0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA: +14MPa, no presenta daño alguno.	
EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros	<p data-bbox="1045 1346 1268 1367">FOTO DESPUES DE LA PRUEBA</p> 
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

## FICHAS DE LABORATORIO PROBETAS CON LESIÓN POR FISURAS

FICHA TÉCNICA	FOTOGRAFÍAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	FOTO ANTES DE LA PRUEBA
MUESTRA REFERENCIA: Guadua con fisuras	
NOMBRE: GFs	
Nº DE MUESTRA: 1	
TIPO DE LESION: fisuras	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	FOTO DURANTE LA PRUEBA
DIMENSION: L:96mm D:102mm Di: 76mm g:13mm	
PESO PROBETA: 257 g	
PESO PROBETA SECA: 226 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA: 0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA: 14 Mpa, las fisuras que presentan se agrietan mas, se crean nuevas microfuras.	
EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros	
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingeniería civil.	FOTO DESPUES DE LA PRUEBA
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

FICHA TECNICA	FOTOGRAFIAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	<p data-bbox="971 157 1177 178">FOTO ANTES DE LA PRUEBA</p> 
MUESTRA REFERENCIA: Guedua con fisuras	
NOMBRE: GPs	
Nº DE MUESTRA: 2	
TIPO DE LESION: Fisuras	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	<p data-bbox="971 661 1177 682">FOTO DURANTE LA PRUEBA</p> 
DIMENSION: L:10cm D:10cm Di: 8 cm g:1 cm	
PESO PROBETA: 230 g	
PESO PROBETA SECA: 202 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA: 0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA: + 14 Mpa, sus fisuras se agrietan mas, intenta sufrir aplastamiento.	<p data-bbox="971 1207 1177 1228">FOTO DESPUES DE LA PRUEBA</p> 
EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros	
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

FICHA TECNICA	FOTOGRAFIAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	<p data-bbox="997 184 1219 205">FOTO ANTES DE LA PRUEBA</p> 
MUESTRA REFERENCIA: Guadua con fisuras	
NOMBRE: GFs	
Nº DE MUESTRA: 3	
TIPO DE LESION: fisuras	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	<p data-bbox="997 724 1219 745">FOTO DURANTE LA PRUEBA</p> 
DIMENSION: L:115mm D:120mm Di: 98mm g:11mm	
PESO PROBETA:376 g	
PESO PROBETA SECA:330 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA:0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA: +14MPa, sus fisuras se agrietan mas creando fisuras de gravedad, intenta sufrir aplastamiento.	
EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros	<p data-bbox="997 1344 1219 1365">FOTO DESPUES DE LA PRUEBA</p> 
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede Ingenieria civil,	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

## FICHAS DE LABORATORIO PROBETAS CON LESION POR HONGOS

FICHA TECNICA	FOTOGRAFIAS
<p>REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525</p>	<p>FOTO ANTES DE LA PRUEBA</p>
<p>MUESTRA REFERENCIA: Guadua con hongos</p>	
<p>NOMBRE: GH</p>	
<p>Nº DE MUESTRA: 1</p>	
<p>TIPO DE LESION: Hongos.</p>	
<p>ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP</p>	
<p>DIMENSION: L:10cm D:10cm Di: 8,2cm g:0,9cm</p>	
<p>PESO PROBETA: 272 g</p>	
<p>PESO PROBETA SECA: 227 g</p>	
<p>VELOCIDAD DE LA CARGA: 0,01 m/s</p>	
<p>PUNTO DE FALLA: +14MPa, se agrieta por donde habia fisuras, salen nuevas fisuras e intenta fallar por aplastamiento.</p>	
<p>EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros</p>	
<p>NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.</p>	
<p>NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama</p>	
<p>TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:</p>	
<p>DESCRIPCION DE LA PRUEBA:</p>	

TICIA TÉCNICA	FOTOGRAFÍAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	FOTO ANTES DE LA PRUEBA
MUESTRA REFERENCIA: Guadua con hongos	
NOMBRE: GH	
Nº DE MUESTRA: 2	
TIPO DE LESION: Hongos.	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	
DIMENSION: L:10,4cm D:10,4cm Di: 8,6cm g	
PESO PROBETA: 162 g	
PESO PROBETA SECA: 132 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA: 0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA: 63.6 Kn, falla totalmente por cause del hongo y la pudricion.	
EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros	FOTO DESPUES DE LA PRUEBA
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

FICHA TECNICA	FOTOGRAFIAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	<p data-bbox="987 310 1182 331">FOTO ANTES DE LA PRUEBA</p> 
MUESTRA REFERENCIA: Guadua con hongos.	
NOMBRE: GH	
Nº DE MUESTRA: 3	
TIPO DE LESION: Fotodegradacion, microfisuras, hongo.	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	<p data-bbox="987 783 1182 804">FOTO DURANTE LA PRUEBA</p> 
DIMENSION: L:12cm D:12,1cm Di: 9,9cm g:1,1cm	
PESO PROBETA:346 g	
PESO PROBETA SECA:289 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA:0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA:108,4 kN, Aplatamiento	
EQUIPO UTILIZADO:Prensa de compresion de cilindros	
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	<p data-bbox="987 1304 1182 1325">FOTO DESPUES DE LA PRUEBA</p> 
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	

## FICHAS DE LABORATORIO PROBETAS CON LESION POR INSECTOS

FICHA TECNICA	FOTOGRAFIAS
<p><b>REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525</b></p>	<p><b>FOTO ANTES DE LA PRUEBA</b></p>
<p><b>MUESTRA REFERENCIA:</b> Guadua con insectos</p>	
<p><b>NOMBRE:</b> GI</p>	
<p><b>Nº DE MUESTRA:</b> 1</p>	
<p><b>TIPO DE LESION:</b> Insectos.</p>	
<p><b>ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10:</b> 14MP</p>	
<p><b>DIMENSION:</b> L:11cm D:11cm Di: 8,6cm g:1,2cm</p>	
<p><b>PESO PROBETA:</b>418 g</p>	
<p><b>PESO PROBETA SECA:</b> 376 g</p>	
<p><b>VELOCIDAD DE LA CARGA:</b>0,01 m/s</p>	
<p><b>PUNTO DE FALLA:</b>+14 Mpa, no presenta falla significativa, se presenta perdida del material por donde habia espacio de insectos.</p>	
<p><b>EQUIPO UTILIZADO:</b>Prensa de compresion de cilindros</p>	
<p><b>NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO:</b> Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.</p>	
<p><b>NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO:</b> Carolina Valderrama</p>	
<p><b>TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:</b></p>	
<p><b>DESCRIPCION DE LA PRUEBA:</b></p>	

FICHA TECNICA	FOTOGRAFIAS
REQUERIMIENTOS SEGÚN LA NTC 5525	FOTO ANTES DE LA PRUEBA
MUESTRA REFERENCIA: Guadua con insectos	
NOMBRE: GI	
Nº DE MUESTRA: 3	
TIPO DE LESION: Insectos y microfisuras.	
ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESION PARALELA SEGÚN LA NSR-10: 14MP	
DIMENSION: L:13cm D:13,1cm Di: 10,7cm g:1,2cm	
PESO PROBETA: 522 g	
PESO PROBETA SECA: 468 g	
VELOCIDAD DE LA CARGA: 0,01 m/s	
PUNTO DE FALLA: +14 Mpa, intenta presentar falla por donde habia ataque de insecto, presentando agrietamiento.	
EQUIPO UTILIZADO: Prensa de compresion de cilindros	FOTO DESPUES DE LA PRUEBA
NOMBRE Y DIRECCION DEL LABORATORIO: Laboratorio de suelos y pavimentos. Sede ingenieria civil.	
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL ENSAYO: Carolina Valderrama	
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL LABORATORIO:	
DESCRIPCION DE LA PRUEBA:	