

**PREVENCIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH
EN UN SISTEMA CONSTRUCTIVO APORTICADO**

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA GRÁFICA PARA LA PROTECCIÓN POR
DISEÑO**

Julian Ricardo Goyeneche Montenegro, Nicolás Castro Reyes



Tecnología en Construcciones Arquitectónicas, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

Junio de 2020

**Prevención de la degradación de la guadua angustifolia Kunth en un sistema constructivo
aporticado**

Desarrollo de una herramienta gráfica para la protección por diseño

Julian Ricardo Goyeneche Montenegro, Nicolás Castro Reyes

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Tecnólogo en
Construcciones Arquitectónicas**

Arq. Melisa Gálvez Bohórquez, Directora de proyecto



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Tecnología en Construcciones Arquitectónicas, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

Junio de 2020

Dedicatoria

Dedico este proyecto de grado primeramente a mis padres, quienes siempre me apoyaron y acompañaron en este proceso académico y estuvieron pendientes de mi evolución académica y profesional durante el tiempo transcurrido hasta el día de hoy, también a los profesores de la Universidad La Gran Colombia por brindarme los conocimientos que hoy en día me hacen profesional, además de su apoyo incondicional en el proceso académico y ético durante la carrera, a mis amigos durante toda la carrera que me aportaron gratos momentos de inicio a fin y su apoyo incondicional para finalizar la carrera.

Julian Goyeneche

Dedico este proyecto de grado primeramente a Dios, por guiarme en cada paso que doy y por permitirme el haber llegado hasta este punto de mi formación académica. Así mismo a mis padres Alexandra Reyes y Alex Castro, quienes a lo largo de mi vida me han orientado y han sido de vital apoyo para mi desempeño, depositando siempre su entera confianza en cada reto que la vida me coloca. De igual manera, a la Universidad La Gran Colombia y en especial a cada uno de mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos y de los cuales a diario me impulsaron a perseverar y entregar lo mejor de mi para que se llevara a cabo el desarrollo de este proyecto.

Nicolás Castro

Agradecimientos

Total, agradecimiento a los docentes de la Facultad de Arquitectura, Liliana Patiño y Melisa Gálvez por su incondicional apoyo durante el proceso de proyecto de grado, por sus aportes tanto académico como profesional. Al docente Jorge Cárdenas por guiarnos dentro del entorno académico para ser mejores cada día. A la profesora Olga Vanegas por sus aportes académicos con respecto al tema del proyecto. A los amigos que nos apoyaron moralmente y que confiaban en nosotros para sacar adelante este proyecto. A nuestros padres por siempre apoyarnos en el ámbito moral, económico y académico.

Tabla de contenido

Resumen.....	10
Abstract.....	11
1 Introducción	12
2 Problema	15
3 Justificación	17
4 Objetivos.....	19
4.1 Objetivo general.....	19
4.2 Objetivos Específicos	19
5 Marco Teórico.....	20
5.1 Control de Calidad.....	20
5.1.1 Cultivo y Selección	21
5.1.2 Características.....	22
5.1.3 Corte, preservación y tratamientos	24
5.2 Afectaciones.....	29
5.2.1 Agentes bióticos.....	31
5.2.2 Agentes abióticos.....	32
5.3 Protección por diseño.....	34
5.3.1 Mantenimiento	38
6 Estado del arte.....	39

6.1	Elementos constructivos	40
6.2	Uniones	41
6.3	Sistemas constructivos	48
6.4	NSR-10 Título G – Estructuras de madera y estructuras de Guadua.....	55
7	Metodología	58
7.1	Fases	61
7.1.1	Fase I: Planteamiento del problema	61
7.1.2	Fase II: Recolección de la información.....	62
7.1.3	Fase III: Recolección de análisis	63
7.1.4	Fase IV: Diseño de guía teórica-gráfica.....	64
7.2	Recursos.....	64
8	Planteamiento general de la Guadua Angustifolia Kunth.....	66
9	Procesos de Degradación	74
10	Protección por diseño.....	83
	Conclusiones y Recomendaciones	105
	Lista de Referencias	107
	Anexos	111

Lista de Tablas

Tabla 1 Índice de vulnerabilidad de la guadua expuesta al cambio climático en Ecuador.....	16
Tabla 2 Aplicaciones finales del bambú por tipo de preservativo	28
Tabla 3 Preservativos utilizados de acuerdo a la aplicación final del bambú.....	28
Tabla 4 Índice de vulnerabilidad de la caña guadua	30
Tabla 5 Riesgos y tratamientos para la madera	37
Tabla 6 Especificaciones técnicas de la cimentación aislada	91
Tabla 7 Especificaciones técnicas de muros y contrapiso	96
Tabla 8 Especificaciones técnicas de corte fachada	102

Lista de Figuras

Figura 1 Guadua no apta y apta para uso estructural	21
Figura 2 Guadua sobre madura y afectada por aves e insectos.....	22
Figura 3 Valores de elasticidad y resistencia de la Guadua Angustifolia Kunth.....	23
Figura 4 Preservación por inmersión de la guadua.....	27
Figura 5 Detalle de columnas de guadua en sobrecimiento.....	36
Figura 6 Detalle de protección de las columnas de guadua de las escorrentías.....	36
Figura 7 Elaboración de esterilla	41
Figura 8 Recomendación uniones estructurales.....	42
Figura 9 Unión de elementos estructurales de guadua.....	43
Figura 10 Unión de dos elementos estructurales de guadua	44
Figura 11 Unión de elementos estructurales con perno	46
Figura 12 Uniones diagonales de elementos estructurales	47
Figura 13 Distribución del bahareque encementado.....	49
Figura 14 Características de la vivienda de bahareque moderna y bien diseñada	51
Figura 15 Sistema constructivo tendinoso	53
Figura 16 Construcción de un pórtico en guadua	54
Figura 17 Guadua no apta para uso estructural.....	67
Figura 18 Corte de los culmos de la guadua.....	68
Figura 19 Preservación por avinagrado de la guadua	69
Figura 20 Preservación por inmersión de la guadua.....	70
Figura 21 Preservación por presión de la guadua	71
Figura 22 Secado natural de la guadua	72

Figura 23 Almacenamiento de la guadua.....	73
Figura 24 Clasificación de las lesiones de la guadua.....	75
Figura 25 Lesiones derivadas de otras lesiones	77
Figura 26 Foto-degradación de la guadua.....	78
Figura 27 Agrietamiento de la guadua.....	79
Figura 28 Hongos, moho y pudrición de la guadua	80
Figura 29 Ataque de insectos	81
Figura 30 Clasificación de la protección por diseño a trabajar y estudiar	83
Figura 31 Generalidades de la protección por diseño de la guadua.....	85
Figura 32 Altura del sobrecimiento para la construcción en guadua.....	86
Figura 33 Dimensiones de la cimentación según tipo de suelo	87
Figura 34 Tipos de cimentaciones para construcción en guadua.....	88
Figura 35 Aspectos constructivos de la cimentación aislada.....	90
Figura 36 Detalle de cimentación	90
Figura 37 Clasificación de los usos según nivel de calidad del culmo de guadua.....	92
Figura 38 Aspectos constructivos del culmo de guadua.....	93
Figura 39 Protección por diseño de los muros de la vivienda en guadua	94
Figura 40 Detalle de muros y contrapiso	96
Figura 41 Generalidades de la cubierta en guadua	97
Figura 42 Entramado y recubrimiento de la cubierta en guadua	99
Figura 43 Recomendaciones de los recubrimientos de la cubierta en guadua.....	101
Figura 44 Detalle en corte fachada	103
Figura 45 Aspectos generales de protección por diseño.....	104

Resumen

El material de obtención natural *Guadua Angustifolia Kunth*, proveniente de la familia del bambú, se ha utilizado para la construcción de viviendas, muebles, utensilios, decoración, entre otros, y que a lo largo de la historia ha sido efectivo a la hora de su utilización, sin embargo, este material presenta dificultades en su composición física, química y mecánica cuando se está expuesto a diferentes factores negativos tanto patológicos como de su incorrecto uso en el caso correspondiente.

Cuando el material se utiliza de manera incorrecta en los procesos de cultivo, corte, secado, preservación, almacenamiento y construcción, la calidad de vida de las viviendas se verá reducida y para evitar esto se debe tener en cuenta la protección por diseño a la hora de la construcción de la misma, a pesar de ello, el conocimiento de la protección por diseño en un caso específico o general pasa desapercibido. Por este motivo la consolidación del presente trabajo de investigación consta de la realización de una herramienta gráfica y didáctica que ayude a evidenciar los diferentes procesos de uso correcto e incorrecto a la hora de la construcción de una vivienda de un nivel de altura en *Guadua Angustifolia Kunth*.

Palabras claves: *Guadua Angustifolia Kunth*, protección por diseño, mantenimiento de la guadua, sistema constructivo aporticado, procesos de degradación.

Abstract

The natural source material *Guadua Angustifolia* Kunth, from the bamboo family, has been used for the construction of houses, furniture, utensils, decoration, among others, and that throughout history has been effective when it comes to its use, however, this material presents difficulties in its physical, chemical and mechanical composition when it is exposed to different negative factors both pathological and its incorrect use in the case corresponding.

When the material is used incorrectly in the processes of cultivation, cutting, drying, preservation, storage and construction, the quality of life of the houses will be reduced and to avoid this must be taken into account the protection by design at the time of the construction of the same, despite this, the knowledge of the protection by design in a specific or general case goes unnoticed. For this reason the consolidation of this research work consists of the realization of a graphic and didactic tool that helps to evidence the different processes of correct and incorrect use when building a house of a height level in *Guadua Angustifolia* Kunth.

Keywords: *Guadua Angustifolia* Kunth, protection by design, maintenance of the guadua, contributed constructive system, degradation processes.

1 Introducción

La Guadua Angustifolia Kunth es una especie de la familia del bambú y cuenta con grandes ventajas que la hacen útil para su uso en la construcción, debido a su buena resistencia a compresión, bajo precio económico, es un material biodegradable y a su vez, ayuda a mitigar la erosión del medio ambiente. Sin embargo, también posee grandes desventajas que degradan sus propiedades y están representadas por la exposición a la intemperie, el mal cuidado desde su cultivo hasta su uso en la construcción y las lesiones (patologías) presentadas por ser un material de obtención natural. Las lesiones pueden ser bióticas o abióticas y afectan gravemente la composición de la Guadua y así mismo su utilización en la construcción.

El presente trabajo de grado trata las diferentes afectaciones que degradan el material que se pueden presentar en el sistema constructivo del mismo y las recomendaciones adecuadas teniendo en cuenta la protección por diseño. Además, se mencionará la obtención, cortes, usos, características, lesiones, y como se ha mencionado anteriormente, las recomendaciones adecuadas para evitar el deterioro de la Guadua. Una de las principales razones para realizar el mantenimiento al material se ven representadas por las lesiones que se desarrollan en el mismo, teniendo en cuenta que se pueden presentar bajo distintos parámetros de acuerdo a la exposición. La existencia de las lesiones crea diferentes procesos de degradación, en algunos casos, se observan manchas, agrietamientos, agujeros, entre otros.

En Colombia la Guadua ha tenido una gran acogida en el ámbito de la construcción ya que es muy eficiente para las edificaciones de bajo costo, teniendo en cuenta que es un recurso natural, renovable y amigable con el medio ambiente. Además, la maniobrabilidad es extensa ya que se puede cortar las piezas o elementos estructurales de acuerdo a lo necesario. La construcción en Guadua *Angustifolia Kunth*, como material en sí y como se ha mencionado anteriormente tiene grandes ventajas y desventajas, sin embargo, a pesar de que ha tenido gran acogida en el ámbito de la construcción, en muchas ocasiones no se tiene en cuenta la protección por diseño y esto afecta negativamente la vida útil de la edificación y/o estructura construida con este material y así mismo la calidad de vida de quién la habita.

La calidad de la vida útil de la Guadua *Angustifolia Kunth* ya sea en construcciones de viviendas y/o demás aplicaciones como se ha mencionado anteriormente tiene una relación directa con el personal capacitado o no en dicho material, ya que esto influye en un correspondiente proceso correcto y completo para el buen funcionamiento de la composición física, química y mecánica de la Guadua. Además, el conocimiento de todo el proceso de cultivo, corte, secado, preservación y demás procesos necesarios para el buen funcionamiento son de vital importancia para evitar una futura lesión. En el presente documento se evidenciará lo relacionado con lo mencionado anteriormente, desde el proceso de su cultivo hasta ya puesta en construcción, también de lo que se evita en concreto para que el material no reaccione de forma negativa y falle, como lo menciona (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016) que los elementos estructurales de la Guadua *Angustifolia Kunth* se deben proteger de la humedad y así mismo evitar las lesiones por hongos o pudrición.

Tal como lo menciona (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016) las columnas no pueden tener un contacto directo con el suelo natural, esto quiere decir que no pueden estar sobre o enterradas en el mismo, así mismo, de la manera correcta y para que tenga un buen funcionamiento se debe aislar del suelo por medio de cimiento o sobrecimiento debidamente impermeabilizado para que no transfiera la humedad a las columnas de la Guadua Angustifolia Kunth. Así mismo, se debe tener en cuenta estos aspectos para una buena consolidación de la vivienda tal como los elementos constructivos, uniones, sistemas constructivos y las debidas normas a aplicar para lograr lo mencionado anteriormente.

2 Problema

La Guadua *Angustifolia* Kunth es un material de construcción de obtención natural de la familia del bambú, por tal motivo sufre diferentes desventajas en su composición física, mecánica y química a partir desde el momento de su cultivo hasta su aprovechamiento o uso en la construcción. Las diferentes afectaciones de este material se pueden dividir en dos categorías representados en los agentes bióticos y abióticos; el primero se refiere a aquellos agentes de origen biológico como los hongos, el moho, la pudrición y el ataque de insectos. Los abióticos se refieren a aquellos causados por la exposición a la foto-degradación, la humedad relativa, el fuego y los sobre esfuerzos mecánicos.

En base con los problemas relacionados con los agentes bióticos y abióticos, cada uno de ellos producido por sus correspondientes actores a la hora de afectar la composición física, mecánica y química de la guadua, hay ciertas condiciones para que estos se desarrollen o se accionen en cualquier momento del cultivo hasta el uso del culmo del material. En el caso de los agentes bióticos, se debe tener en cuenta la temperatura, la humedad, fuente de alimento y oxígeno (Barreto & Gutiérrez, 2018).

Temperatura: entre 3 a 50°C.

Temperatura óptima: 37°C

Humedad: entre el 20% y 140%

<20% no hay desarrollo. >140% no hay oxígeno y desarrollo

El cambio climático es uno de los factores influyentes en las afectaciones negativas en la guadua y está ligado a los agentes abióticos. Dichos factores, presentados como la temperatura, los vientos, deslizamientos, entre otros, producen una vulnerabilidad en la guadua debido a los cambios abruptos que pueden provocar la aparición de nuevas plagas y enfermedades en el caso de la temperatura, mientras que en el factor de los vientos influye en el manejo a la hora del corte y/o secado ya que puede ocasionar el daño mecánico del material (Añazco, 2013).

Vulnerabilidad alta: 0.0 – 0.45

Vulnerabilidad media: 0.45 – 0.75

Vulnerabilidad baja: 0.75 – 1.0

Tabla 1

Índice de vulnerabilidad de la guadua expuesta al cambio climático en Ecuador

Atributos	Incremento del nivel del mar	Temperatura	Precipitación	Vientos	Deslizamientos	Incendios	Eventos extremos	Índice de vulnerabilidad X
Ecosistemas								
Rodal natural	0.76	0.68	0.66	0.67	0.64	0.47	0.61	0.64
Plantación	0.76	0.65	0.60	0.62	0.64	0.45	0.54	0.61
Sistema agroforestal	0.77	0.66	0.60	0.62	0.61	0.51	0.56	0.62
Plantas dispersas	0.60	0.54	0.54	0.52	0.55	0.48	0.48	0.53
X	0.72	0.63	0.60	0.61	0.61	0.48	0.55	0.6

Nota. La tabla representa el índice de vulnerabilidad de la guadua expuesta a diferentes factores del cambio climático en Ecuador. Se encuentra en una vulnerabilidad media 0.60 con respecto al cambio climático en Ecuador. Tomado de “Estudio de Vulnerabilidad del Bambú (*Guadua Angustifolia*) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte de Perú” por M. Añazco, 2013.

(https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu.pdf)

3 Justificación

Se parte del hecho de que la guadua tiene desventajas en su composición física, mecánica y química, y que esto provoca el mal funcionamiento del material en sí, en consecuencia, se observan procesos de degradación como la humedad, agrietamientos, manchas, hongos, moho, aparición de insectos que afectan seriamente la composición física de la guadua, daños en la pared superficial del material, exposición a la intemperie, pérdida de color, pérdida de sus propiedades mecánicas, físicas y químicas. Todas estas consecuencias mencionadas anteriormente se exponen gracias a los efectos negativos de las diferentes patologías existentes.

La importancia de la realización de este proyecto se basa en la construcción sostenible en la actualidad y el cómo se preservan a lo largo de los años estas construcciones con el material predominante del proyecto, específicamente la guadua *angustifolia* Kunth. Dentro del contexto de la importancia de este material de investigación también se basó en las patologías presentadas por medio de la protección por diseño de la guadua, esto, con el fin de preservar la vida útil del material del proyecto de investigación. Los beneficios, ya sean de carácter directo o indirecto, se basan en las características del material.

Dentro del contexto investigativo del proyecto se basan en fomentar ese conocimiento adquirido por medio de estudios ya realizados, la recopilación de datos e información para mejorar la utilización de la guadua con respecto a la protección por diseño. Además de contar con información legible en los aspectos teórico-gráficos. Con respecto al aporte de este proyecto

de investigación se centra en promover el conocimiento teórico y gráfico mediante una guía didáctica de las recomendaciones por protección de diseño, dirigida a la población que requiera esta información para la correcta utilización de la guadua en edificaciones del sistema constructivo aporticado de un nivel de altura.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

- Establecer las recomendaciones de protección por diseño en las construcciones del sistema constructivo aporticado de un nivel de altura elaboradas en Guadua Angustifolia Kunth partiendo desde un planteamiento general hasta los procesos de degradación que afectan el material, mediante una herramienta teórica-gráfica basada en fuentes de información

4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las diferentes patologías ocasionadas por los procesos de degradación que se presentan en la Guadua Angustifolia Kunth, por medio de información basada de la degradación del material
- Proponer las diferentes recomendaciones existentes de la protección por diseño en construcciones del sistema constructivo aporticado de un nivel de altura en Guadua Angustifolia Kunth mediante gráficos e ilustraciones
- Desarrollar una guía teórica-gráfica que permita identificar y comprender las patologías presentadas y las recomendaciones de protección por diseño en el sistema constructivo para evitar el deterioro de la Guadua Angustifolia Kunth y preservar la vida útil de la misma

5 Marco Teórico

El bambú tiene más de 1.200 especies y una de ellas es la Guadua (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016), esta crece en la mayoría de los continentes, el único continente que no se puede cultivar es en Europa, pero es el continente que más la usa, en Colombia donde se encuentran la mayoría de construcciones de guadua es en la zona cafetera y sus alrededores, además de esto la guadua es un material biodegradable por lo cual no emite ninguna contaminación. La guadua es un género muy común tanto en Centro América como en Sur América, contando con un aproximado de 32 especies (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016), no obstante, la Guadua Angustifolia Kunth, originaria de Colombia, Perú y Ecuador tiene grandes beneficios como los económicos ya que con este material no se construye en relación con los materiales convencionales, aunque es necesario tener ciertos cuidados especiales ya que la guadua se puede ver afectada por distintas patologías.

5.1 Control de Calidad

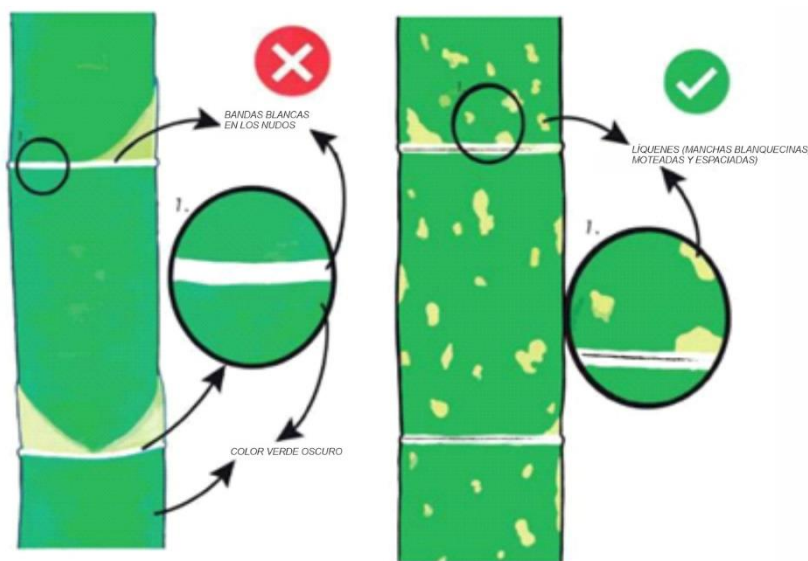
Es necesario el conocimiento de los diferentes procesos a tener en cuenta a la hora de utilizar la guadua como un elemento de construcción, es de vital importancia que los métodos de conservación, secado y almacenamiento sean aplicados y utilizados de la forma correcta para prolongar la vida útil de la guadua (Cadena , 2018).

5.1.1 Cultivo y Selección

Según (Salas , 2006) el proceso de cultivo de la guadua consta de dos maneras; la sexual, la cual es la semilla nuevamente en germinación, en cambio la asexual consta de la replantación por medio de partes de la planta. Luego de tres años la guadua llega a una altura aproximada de 5 a 7 metros con diámetros de 4-6 cm, pero en esta etapa, de 3 a 6 años, esta alcanza alturas aproximada entre 12 y 15 metros con diámetros entre 9 y 11 cm. Además, (Cadena , 2018), en su Guía didáctica para diseño y construcción de estructuras de guadua (GaK) y otros bambúes, indica una característica en especial a la hora de escoger una guadua apta para la utilización en la construcción.

Figura 1

Guadua no apta y apta para uso estructural

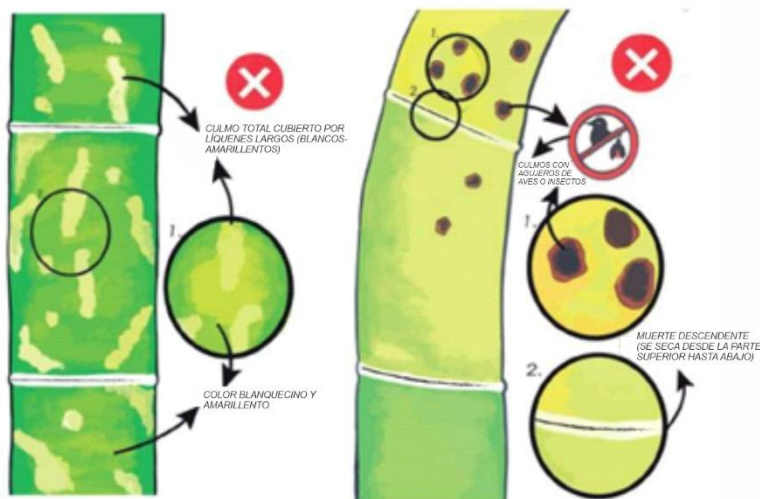


Nota. La figura representa características visibles de una guadua no apta (izquierda) y una guadua apta (derecha) para el uso estructural. Tomado de “Guía didáctica para Diseño y Construcción de estructuras de Guadua (GaK) y otros bambúes” por D. Cadena, 2018.

https://www.researchgate.net/publication/332530607_Guia_Didactica_para_Diseño_y_Construcción_de_Estructuras_de_Guadua_GaK_y_otros_Bambues

Figura 2

Guadua sobre madura y afectada por aves e insectos



Nota. La figura representa las características visibles de una guadua sobre madura (izquierda) y una guadua atacada por aves e insectos (derecha). Tomado de “Guía didáctica para Diseño y Construcción de estructuras de Guadua (GaK) y otros bambúes” por D. Cadena, 2018.

[https://www.researchgate.net/publication/332530607 Guia Didactica para Diseno y Construccion de Estructuras de Guadua GaK y otros Bambues](https://www.researchgate.net/publication/332530607_Guia_Didactica_para_Disenio_y_Construccion_de_Estructuras_de_Guadua_GaK_y_otros_Bambues)

La selección de la guadua *angustifolia* Kunth se define por las manchas de color blanco que se forman en los culmos de la misma, esta solo puede tener esta característica para ser utilizada de manera estructural en la construcción en guadua como se aprecia en las imágenes anteriores de (Cadena , 2018).

5.1.2 Características

Las características de la guadua *angustifolia* Kunth como material de construcción tiene grandes ventajas ya que este material cuenta con gran flexibilidad el cual ayudará en caso de sismo ya que no es un material rígido como el concreto, una ventaja que tienen las estructuras en guadua es que las reparaciones son más fáciles de hacer puesto que se puede colocar un refuerzo

o se cambiara la pieza afectada, la guadua también puede ser combinado con materiales como el mortero para darle más resistencia y también con elementos metálicos. Esto deja ver como la guadua es mejor que otros sistemas constructivos, este material es llamado el acero vegetal en la construcción. Además, las propiedades físico-mecánicas se miden por las normas colombianas como la NTC 5525 en (ICONTEC, 2007). Según (Salas , 2006) presenta valores de elasticidad y resistencia a comparación con otros materiales y se da en la siguiente gráfica:

Figura 3

Valores de elasticidad y resistencia de la Guadua Angustifolia Kunth

Unidades en kg/cm ²	Módulo de elasticidad a tracción	Módulo de elasticidad a compresión	Módulo de elasticidad a flexión
MATERIAL			
Guadua	190.000	184.000	179.000
Otras maderas	Entre 90.000 y 180.000	Entre 96.000 y 169.000	Entre 108.000 y 128.000

En el caso del bambú las propiedades mecánicas dependen de las características físicas del material que en particular sea utilizado construcción y no corresponden a valores absolutos o comparables con otras muestras, ya que las condiciones varían notablemente. Estos gráficos corresponden sólo a un esquema comparativo general ya que casi siempre, para un mismo material sus resistencias pueden variar.

Unidades en kg/cm ²	Resistencia a Tracción	Resistencia a Compresión		Resistencia a Flexión
		Perpendicular a la fibra	Paralelo a la fibra	
MATERIAL				
Guadua	430	560	650	740
Aliso	108	68	357	460
Arboloco	Entre 500 y 1500	132	405	390
Otras maderas	1.000	Entre 50 y 144	400	Entre 500 y 720

Nota. La figura representa los valores de elasticidad y resistencia a tracción, compresión y flexión de la Guadua Angustifolia Kunth comparada con otros tipos de maderas. Tomado de “Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia: Simón Vélez: símbolo y búsqueda de lo primitivo” por E. Salas, 2006. (<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93442>)

La estructura de la guadua se compone por el parénquima, el cual es el tejido de enlace, tubos cribosos (haz vascular) y fibra. Además, la parte externa tiene una corteza fuerte como la epidermis, esta cumple la función de evitar ciertas filtraciones o paso de agua o humedades, o algo que la pueda afectar.

5.1.3 Corte, preservación y tratamientos

Según (Salas , 2006) la edad apropiada para el corte de la guadua está entre los 2 y 6 años, puesto que es la edad promedio de vida del culmo, de esta edad en adelante la planta pierde resistencia. Además, da a conocer proceso de preservación después del corte de la guadua, el cual consiste en colocar el material al aire libre de forma horizontal, con una zanja debajo de él, aproximadamente a una distancia de 30 a 50 cm y con calor.

La existencia de diferentes preservantes químicos de la guadua ayudan a dar una mayor durabilidad de su composición físico-mecánica, pero no siempre son del todo efectivos. Según el estudio realizado por (Salazar & Díaz, 1997) se indica que la parte basal requiere de un mayor mantenimiento debido a la capacidad de absorción de la misma con respecto al inmunizante aplicado. Además, existen dos tipos de preservantes químicos; los hidrosolubles son aquellos que se pueden disolver en el agua, los más comunes son el bórax y el ácido bórico; por otro lado, están los oleo solubles que son aquellos solubles en aceites o derivados del petróleo.

- El método de preservación por avinagrado es natural ya que consiste en la aplicación en la plantación después del corte, sin el uso de ningún aditivo, este, consiste en básicamente en la colocación de la guadua con hojas y ramas, puestas de manera vertical sobre otras guaduas que no estén cortadas, esto se hace aproximadamente en un tiempo de 3 semanas. Con este método se logra la reducción de almidón, azúcar y humedad de la guadua con el fin de evitar ataque de insectos y/o hongos. (Cadena , 2018)

- El proceso de preservación a base de calor consiste en la colocación de las guaduas a una distancia aproximada de 30 a 40 centímetros de una excavación con brasas en el fondo. Las guaduas se giran constantemente para no quemarlas.
- Otro proceso de preservación después del corte es el llamado por inmersión de agua, que consta de sumergir la guadua cortada en un río o un estanque, en un tiempo que no pase las 4 semanas, luego se dejará secar respectivamente, pero, este proceso no es tan efectivo debido a la pérdida de resistencia y aparición de manchas.

Con la guadua se pueden construir variedad de edificaciones como viviendas, pabellones, iglesias, bibliotecas, restaurante entre otros, la guadua minimiza los gases de CO₂, también genera más de 35% de oxígeno. La guadua presenta un gran campo de afectación ya que puede ser afectada por muchos factores entre ellos está la foto degradación la cual juega un papel importante en el material ya que gracias a esto sufre grandes afectaciones y lesiones, otro factor de daño también es los insectos puesto que hay mucho que interrumpen en ellas, dependiendo del clima y el recubrimiento que se coloque en la guadua puede darse humedad dañando la misma.

Con respecto a los tratamientos que se presentan en la guadua son de diferentes tipologías, y una de las más importantes se refiere a los insectos y hongos que afectan seriamente en la composición de la guadua.

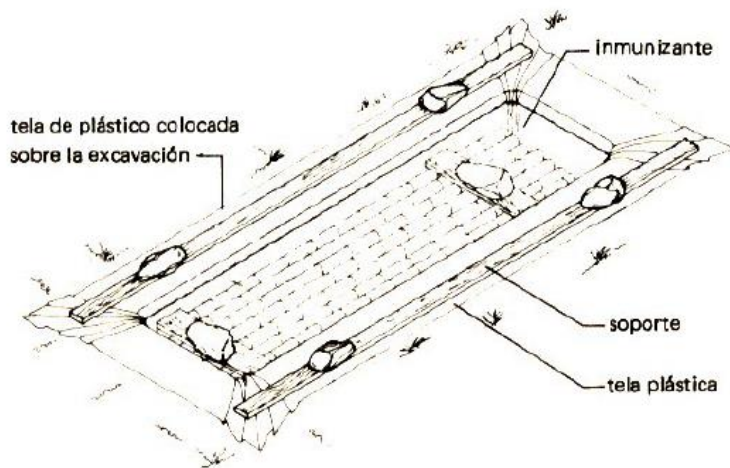
Según (Hidalgo, s.f.) en su manual de construcción con bambú, se deben tratar con productos químicos insecticidas (insectos) y fungicidas (hongos) para evitar la propagación de

estos. Estos productos químicos no pueden presentar inconvenientes que afecten la composición física y química de la guadua, como la pérdida de su color, un fuerte olor, o que simplemente no afecte a los tejidos del material. Además, indica que el producto químico se debe penetrar y no aplicar con brocha o por aspersión ya que este primero es mucho más efectivo contra los insectos. Los métodos a emplear constan en:

- El aprovechamiento de la transpiración de las hojas se utiliza en la preservación por avinagrado, pero en vez de dejarlas a la intemperie a secar con una piedra, se introduce el material en un recipiente con el preservativo correspondiente, según (Hidalgo, s.f.) puede ser una mezcla del 5% (1:20) de DDT y talco, dejando el tiempo requerido para el curado.
- Por inmersión se trata la guadua de manera horizontal o vertical dentro de un recipiente con producto químico por un tiempo mayor de 12 horas. Si no es con un recipiente, se puede usar una excavación y la colocación de un plástico para luego introducir el producto químico y la guadua.

Figura 4

Preservación por inmersión de la guadua



Nota. La figura representa el método de preservación por inmersión de la guadua en cuestión y sus elementos a utilizar para hacerlo efectivo. Tomado de “Manual de construcción con Bambú” por O. Hidalgo, s.f. (<https://guaduabambucolombia.files.wordpress.com/2016/02/manual-de-construccion-con-bambu.pdf>)

- En el método Boucherie se puede aplicar de dos formas; la primera consta de llenar el entrenudo superior de una guadua con el producto químico, esto, con el fin de dejarlo en su lugar por varias horas hasta que el producto baje por toda su pared. La segunda consta de un recipiente abierto con un tubo metálico con una llave y una sección de neumático de carro conectado al material. El método Boucherie modificado es igual al simple pero el recipiente debe de ser hermético y tener en la parte superior una válvula de bicicleta, un indicador de presión y una tapa con rosca por donde se llena el recipiente del producto químico hasta las 3/4 partes. Este método es el más rápido y efectivo y además se pueden tratar varias guaduas a la vez.

Tabla 2

Aplicaciones finales del bambú por tipo de preservativo

Aplicación del bambú tratado	Tipo de preservativo	Concentración %	Absorción Lba/pie 3 Sal seca	Duración del tratamiento en horas	Años de servicio esperado
1. Para uso a la intemperie y en contacto con el suelo a. Postes para cercos, astas, andamios, etc b. Soportes para plantas	A a C E	A C 8, B - 4 E - 10	A, B, C 0.3 a 0.4 0.3	3 - 4 2	10 - 15 8 - 10
2. Construcción de vivienda a. Cerchas, pares, correas, cabios y columnas b. Persianas, cielo rasos, paneles para puertas	A a E F, G, H, I	A&C - 6 B - 3; D - 8 E - 10 F, G, H - 6 1 - 2	A a D - 0 0.2 A 0.3 E 0.5 0.1 - 0.2	2 - 3 1	15 - 20 10
3. Refuerzos a. Refuerzo en concreto b. Refuerzo en muros recubiertos con barro	F & F D & E	6 D - 6; E - 8	0.2 0.2 a 0.3	1 - 2 2	25 - 30 10 - 15
4. Artículos artesanales: canastas, zarandas, tamiz, etc.	G & H	5	0.1	0.5	5 - 8
5. Usos profilácticos	A a I Dependiendo del uso final del bambú	6 - 8	0.05	0.5	5
6. Protección del Fuego: a. Parte interna de la casa b. Al aire libre	J J	25 25	2 a 3 2 a 3	6 a 8 6 a 8	15 - 20 10 - 15

Nota. La tabla representa el tipo de preservativo en abreviatura, porcentajes y cantidades a tener en cuenta para cada una de las aplicaciones finales del bambú. Tomado de “Manual de Construcción con Bambú” por O. Hidalgo, s.f. (<https://guaduabambucolombia.files.wordpress.com/2016/02/manual-de-construccion-con-bambu.pdf>)

Tabla 3

Preservativos utilizados de acuerdo a la aplicación final del Bambú.

A. Pentóxido de arsénico Sulfato de cobre cristalizado Dicromato de sodio	1 : 3 : 4	G. Acido bórico Borax Dicromato de sodio	2 : 2 : 0.5
B. Sales de Bolinden		H. Acido bórico Borax	1 : 1
C. Sulfato de cobre Dicromato de Sodio Acido acético	5,6 : 5,6 : 0.25	I. Pentaclorofenato de sodio	
D. Acido bórico Sulfato de cobre cristalizado Dicromato de sodio	1,5 : 3 : 4	J. Composición antiséptica a prueba de fuego: Acido bórico Sulfato de cobre cristalizado Cloruro de zinc Dicromato de sodio	3 : 1 : 5 : 6
E. Cloruro de zinc Dicromato de sodio	1 : 1		
F. Cloruro de zinc Dicromato de sodio	5 : 1,5		

Nota. La tabla representa los tipos de preservativos y cantidades a tener en cuenta para cada una de las aplicaciones finales del bambú como se muestra en la [Tabla 1](#). Tomado de “Manual de Construcción con Bambú” por O. Hidalgo, s.f. (<https://guaduabambucolombia.files.wordpress.com/2016/02/manual-de-construccion-con-bambu.pdf>)

5.2 Afectaciones

La degradación de la guadua se ha visto reflejada debido a las lesiones que se presentan en el material por medio de sus patologías. Según un estudio realizado por Barreto y Gutiérrez, (2018) en un edificio de la Universidad La Gran Colombia sede Armenia, “se encontró que la pudrición por hongo reduce aproximadamente un 20% la resistencia a la compresión” (p. 1) con respecto a lo que indica la norma sismo resistente NSR-10. Además, se llegó a la conclusión que el deterioro por medio de los hongos puede llegar a un nivel de deterioro mayor con respecto a la resistencia a la compresión, esto en comparación con las demás lesiones o patologías que se pueden dar en la guadua (ataque de insectos, agrietamiento, foto degradación). Además, la durabilidad de la guadua siempre dependerá de aquellas propiedades anatómicas y químicas que tenga esta. Existe una gran diversidad de agentes que degradan la guadua, estos, dichos anteriormente representan un deterioro en las paredes celulares de la guadua lo cual produce manchas de diferentes colores y con diferentes efectos negativos en ellas (Castaño & Moreno, 2004).

Según un estudio realizado en Ecuador y Perú (Añazco, 2013) acerca de la vulnerabilidad que presenta la guadua con respecto al clima, este reconoce que existe una diferencia con respecto a los países en zonas templadas ya que dispone de una mayor cantidad de individuos por especies, en cambio, en el caso de los países hablados anteriormente disponen de más especies y menos individuos por especie. Esto da una alta vulnerabilidad en cuestión de un cambio en el ecosistema. Además, los cambios climáticos tales como los cambios de temperatura y humedad

pueden desembocar cambios importantes en los comportamientos de las diferentes plagas y enfermedades que se presentan en esta. Conforme con respecto a sus diferentes lesiones, se tiene en cuenta que las lesiones también se pueden presentar por un mal uso del material o de un mal procedimiento con respecto a la hora de su corte, esto se debe ya que hay una existencia de empresas o personas que utilizan este material, pero no tienen en cuenta sus condiciones técnicas como lo son: estado de madurez, edad, limpieza y mantenimiento, esto provoca fallas en sus propiedades físicas y/o mecánicas. Además, de acuerdo el estudio dicho anteriormente, se presenta un análisis por medio de una tabla que representa la exposición, lo que se encuentra en riesgo de acuerdo a diferentes aspectos:

Vulnerabilidad alta: 0.0 – 0.45

Vulnerabilidad media: 0.45 – 0.75

Vulnerabilidad baja: 0.75 – 1.0

Tabla 4

Índice de vulnerabilidad de la caña guadua

Ecosistemas Atributos	Población que depende de la caña	Ecología	Propiedad y superficie	Infraestructura	Edad	Índice de vulnerabilidad X
Rodal natural	0.60	0.63	0.74	0.68	0.64	0.66
Plantación	0.47	0.61	0.64	0.57	0.57	0.57
Sistema agroforestal	0.57	0.60	0.63	0.58	0.59	0.59
Plantas dispersas	0.52	0.58	0.58	0.60	0.60	0.58
X	0.54	0.60	0.65	0.61	0.60	0.60

Nota. La tabla representa los índices de la vulnerabilidad teniendo como resultado 0.60 en un nivel medio de riesgo para todos los atributos. Tomado de “Estudio de Vulnerabilidad del Bambú (*Guadua Angustifolia*) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte de Perú” por M. Añazco, 2013. (https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu.pdf)

Según el rango térmico donde mejor se da la guadua en sus condiciones técnicas para su buena utilización se comprende entre los 20°C y los 26°C. En Colombia señalan un rango mucho más amplio como 14°C y los 26°C (Castaño & Moreno, 2004)

La sequía se da como gran influenciadora para la guadua debido a que sus condiciones de agua son importantes para el pleno crecimiento de la guadua en sí. Más, sin embargo, el autor nos indica que hay personas y/o empresas que prefieren la guadua en zonas donde se dé la sequía ya que, según ellos, presentan mejores condiciones en sus propiedades físico-mecánicas. Además, este material no resiste los incendios, se comprueba en la cuenca del Río Siete, Guayas, Ecuador, se demostró la poca resistencia de la guadua a los incendios.

5.2.1 Agentes bióticos

Los agentes biológicos se desarrollan y pueden llegar a causar un efecto negativo sobre el material y se rige por ciertas condiciones tales como: La temperatura para el desarrollo adecuado de la guadua oscila entre 20 C° a 37 C°. La humedad oscila entre 20% y 140% pero generalmente debería de ser un 80% aproximadamente para su uso más adecuado. (Salas , 2006)

Dentro del aspecto de los hongos de pudrición, estos se aferran como tal a la pared celular y esto llega a dañar gran parte de la pared celular debido a su pérdida de resistencia. (Barreto & Gutiérrez, 2018) en el *estudio de durabilidad en las estructuras de Bambú Guadua Angustifolia Kunth de la Universidad La Gran Colombia, seccional Armenia-Colombia*, el

ataque de los hongos dependerá si va por el contenido de lignina o celulosa que tiene la guadua. También se denota la presencia de moho debido a la humedad y temperatura, pero esto solamente afecta negativamente a su aspecto físico. Además, existen diferentes tipos de pudrición por hongos tales como:

Pudrición parda: Podría decirse que es la más grave a comparación que el resto ya que ataca directamente a la celulosa afectando así su resistencia. Pudrición blanca: Esta afecta directamente a la lignina y deja un color como su nombre lo indica, blanco. Pudrición blanda: Esta se da con una humedad alta y además ataca a la pared celular causando una apariencia como grasosa. Los insectos también se presentan por diferentes tipos como: Coleópteros: Estos insectos requieren una humedad mayor del 20%, se alimentan de almidón. Uno de los insectos que más afectan a la guadua como tal es el *Dinoderus Minutus* el cual ataca principalmente el almidón en los culmos recién cortados. Lícidos: Insectos que atacan con una humedad menor del 18%, parcialmente guadua seca. Se alimentan del almidón y además deja una especie de rastro cuando ataca. Termitas: Estas atacan en grupo y extrae la celulosa, requieren de porcentajes de humedad para vivir y hacen huecos en el suelo. (Barreto & Gutiérrez, 2018)

5.2.2 Agentes abióticos

La humedad relativa entra como un agente abiótico ya que afecta negativamente la resistencia mecánica de la guadua debido a su constante cambio entre la sequía y la humedad como tal, además de que se puede llegar a presentar altos niveles de humedad y luego una sequía, esto hace que se dé lo dicho anteriormente.

Con respecto al fuego tanto la guadua como la madera son materiales combustibles, y estos por debajo de los 300 C° sufren afectaciones serias en sus propiedades mecánicas, pero si sobrepasa esta cantidad llega a carbonizarse. Además, otro agente abiótico se da debido a las fuerzas mecánicas que se pueden presentar por las cargas en la guadua, ya que este si resiste, pero no se podrá exceder su fuerza en las cargas.

La degradación por la luz se refiere a la insolación del material en la intemperie, es llevada a cabo por medio de la luz del sol directa y los rayos ultravioletas. Como lo menciona Rodríguez, 1998 se presenta de la siguiente manera: Decoloración grisácea y posteriormente una desfibración superficial (como se cita en Barreto y Gutiérrez, 2018, p. 56). Además, la radiación ultravioleta degrada componentes tales como la lignina. La degradación por la luz, o la foto-degradación da con diversas afectaciones serias en la composición de la guadua. El agrietamiento o las fisuras se da por la radiación ocasionada por los rayos solares. Estas pueden atravesar el elemento de guadua, llevarla hasta el nudo o simplemente pueden llevar a cabo más procesos de deterioro en el material. Además, la foto-degradación también lleva a cabo diferentes afectaciones de tipo biótico y abiótico tales como: aparición de hongos, moho, hongos xilófagos, insectos y pudriciones.

5.3 Protección por diseño

La protección por diseño siempre se debe tener en cuenta a la hora de realizar cualquier edificación o estructura en guadua ya que permite la correcta distribución de cada uno de los elementos constructivos y sus recomendaciones con respecto a las dificultades que puede presentar el material debido a las patologías de la misma. Los agentes atmosféricos son la principal causa por la cual existe la protección por diseño de la guadua, la intemperie afecta seriamente la estructura y la durabilidad de la guadua a lo largo del tiempo y esto hace que la vida útil del material se deteriore y al final deje de funcionar o cumplir su función respectiva en la edificación o estructura. La guadua, como se ha hablado anteriormente está expuesta a diferentes factores de degradación, según (Cadena , 2018) la protección por diseño de la guadua debe tener las siguientes recomendaciones para el buen y correcto funcionamiento del material en la edificación o estructura:

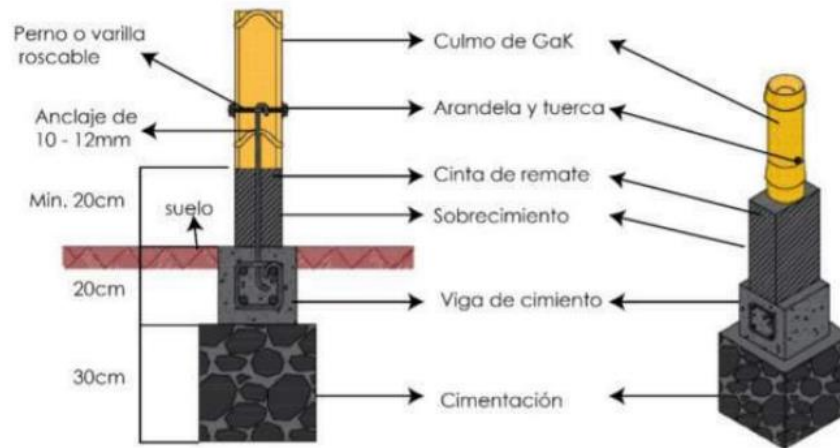
- Los elementos de guadua no pueden estar en contacto directo con el suelo de la naturaleza, estos elementos se deben apoyar de algo como zócalos o sobrecimientos que estén correctamente impermeabilizados.
- Los elementos de guadua o culmos no pueden estar enterrados o sumergidos en la cimentación o cualquier superficie hecha de concreto.
- Las edificaciones o estructuras que necesiten de depósitos o corrientes de agua deben estar correctamente protegidas por medio de drenajes, cunetas, entre otros.
- Las edificaciones, estructuras y elementos de guadua no pueden estar a la exposición directa de los agentes climáticos como la lluvia, sol, viento, entre

otros. Además, se recomienda colocar aleros en la cubierta para evitar el contacto de la lluvia y el sol con las paredes de guadua. Si no es posible o no requiere el alero, se utiliza la preservación química de productos que luchen contra la humedad o filtración de agua.

- Se requiere de ventilación e impermeabilización en espacios donde esté expuesto por vapor los diferentes elementos de guadua.
- Se debe tapar o sellar todos los espacios de la cubierta y los entrepisos en donde se puedan alojar roedores.
- Los andamios no se pueden anclar a la edificación o estructura.
- Todas las instalaciones no pueden atravesar o comprometer el correcto funcionamiento de los elementos estructurales.
- Los culmos de la guadua se limpiarán cuidadosamente sin afectar su epidermis.
- Se debe prevenir caídas, aplastamientos o impactos de alto riesgo para evitar el deterioro de sus propiedades.

Figura 5

Detalle de columnas de guadua en sobrecimiento

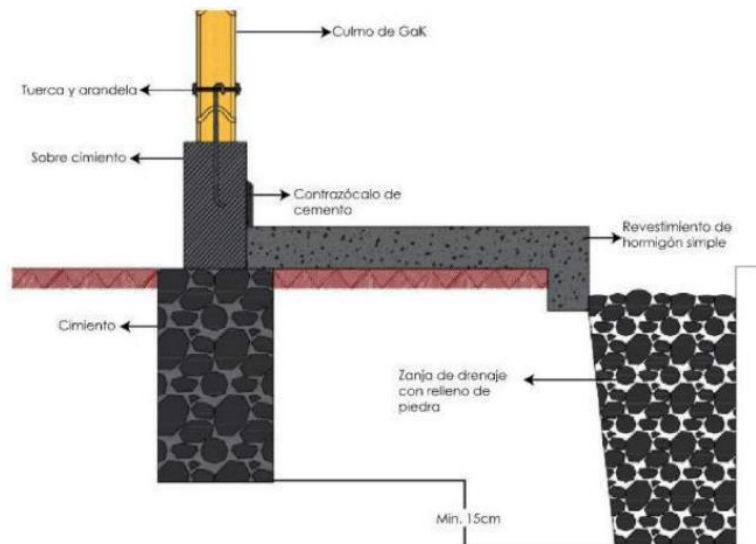


Nota. La figura representa un detalle en corte para el correcto apoyo de columnas de Guadua Angustifolia Kunth en un sobrecimiento. Tomado de “Guía didáctica para Diseño y Construcción de Estructuras en Guadua (GaK) y otros bambúes” por D. Cadena, 2018.

(https://www.researchgate.net/publication/332530607_Guia_Didactica_para_Disenoy_Construccion_de_Estructuras_de_Guadua_GaK_y_otros_Bambues)

Figura 6

Detalle de protección de las columnas de guadua de las escorrentías



Nota. La figura representa un detalle en corte de la protección de las columnas de la Guadua Angustifolia Kunth para no afectar a las edificaciones de las escorrentías. Tomado de “Guía didáctica para Diseño y Construcción de Estructuras en Guadua (GaK) y otros bambúes” por D. Cadena, 2018.

(https://www.researchgate.net/publication/332530607_Guia_Didactica_para_Disenoy_Construccion_de_Estructuras_de_Guadua_GaK_y_otros_Bambues)

Según (Arriaga & Herrero, 2001) presentan una tabla que representa los riesgos y tratamientos de la madera teniendo en cuenta sus diferentes situaciones a la que se está expuesta el material.

Tabla 5

Riesgos y tratamientos para la madera

CLASE DE RIESGO	Exposición humidificación	TIPO DE PROTECCIÓN	PRODUCTO	CANTIDAD	MÉTODO DE APLICACIÓN
1 Sin contacto con el suelo Bajo cubierta.	NINGUNA	No necesaria Recomendable Superficial	- Orgánicos Hidrodispersables Productos mixtos - Hidrosolubles	- 80-120 ml/m ² 80-120 ml/m ² 50 gr/m ² 3,5 kg/m ³	-
2 Sin contacto con el suelo Bajo cubierta	OCASIONAL	Superficial Recomendable Media	 Orgánicos Hidrodispersables Productos mixtos - Hidrosolubles	 250 ml/m ² 250 ml/m ² - 3,5-10 Kg/m ³ 5 - 15 Kg/m ³	Pincelado Pulverización Inmersión Pinc / Pulv / Inm Pinc / Pulv / Inm
3 Sin contacto con el suelo Al exterior	FRECUENTE	Media Recomendable Profunda	Productos mixtos - Hidrosolubles Productos Doble Vacío	- 3,5-14 Kg/m ³ 25 Kg/m ³	Inmers. / Autoc. Autoclave Autoclave
4 En contacto con el suelo o con el agua dulce	PERMANENTE	Profunda Creosota	Productos mixtos - Hidrosolubles	- 8 - 15 Kg/m ³	Autoclave
5 En agua salada	PERMANENTE	Profunda	Hidrosolubles	8 - 15 Kg/m ³	Autoclave

Nota. La tabla representa cada una de las situaciones de riesgo de la madera y su tipo de protección, producto y cantidad del correspondiente método de aplicación. Tomado de “Protección de la madera mediante el diseño constructivo” por F. Arriaga y M. Herrero, 2001.

https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_156_12380.pdf

El contacto con el suelo es una de las mayores amenazas que enfrenta la guadua con respecto al diseño de la edificación o estructura, esta amenaza que debido al ataque de la humedad del suelo y de las termitas afecta la composición química y física de la guadua y evita que funcione correctamente, es por esto, que se toman medidas como aislamientos mediante hormigón que evite el contacto directo de la guadua con el suelo.

5.3.1 Mantenimiento

Se requiere de mantenimiento periódico, según la INBAR (Red Internacional del Bambú y el Ratán, 2011) sugiere estos mantenimientos:

- “Los elementos de sujeción mecánica como pernos, anillos, tuercas y otros, deben ser revisados para su mantenimiento con elementos anticorrosivos para su reajuste o sustitución en caso de ser necesario” (p. 43. C.9.2)
- “Las piezas de bambú que presentan en polvo, hongos causados por la humedad es necesario de que sean limpiados y pulidos” (p. 43. C.9.4)
- “La revisión de las uniones y de las piezas estructurales deben ser revisadas, puesto que la dilatación o contracción ocasionada por el aumento o disminución la temperatura o humedad ambiental, pueden alterar su adecuado comportamiento estructural” (p. 43. C.9.5)

El mantenimiento siempre depende de la patología que se pueda presentar a la hora de estar expuesta a cualquier factor que lo perjudique.

6 Estado del arte

En Colombia, la madera y la guadua se han utilizado para infinidad de estructuras a lo largo de la historia en la construcción y estas a su vez se han comportado de manera eficiente desde sus orígenes hasta lo que es hoy en día. Con la implementación de nuevos materiales de construcción como lo es el concreto y el acero se han desarrollado las construcciones de hoy en día, pero en algunos casos se logra ver aquellas construcciones que utilizan la guadua como un material predominante o complementario para lograr así mitigar el efecto negativo de materiales nuevos hacia el medio ambiente.

El desarrollo de estos nuevos materiales para la construcción se refleja en los materiales más antiguos, que, a su vez hoy en día, gracias a las labores profesionales en ingeniería y arquitectura se han logrado grandes construcciones en guadua; un claro ejemplo es el Puente Jenny Garzón, ubicado en la ciudad de Bogotá a la altura de la carrera 119 con calle 80, diseñado por el arquitecto Simón Vélez. Esta obra, contiene elementos combinados entre el concreto, la madera y su material predominante, la guadua.

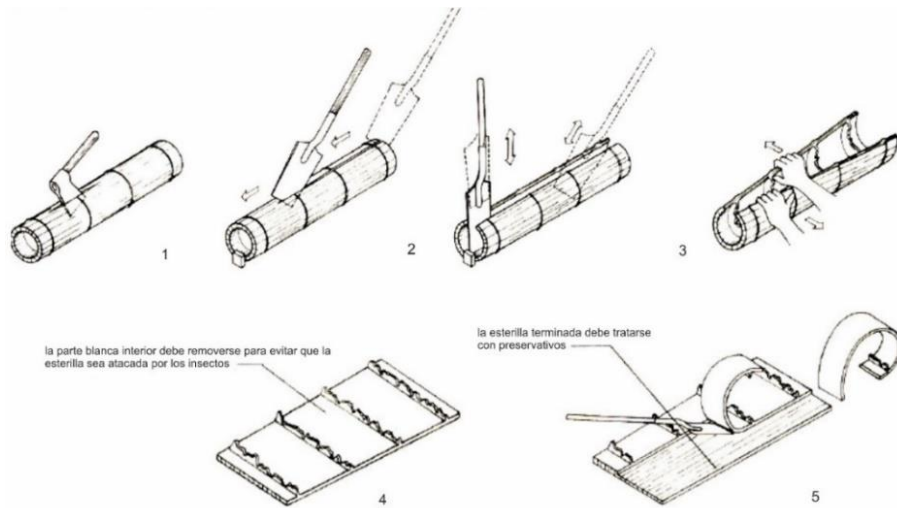
6.1 Elementos constructivos

Dentro del marco de los elementos constructivos elaborados en guadua, se diferencian debido a sus diferentes funciones a desempeñar, se dividen de la siguiente manera:

- Esterilla: Elemento constructivo obtenido de la parte de la basa y sobre basa del culmo de la guadua, se conforma un tablero para lograr sus diferentes funciones. Este elemento cuya función varía de lo que se requiere, sirve para la construcción de pisos, paredes de bahareque, paredes tejidas, cielos rasos, como soporte de la teja de barro y como base para la aplicación de mortero o pañete.
- Casetones: Elementos elaborados con tableros de esterilla para la construcción de casetones cuya función se involucra en la construcción de losas de concreto para aligerarlas.
- Canales: Estos elementos cuya obtención consta de dividir en dos partes la sección longitudinal por medio de un machete o un hacha. Estos canales principalmente se utilizan en los acueductos rurales aéreos, en la construcción de pisos, en el recubrimiento de paredes y obviamente en las cubiertas para recolectar las aguas lluvias.
- Latas: Los elementos llamados latas, se obtienen cuando se divide radial y longitudinalmente una sección de guadua en 4 partes o más. Estos, cuya función principal se atribuye a la construcción de paredes de barro, pisos, muebles, entre otros.

Figura 7

Elaboración de esterilla



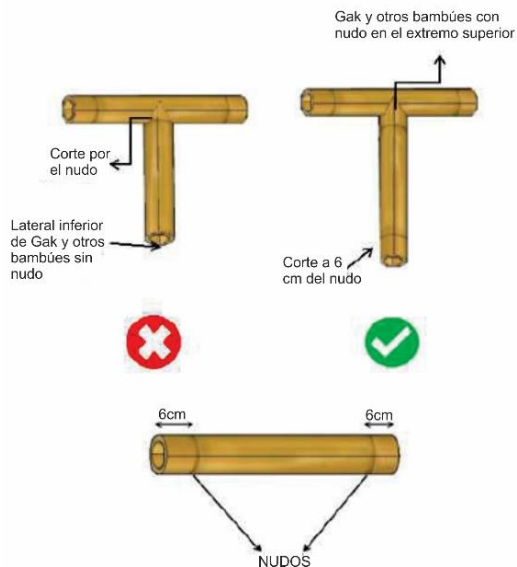
Nota. La figura representa los diferentes pasos y herramientas para la elaboración de tableros de esterilla de Guadua. Tomado de “Manual de construcción con bambú” por O. Hidalgo, s.f. (<https://guadubambucolombia.files.wordpress.com/2016/02/manual-de-construccion-con-bambu.pdf>)

6.2 Uniones

Las estructuras en guadua tienen diversidades de elementos constructivos para que funcionen correctamente, uno de esos elementos constructivos que son de vital importancia son las uniones, según (Cadena, 2018) las uniones a utilizar deben ser cortadas entre 1 a 6 cm de distancia del nudo para su correcta función.

Figura 8

Recomendación uniones estructurales



Nota. La figura representa la recomendación de la distancia del corte de los nudos para las uniones estructurales con otro elemento de Guadua *Angustifolia* Kunth o bambú. Tomado de “Guía Didáctica para Diseño y Construcción de Estructuras en Guadua (GaK) y otros Bambúes” por D. Cadena, 2018. (https://www.researchgate.net/publication/332530607_Guia_Didactica_para_Disenio_y_Construccion_de_Estructuras_de_Gadua_GaK_y_otros_Bambues)

Las uniones requieren resistir las cargas a las que estarán expuestas, además, aquellas uniones que presenten agrietamientos a la hora de utilizarla en la guadua no son permitidas para su uso. Las diferentes uniones se dividen así:

- Unión con pernos y pletinas: Estas uniones se utilizan cuando los elementos a unir son grandes, por eso se utilizan pletinas y pernos para su unión. Para este tipo de unión hay que tener en cuenta puntos importantes para que funcione correctamente; los orificios justamente para el relleno de mortero en los entrenudos deben tener un diámetro aproximado entre 0 a 26 mm, además, tapar

el orificio con guadua; todos los elementos metálicos deben seguir la normativa de acero según el diseño correspondiente para su correcto funcionamiento; teniendo en cuenta las recomendaciones para evitar afectaciones como aplastamiento o falla por compresión se hace el uso adecuado de zunchos o abrazaderas, además, cuando se presenten afectaciones como el aplastamiento, ya mencionado anteriormente se procede a rellenar de mortero los entrenudos por donde pasan los pernos y cerca de la unión; para finalizar, dicha unión se utiliza de acuerdo al diseño de la estructura en guadua pero siempre teniendo en cuenta las recomendaciones para su correcto funcionamiento.

Además, esta unión es la más utilizada en los últimos años gracias a su fiabilidad a la hora de cumplir su función con respecto a las otras uniones existentes hoy en día.

Figura 9

Unión de elementos estructurales de guadua



Nota. La figura representa las diferentes uniones de elementos estructurales de *Guadua Angustifolia* Kunth de tal manera: (de izquierda a derecha) Unión con pernos y pletinas. Vaciado del mortero. Unión zunchada. Unión con mortero. Tomado de “Guía Didáctica para Diseño y Construcción de Estructuras en Guadua (GaK) y otros Bambúes” por D. Cadena, 2018.

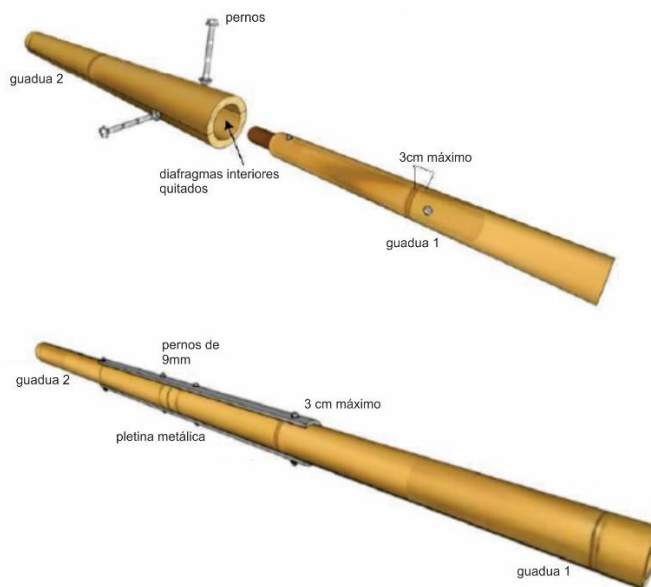
https://www.researchgate.net/publication/332530607_Guia_Didactica_para_Diseno_y_Construccion_de_Estructuras_de_Guadua_GaK_y_otros_Bambues

- Uniones Longitudinales: Estas uniones siempre se requieren cuando se necesita aumentar la longitud de la guadua en la estructura. Estas uniones deben mantener toda la reglamentación y además, se presentan 3 casos para esta; el primer caso

consta de la unión de una pieza de madera insertada en una de las guaduas, esta se inserta en la otra guadua y esta pieza se une con pernos de 9mm como mínimo en cada una de las guaduas a unir; en el segundo de los casos se utiliza unas pletinas metálicas longitudinales a la unión de las dos guaduas, y se unen con pernos de 9mm como mínimo, estos pernos tienen que cumplir con distanciamiento de los nudos de 3cm aproximadamente para su correcto funcionamiento y que no afecte los nudos de ninguna de las dos guaduas; y en el último de los casos se relaciona con el anterior pero en vez de pletinas metálicas se utilizan guaduas para conectarse entre sí mediante dos culmos paralelos al eje longitudinal de la unión, estos estarán sujetos con pernos de 9mm como mínimo y contará con el distanciamiento de los nudos de 3cm.

Figura 10

Unión de dos elementos estructurales de guadua



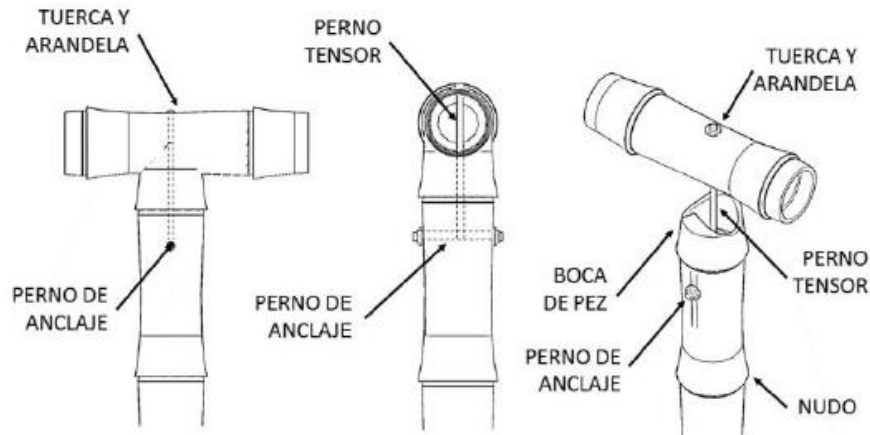
Nota. La figura representa la unión de dos elementos estructurales en la misma dirección de tal manera: (de arriba abajo). Unión con pieza de madera. Unión con pletina metálica. Tomado de “Guía didáctica para Diseño y Construcción de Estructura en Guadua (GaK) y otros bambúes” por D. Cadena, 2018.

https://www.researchgate.net/publication/332530607_Guia_Didactica_para_Disenio_y_Construccion_de_Estructuras_de_Gadua_GaK_y_otros_Bambues

- Uniones perpendiculares: Son las uniones que más seguridad y estabilidad le dan a la estructura en guadua, pero esto se tiene que regir bajo ciertos parámetros para su buen funcionamiento: las guaduas que se unan deben tener un diámetro parecido, además de que la guadua que esté sobre el corte boca de pescado debe encajar en su totalidad; la guadua que tiene el corte boca de pescado no debe tener el diafragma inmediato e interior; en esta unión los contactos entre las guaduas es indispensable; la distancia aproximada entre el nudo y la parte inferior del corte boca de pescado debe ser entre 4cm a 6cm; en la guadua que tiene el corte boca de pescado se introduce una varilla roscada debajo del nudo a una distancia aproximada entre 3cm a 4cm con sus respectivas arandelas y tuercas en su lugar de función, a este se la denomina perno de anclaje; se realiza un orificio perpendicular en la guadua que está sobre la guadua que tiene el corte boca de pescado; seguido de esto se determina que las medidas del otro perno que contiene un gancho en uno de sus lados encaje con el perno de anclaje, y así, respectivamente se utilicen las arandelas y tuercas de estos pernos; finalmente como recomendación, se debe rellenar de mortero donde se encuentre tanto el perno de anclaje como el perno con gancho para evitar aplastamiento y cumplir correctamente la función de esta unión.

Figura 11

Unión de elementos estructurales con perno



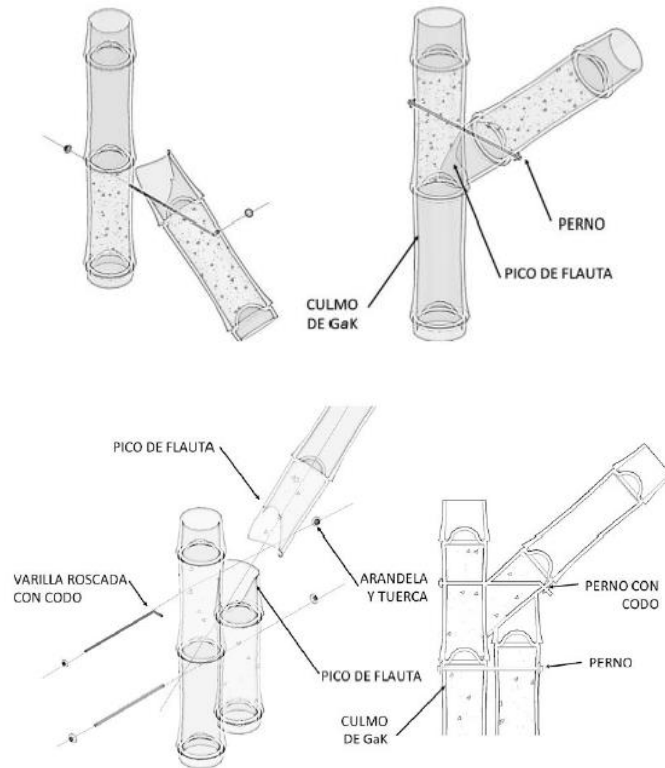
Nota. La figura representa la unión de dos elementos estructurales en direcciones opuestas (vertical y horizontal) con un perno de anclaje y un perno tensor (con gancho). Tomado de “Estructuras de Guadua (GaK)” por Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016. (<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/Estructuras-de-Guadua.pdf>)

- Uniones diagonales: Esta unión como su nombre lo indica no es ni paralela ni perpendicular a la guadua vertical u horizontal, se logra gracias al corte pico de flauta y a los pernos de acero. Se debe tener en cuenta los siguientes parámetros: se puede unir mediante un perno de anclaje y un perno tensor (con gancho), o con una varilla roscada con arandelas y tuercas en el ángulo que existe entre las dos guaduas a unir; a la hora de colocar los pernos de forma diagonal, las arandelas y tuercas no quedan completamente unidos a la guadua, se utilizan fragmentos de madera que esté debidamente preservada para lograr un mejor empalme de las arandelas y tuercas del perno; el corte pico de flauta debe de estar correctamente acoplado a la guadua horizontal y vertical de acuerdo al diseño de la estructura;

finalmente, hay dos tipos de uniones diagonales que sirven de manera funcional, la unión diagonal simple y la unión diagonal con una guadua de apoyo.

Figura 12

Uniones diagonales de elementos estructurales



Nota. La figura representa uniones diagonales de elementos estructurales de tal manera: (de arriba a abajo). Unión diagonal simple. Unión diagonal con guadua de apoyo. Tomado de “Estructuras de Guadua” por Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016. (<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/Estructuras-de-Guadua.pdf>)

- Uniones zunchadas: Estas uniones permiten que dos guaduas se acoplen correctamente entre ellas teniendo en cuenta que del zuncho no depende la transmisión de cargas a la que esté expuesta. Los zunchos pueden ser de plástico, metal, caucho, fibras vegetales, cuero, nylon, fajas, entre otros, pero que siempre permitan el acople de las guaduas correctamente. Además, esta unión no requiere

de pernos ni de ningún tipo de anclaje, esta unión es una de las más sencillas a utilizar pero se corre el riesgo con respecto a la transmisión de cargas que esté expuesta la unión.

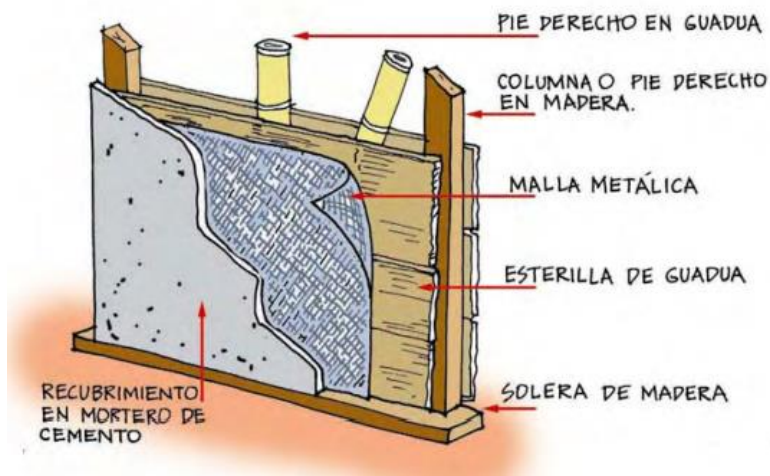
6.3 *Sistemas constructivos*

A lo largo de la historia de Colombia se han visto diferentes sistemas constructivos, desde los más clásicos o antiguos, hasta los modernos y contemporáneos, y es que esto hace que el desarrollo en la construcción se vea beneficiado con respecto a las diferentes estrategias de cada uno de los sistemas constructivos. Construir con guadua a comparación con un sistema estructural en ladrillo hace que se vea beneficioso al medio ambiente, a la economía, y además al desarrollo en la construcción como algo mucho más sostenible que construir con ladrillo y cemento. Uno de los sistemas constructivos en guadua que consta de un sistema estructural de muros entramados con guadua, o con guadua y madera, con un recubrimiento con un revoque de mortero apoyado en una esterilla con guadua o una malla de alambre, o una combinación de estos dos apoyos. Este sistema constructivo se distribuye en dos partes importantes: el entramado y el recubrimiento, para así mismo crear los muros aporticados con sus diferentes criterios y medidas requeridas para su construcción correcta y funcional. En cuestión del entramado, este consta de un sistema aporticado en guadua, constituido por dos soleras, inferior y superior, recomendablemente las soleras deben ser de madera aserrada para que la guadua no sufra aplastamiento, y el pie derecho, todos estos elementos se conectan entre sí con tornillos. El recubrimiento como se mencionó anteriormente es de mortero de cemento, el cual va apoyado

sobre una malla de alambre, la cual tiene que estar unida en la esterilla de guadua o tablero de madera.

Figura 13

Distribución del bahareque encementado



Nota. La figura representa la distribución con sus correspondientes elementos estructurales que conforman el sistema constructivo bahareque encementado. Tomado de “Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareques tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002” por Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2002.

(<https://www.desenredando.org/public/libros/2005/cersrvm/mre-Bahareque.pdf>)

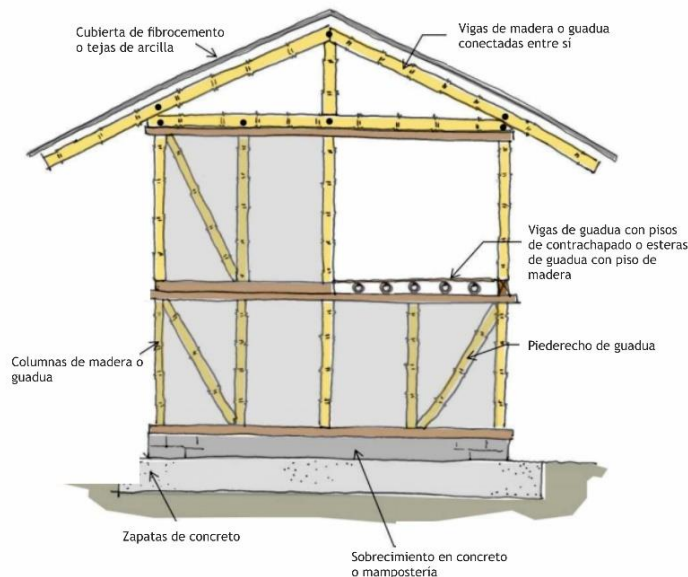
Para la correcta construcción de este sistema constructivo se debe tener en cuenta ciertos aspectos como; la cimentación es de vital importancia para toda construcción y en este sistema no es una excepción, se debe lograr la construcción de una cimentación adecuada para prevenir los asentamientos de la estructura en sí, esta cimentación debe crear un diafragma, por ende las cimentaciones independientes se deben amarrar entre sí para que formen parte del diafragma y esta funcione correctamente, la cimentación debe formar un diafragma de forma rectangular por medio de vigas, además de que cada una de estas vigas debe sostener la carga de los muros estructurales de la edificación; un sistema de diafragmas que permite transmitir las cargas horizontales causadas por el viento o sismo a los muros, estos diafragmas deben estar

consolidados en los niveles de la cimentación, el entrepiso y la cubierta, además, las soleras tienen un papel importante ya que estas son los elementos que transportan las cargas a los muros estructurales; para finalizar, el conjunto de los muros estructurales deben distribuirse de tal manera que le den suficiente sismo-resistencia ante los efectos negativos de las fuerzas cortantes como los sismos y el viento, además, estos muros soportan su propio peso y el de los diferentes diafragmas mencionados anteriormente (entrepiso, cubierta). (Yamin & Cardona, 2001)

El sistema debe contar con una continuidad vertical en la estructura, esto quiere decir que cada muro que sea estructural debe ir anclado desde la cimentación, pasando por el diafragma del entrepiso hasta llegar al diafragma de la cubierta, según (Lopez, 2015, p. 25) se considera que tanto los diafragmas como el conjunto de muros deben tener una continuidad vertical en los muros estructurales y regularidad en la planta y altura de la estructura. La estructura de la cubierta puede ser en guadua o en madera aserrada, los elementos de la estructura deben amarrarse entre sí con la solera superior de los muros estructurales. Los elementos de la estructura de la cubierta constan de un sistema principal de correas o viguetas apoyadas sobre las soleras superiores de los muros; un sistema secundario de viguetas si se requiere las cuales van en soporte con las correas; el cielo raso se sitúa sobre las correas o las viguetas secundarias; las tejas pueden ser de barro, cemento o fibrocemento, plástica, entre otros, además de otros sistemas de cubiertas que se permitan en la estructura.

Figura 14

Características de la vivienda de bahareque moderna y bien diseñada



Nota. La figura representa las diferentes características estructurales para la cimentación, muros, entrepiso y cubierta de una vivienda de bahareque encementado bien diseñada. Tomado de “Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado” por S. Kaminski, A. Lawrence y D. Trujillo, 2017. (<https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2020/05/1513926857.pdf>)

La creación de un nuevo sistema constructivo nombrado como la bioarquitectura se aplica desde un principio según (Universidad Nacional de Colombia, 2015) este sistema constructivo se relaciona con el bahareque encementado en cuestión de la técnica constructiva que maneja el mismo, mencionan que la técnica

combina la estructura en guadua con alambre de púas, costales de fique, esterilla, cemento y arena, fue defendida por el arquitecto y docente de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Álvaro Thomas Mosquera, uno de los pioneros del diseño ambiental en nuestro país (párr. 1).

Sin embargo, el menciona lo siguiente con respecto a este nuevo sistema constructivo en guadua: “en realidad no se descubrió nada nuevo en cuanto a los materiales porque la mezcla, la grapa, el alambre de púa y la guadua ya existían, pero los pusimos de manera diferente” (párr. 3). Este sistema en sí es una pequeña innovación del sistema constructivo bahareque encementado y es que según una entrevista realizada en el evento académico realizado cada año por la facultad de arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, el cual tuvo sede en Manizales, el arquitecto señala que el sistema en sí es sismo resistente, y que ya se había utilizado esta técnica constructiva anteriormente pero que no se había influenciado e innovado de tal manera que se empiece a utilizar más esta técnica constructiva en guadua.

Al igual que el bahareque encementado el sistema tendinoso tiene como sus ventajas la gran economía de los materiales, teniendo en cuenta que el material predominante se cultiva en el Eje cafetero de Colombia, además, en sí el sistema tendinoso es conformado por paneles que así hacen que las construcciones de una vivienda sismo-resistente tengan una mayor innovación con respecto a los materiales utilizados generalmente en las construcciones, como el ladrillo, concreto reforzado, entre otros. Uno de los grandes puntos a favor de este sistema es su capacidad de simplicidad a la hora de construir con este sistema, solamente se requiere de personal que tenga el conocimiento suficiente para la debida construcción, materiales básicos para la construcción como el serrucho, además de contar con los elementos primordiales para consolidar cada panel de este sistema constructivo y así que la construcción se vuelva sismo-resistente y segura para los hogares de los colombianos. El sistema tendinoso se aplica sobre todo en el Tolima, Valle del Cauca y el Eje Cafetero (Universidad Nacional de Colombia, 2015).

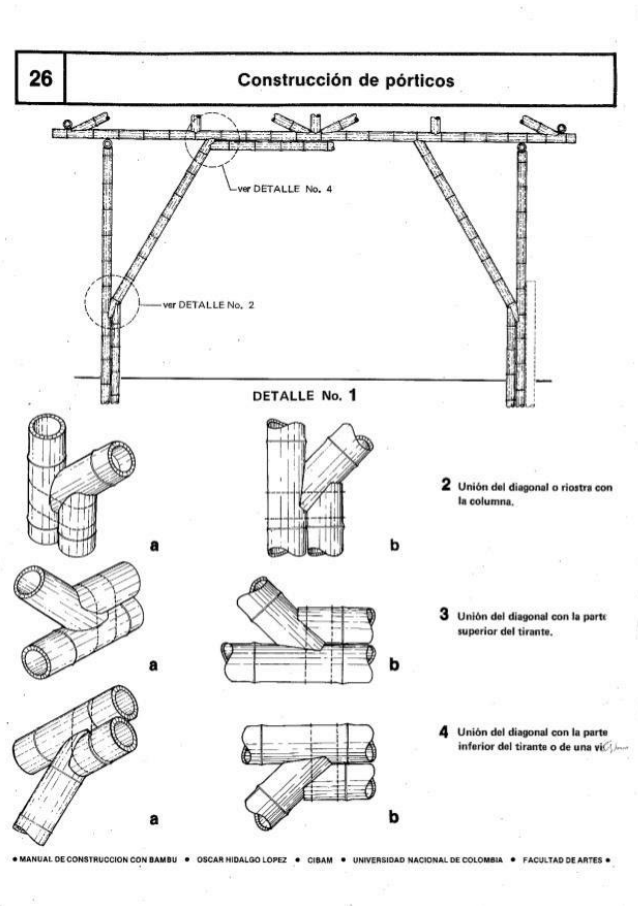
Figura 15*Sistema constructivo tendinoso*

Nota. La figura representa un ejemplo de aplicación del sistema constructivo tendinoso conformado por paneles de guadua con alambre de púas, costales de fique, esterilla, cemento y arena. Tomado de “Bioarquitectura, una mezcla de tradición y creatividad” por Universidad Nacional de Colombia, 2015. (<https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/bioarquitectura-una-mezcla-de-tradicion-y-creatividad-1.html>)

El sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth, según (Colmenarez et al., 2017) es un conjunto de estructuras que llevan la misma dosificación entre columnas – vigas, unidas en la zona de confinamiento para formar un ángulo de 90° grados entre las mismas. Este sistema es desarrollado para soportar cargas sísmicas y está compuesto por dos elementos estructurales como las vigas y columnas, conectadas a través de nudos con el fin de que la estructura tenga buena resistencia en el sentido vertical y horizontal. Además, el comportamiento de un pórtico depende de la rigidez que tenga entre vigas y columnas.

Figura 16

Construcción de un pórtico en guadua



Nota. La figura representa la construcción de un pórtico con sus diferentes uniones dispuestas. Tomado de "Manual de construcción con Bambú" por O. Hidalgo, s.f. (<https://guaduabambucolombia.files.wordpress.com/2016/02/manual-de-construccion-con-bambu.pdf>)

Las ventajas que se destacan para este sistema constructivo se dan gracias a la gran flexibilidad de las estructuras y así mismo, una mejor capacidad ante las fuerzas sísmicas. También, su mayor libertad a la hora de distribuir los espacios internos de una vivienda y su gran facilidad del proceso constructivo. Sin embargo, el sistema también cuenta con sus desventajas debido a que sus luces se encuentran limitadas de acuerdo al material que se utilice en cuestión y a su vez, entre mayor es la altura por piso, mayor debe de ser el tamaño de las columnas para

soportar la carga a la que esté expuesta. Según (Torin, 2014) el sistema aporticado ha tenido una gran acogida en el ámbito de la construcción ya que, según él, tiene una gran solidez, nobleza y durabilidad. El comportamiento y la eficiencia de un pórtico se debe a que es una estructura hiperestática, la rigidez de esta estructura es relativa según las vigas y columnas que se coloquen, para que el pórtico funcione correctamente del diseño y detallado de las conexiones, con el fin de proporcionar rigidez y capacidad de transmitir momentos. Según (Torin, 2014) los elementos constructivos de la estructura se pueden incluir de una manera simplificada en los siguientes grupos:

- Elementos superficiales: se definen geométricamente, por un solo parámetro el cual es el espesor, la función principal de este elemento es cubrir las superficies.
- Elementos lineales horizontales (Vigas): se definen por su sección y por dos parámetros en la mayoría de los casos.
- Elementos verticales: se definen también por parámetro área y forma.
- Materia estructural: se define en estructuras por tensión y módulo de elasticidad.

6.4 NSR-10 Título G – Estructuras de madera y estructuras de Guadua

La Norma Sismo Resistente del año 2010 (NSR-10) establece los diferentes requisitos para que una construcción o estructura en guadua angustifolia Kunth sea total y completamente sismo-resistente y segura. La norma NSR-10 vela por el cumplimiento de los reglamentos para que la construcción o estructura funcione de manera correcta y segura al igual que otras estructuras con otros materiales.

Se tiene que regir ciertos parámetros para el cumplimiento de la NSR-10 con respecto a las estructuras en guadua angustifolia Kunth, estos parámetros se mencionan a continuación teniendo en cuenta la NSR-10:

- El diseño de las construcciones con la guadua angustifolia Kunth no debe superar los dos pisos de altura
- No se podrá utilizar muros de mampostería o concreto sobre la estructura conformada por el material
- Los usos adecuados para la construcción con la guadua angustifolia Kunth son de uso residencial, comercial, industrial e institucional, entre otros. Siempre y cuando se cumpla la norma y no sea diferente a edificaciones.
- Cuando la construcción supere los 2000 m² es recomendable que se lleve a cabo una prueba de carga de la construcción a realizar
- La NSR-10 se complementa de diferentes normas técnicas colombianas para la construcción en guadua angustifolia Kunth como: NTC-5300 (cosecha y postcosecha del culmo de guadua angustifolia Kunth; NTC-5301 Preservación y secado del culmo de guadua angustifolia Kunth; NTC-5407 Uniones de estructuras de guadua angustifolia Kunth; NTC-5525 Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia Kunth.
- Se debe utilizar solamente para uso estructural la guadua angustifolia Kunth, no se deben combinar diferentes especies
- La edad recomendada para el uso adecuado oscila entre 4 a 6 años

- La guadua debe estar correctamente preservada para evitar daños en su composición física, mecánica y química.
- La guadua no puede ser utilizada para construcción cuando presente fisuras longitudinales
- No se permitirán guaduas que tengan algún efecto negativo de la pudrición
- La guadua que se vaya a utilizar para uso estructural no debe tener perforaciones causadas por los insectos que la atacan
- La guadua angustifolia Kunth no puede exceder temperaturas de más de 65°C
- No se deben utilizar clavos para unir dos culmos de guadua angustifolia Kunth ya que causa agrietamiento
- Todos los elementos de la construcción deben estar unidos entre sí a la correspondiente estructura anclada a la cimentación
- La distribución de los muros debe ser casi que similar en ambos sentidos para reducir los efectos negativos del sismo
- La cubierta no debe ser más pesada que la misma estructura que la soporta
- Toda construcción en guadua angustifolia Kunth debe contar con mantenimientos preventivos a lo largo de la vida útil de la misma

7 Metodología

Primero hay que partir del hecho de que la guadua presenta grandes afectaciones en su composición. A partir de los objetivos se clarifica que antes de comenzar con el primer objetivo específico se lleva a cabo una ordenada organización y el conocimiento de los diferentes procesos de degradación que existen en el material. Citando al primer objetivo “Analizar las diferentes patologías ocasionadas por los procesos de degradación que se presentan en la Guadua *Angustifolia* Kunth, por medio de información basada de la degradación del material” Al identificar estos procesos de degradación se lleva a cabo el análisis de cada uno de estos mismos mediante la protección por diseño con el fin de resolver la incógnita del cómo y porqué aparecen estos dichos procesos. Esto se logra gracias a estudios ya realizados que comprenden la información y el conocimiento requerido con respecto a dichos procesos que deterioran el material y conllevan al mal funcionamiento en la edificación o estructura. Así mismo, se logra identificar las diferentes patologías mediante la previa identificación de los procesos de degradación.

A partir de las afectaciones que presenta la guadua, se lleva a cabo el planteamiento de las maneras adecuadas del cómo se debe utilizar este material con el fin de proporcionar la utilización correcta. Con esto se logrará preservar la vida útil y proporcionar la utilidad adecuada sin que sufra afectaciones con facilidad. Este segundo objetivo se divide en las soluciones más adecuadas que puede presentar la guadua en general con respecto a la protección de la misma; se divide de la siguiente manera:

- Protección contra hongos e insectos: lo más importante en este proceso es la forma de preservado que hayan realizado en la guadua y que su almacenamiento sea en un lugar de baja humedad, debe tener una película protectora que permitirá mitigar el ataque de los insectos.
- Protección contra el fuego: Aplicación de un recubrimiento para retardar o mitigar la acción del fuego.
- Protección contra sismos: debe cumplir con todos los requisitos establecidos por la norma sismo resistente (NSR-10), con esto se garantiza un adecuado desempeño de la estructura en caso de un sismo.
- Protección contra viento: todas las estructuras hechas en guadua deben realizarse para que resistan cargas provenientes del viento, se debe tener en cuenta la realización de un estudio de corrientes de vientos del lugar.
- Montaje: Se debe tener en cuenta aspectos como el personal ejecutor de la obra, la planimetría, los suministros de obra, transporte de cargue y descargue, el almacenamiento.
- Protección a el material: Se debe proteger el material de la intemperie con distintos métodos para que este no se vea afectado por la exposición a las patologías existentes.
- Protección de columnas: Las columnas no tienen que tener contacto directo con el suelo natural para evitar la humedad y la propagación de insectos y hongos. Se usan elementos que permitan la elevación de dichas columnas.

Con respecto al objetivo “Proponer las diferentes recomendaciones existentes de la protección por diseño en construcciones del sistema constructivo aporticado de un nivel de altura en Guadua Angustifolia Kunth mediante gráficos e ilustraciones”. Este consta de la elaboración de gráficos e ilustraciones realizados en programas tecnológicos que permitan la comprensión de una manera clara de lo que se quiera representar de acuerdo a lo requerido, en este caso, representar las recomendaciones de protección por diseño. Por último, se elabora la herramienta teórica-gráfica que incluye información y conocimiento de los estudios ya realizados con el fin de proponer los usos adecuados en la estructura de una edificación hecha en guadua angustifolia Kunth mediante la protección por diseño para así evitar o mitigar el deterioro del material expuesto a los procesos de degradación. La recopilación de información y datos, y, de acuerdo a lo que se quiere llegar en este proyecto de investigación se basa en explicar las lesiones presentadas y proponer los usos adecuados en el sistema constructivo aporticado.

La hipótesis se expone como el uso adecuado de la guadua por medio de la protección por diseño en el sistema constructivo aporticado ya que influye de manera positiva para una mayor durabilidad en el mismo. Estos usos adecuados se basan en la protección por diseño para así evitar el contacto directo o indirecto con las diferentes lesiones (patologías) que se presentan en el material. Estas patologías se presentan bajo distintos parámetros y aspectos, pueden ser por humedad, o por insectos, por la exposición solar, o por los hongos, pero se debe tener en cuenta el diseño a la hora de construir para velar por la protección de los elementos constructivos que tiene el sistema constructivo. La protección por diseño se debe acatar de manera correcta para evitar el deterioro de la guadua y así preservar la vida útil del material en sí mismo.

7.1 Fases

Se dividen las fases de la metodología en cuatro partes (Planteamiento del problema, recolección de información, recolección de análisis y diseño de guía teórica-gráfica) planteadas a continuación:

7.1.1 Fase I: Planteamiento del problema

- Se define el alcance del proyecto de investigación

El alcance de este proyecto de investigación determina cuando se obtiene la herramienta teórica-gráfica, permitiendo el desarrollo adecuado de cada uno de los objetivos mencionados. Este alcance consta de la búsqueda de la información de la protección por diseño mediante estudios ya realizados para lograr así el análisis de los diferentes procesos de degradación de la guadua angustifolia Kunth.

Seguido de esta búsqueda, con la determinada información, se realiza el desarrollo de una herramienta teórica-gráfica que permita proponer el uso adecuado en la cimentación, muros y cubierta de Guadua Angustifolia Kunth en edificaciones o estructuras por medio de la protección por diseño para evitar el deterioro de la guadua expuesta a sus diferentes patologías y dar a conocer a la población que utilice el material los distintos procesos a realizar para el uso adecuado de la guadua cuando se está expuesta a las patologías correspondientes del caso o situación presentada. Para

comprender de una manera más técnica y constructiva se realizan detalles constructivos de cada proceso de la construcción en el sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth que esté expuesto a los procesos de degradación y así mismo evitar el deterioro del mismo y preservar la vida útil del material.

- Se justifican los motivos de la ejecución del proyecto de investigación

7.1.2 Fase II: Recolección de la información

- Planteamiento general

De acuerdo a los estudios ya elaborados con anterioridad con respecto a la información general requerida del material predominante del proyecto de investigación el cual es la guadua angustifolia Kunth, se realiza la búsqueda y el entendimiento de cada uno de los componentes principales y secundarios a tener en cuenta para lograr el objetivo del proyecto de investigación. Se requieren de estudios como trabajos de grado, manuales de diseño, artículos web, secciones de libros, referentes al planteamiento general de la definición, partes, funcionamiento de la guadua angustifolia Kunth.

- Procesos de degradación

Por medio de los estudios ya elaborados de diferentes categorías como manuales, tesis, artículos web, con relación a los procesos de degradación que se presentan en la

guadua angustifolia Kunth, se logra la identificación de cada uno de estos procesos de degradación dados por las patologías en el material predominante del proyecto de investigación, además de la información requerida para entender cada uno de estos procesos de degradación.

- Protección por diseño

Con respecto al tema de la protección por diseño se basa en la información requerida para el proyecto de investigación de tipos como manuales de diseño en construcción con guadua angustifolia Kunth, tesis o monografías referentes al tema a abarcar, se determina cada una de las características funcionales de la protección por diseño para su correcta utilización en la construcción en guadua angustifolia Kunth.

7.1.3 Fase III: Recolección de análisis

- De acuerdo a la fase anterior se deducen los diferentes análisis por medio de gráficos requeridos para entender los procesos de degradación debido a la existencia de las patologías presentadas en la guadua angustifolia Kunth. Los gráficos se basan en la información obtenida de la fase anterior.
- Teniendo en cuenta los diferentes análisis requeridos se proponen las recomendaciones adecuadas en el sistema constructivo aporticado,

específicamente de un nivel de altura con el fin de evitar que los procesos de degradación afecten de manera negativa al material.

7.1.4 Fase IV: Diseño de guía teórica-gráfica

- Diseño de una guía teórica-gráfica que represente lo expuesto en la recolección de análisis para el desarrollo de la guía misma, pero con un planteamiento general de la guadua angustifolia Kunth, enfocando los procesos de degradación causados por las patologías y a su medida la protección de acuerdo al diseño constructivo para protegerla de las mismas y así mismo preservar la vida útil del material en el sistema constructivo aporticado.

7.2 Recursos

Para el presente proyecto de investigación se utilizan recursos teóricos e informativos con base a estudios ya realizados y conocimientos de los autores, se clasifican como:

- Estudios previos

Base teórica e informativa de diferentes estudios realizados acerca de la guadua angustifolia Kunth y todas sus generalidades, diseño constructivo y protección para la realización del proyecto de investigación.

- Herramientas

Se utilizan herramientas tecnológicas como el programa Corel Draw para la realización de la guía teórica-gráfica con base a los estudios previos e implementación de las recomendaciones mediante la protección por diseño en las construcciones del sistema constructivo aporticado de un nivel de altura elaboradas en *Guadua Angustifolia Kunth*.

8 Planteamiento general de la Guadua Angustifolia Kunth

Para el proyecto de investigación se requiere comprender cada uno de los componentes principales y secundarios de la Guadua Angustifolia Kunth, sus funciones y cada aspecto a tener en cuenta con relación al material predominante del proyecto de investigación. Se identifican generalidades de la guadua mencionada anteriormente por medio de estudios realizados previamente y se presentan en la guía teórica-gráfica para el público que lo requiera en sí. Los autores plantean generalidades del material mediante gráficos realizados en programas tecnológicos basados en la recolección de información de manuales de diseño con el material, tesis, y otros documentos necesarios para la construcción teórica-gráfica de las generalidades de la Guadua Angustifolia Kunth.

De acuerdo a la recolección de información y la comprensión de los autores del proyecto de investigación se parte del hecho de que la Guadua Angustifolia Kunth se encuentra dentro de las especies del bambú y esta misma consta de características tanto físicas, mecánicas y químicas que se consideran como la única de las especies del bambú para la construcción de viviendas sismo resistentes de no más de dos pisos, siguiendo el orden de la NSR-10 regido por (Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, 2010) en el título G de la misma y también de acuerdo a lo estipulado en la (Red Internacional de Bambú y Ratán , 2011) en las normas técnicas para la construcción en Guadua Angustifolia Kunth.

En términos generales para que la *Guadua Angustifolia* Kunth pueda ser utilizada en construcción se debe tener en cuenta procesos que parten desde la selección del culmo en sí hasta ya puesto en construcción. La selección del culmo de la guadua se deben tener aspectos como el color verde que obtiene la misma a lo largo de su crecimiento, además de la presencia de manchas blanquecinas que indican una edad promedio o adecuada para utilizarla estructuralmente; más específicamente la NSR-10 indica que la edad adecuada para la utilización de la *Guadua Angustifolia* Kunth en estructura ronda entre los 4 a 6 años.

Figura 17

Guadua no apta para uso estructural



Nota. La figura representa una *Guadua Angustifolia* Kunth sin manchas blanquecinas o con exceso de ellas que representan una guadua no apta para uso estructural. Elaboración propia.

Seguido de la debida selección de la *Guadua Angustifolia* Kunth a usar de manera estructural, se corta la misma y sus ramas con una sierra o un machete, además, el corte debe ser totalmente recto ubicado en el primer nudo inferior; el corte debe hacerse correctamente de lo contrario se expone la misma a la pudrición.

Figura 18

Corte de los culmos de la guadua



Nota. La figura representa el corte de ramas y del culmo de la Guadua Angustifolia Kunth por encima del primer nudo inferior y lo más recto posible. Elaboración propia

Luego del corte recto del culmo y de la eliminación de las ramas de la Guadua Angustifolia Kunth se determina que la misma en sí, y otras especies de la familia del Bambú necesita de un método para conservar y proteger las propiedades físicas, mecánicas y químicas del material expuesto a diferentes procesos de degradación. Existen diferentes métodos de preservación de la Guadua Angustifolia Kunth y otras especies de la familia del Bambú que de cierta manera ayudan a preservar la vida útil de la guadua que va a utilizarse estructuralmente en una construcción. Los métodos se clasifican de acuerdo a lo que requiera el personal que lo necesite ya que algunos son más efectivos que otros en relación al mismo objetivo que tienen todos los métodos, los cuales pueden ser naturales o superficiales a través de preservantes químicos; los métodos se dividen de la siguiente manera por medio de la teoría recolectada en diferentes bases de información mediante gráficos elaborados por los autores:

- **Avinagrado:** Es el método natural, no tiene costos adicionales y consta de una manera sencilla de utilizarlos, sin embargo, se recomienda utilizar otros métodos de preservación según (Red Internacional de Bambú y Ratán , 2011). Este método funciona después del respectivo corte del culmo dejando el mismo con ramas y hojas recostado en los otros culmos de *Guadua Angustifolia Kunth* sin afectar su estructura física durante aproximadamente 3 semanas.

Figura 19

Preservación por avinagrado de la guadua



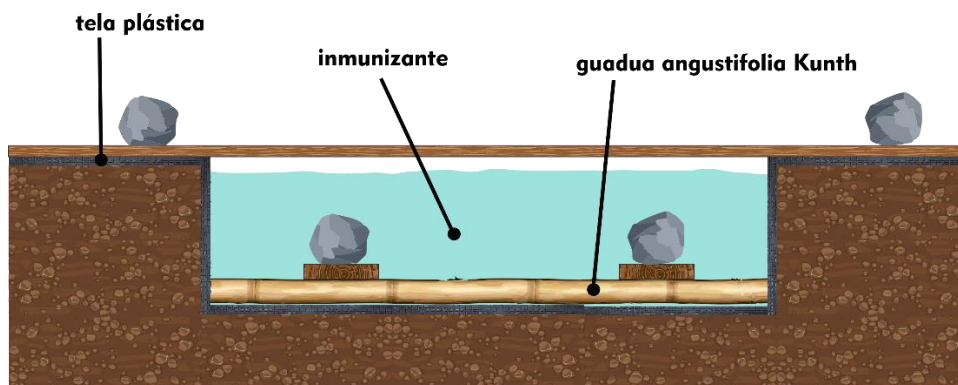
Nota. La figura representa el método de preservación por avinagrado de la *Guadua Angustifolia Kunth* como el más sencillo y económico. Elaboración propia.

- **Inmersión:** Este método es el más utilizado por el personal que trabaja con la *Guadua Angustifolia Kunth* debido a su efectividad con respecto al método avinagrado. Este método consta de perforaciones realizadas en el interior de los culmos de la guadua por medio de una varilla de acero corrugada; se introducen

los culmos perforados en una excavación debidamente protegida con el inmunizante a utilizar (sales de bórax) y se retiran de la excavación luego de aproximadamente 5 días como mínimo dependiendo de la temperatura ambiente. Antes de su secado, se deben colocar los culmos inclinados para retirar el exceso de inmunizante.

Figura 20

Preservación por inmersión de la guadua

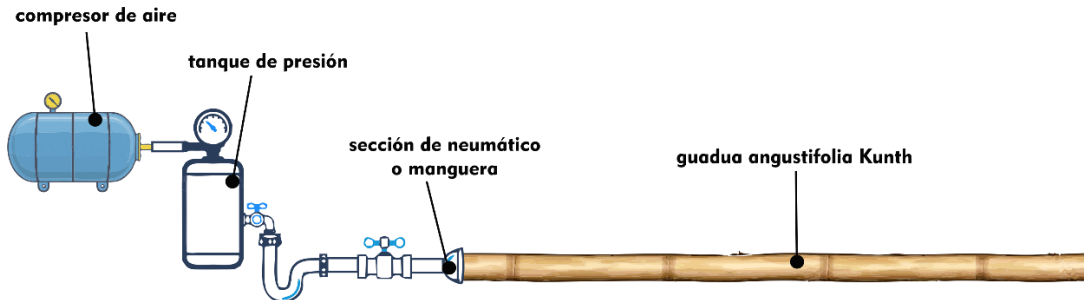


Nota. La figura representa el método de preservación por inmersión de la Guadua Angustifolia Kunth como el más común y efectivo en comparación con el método de avinagrado y presión. Elaboración propia.

- Presión (Boucherie): Para el uso de este método de preservación de la Guadua Angustifolia Kunth se requiere un equipo especial como un tanque de presión para que este mismo inyecte el preservante en los culmos; se debe tener en cuenta que este método solo se puede realizar entre 1 a 8 horas después de cortado el culmo. El preservante a utilizar debe estar en el interior del tanque de presión, el culmo de la guadua se posiciona horizontalmente conectado con una sección de manguera o de neumático, y estos mismos conectados al tanque de presión.

Figura 21

Preservación por presión de la guadua

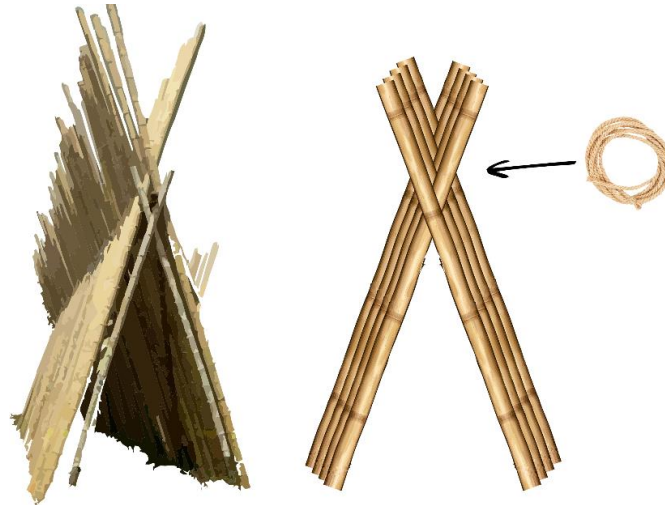


Nota. La figura representa el método de preservación por presión de la Guadua Angustifolia Kunth requiriendo de equipo especial para su aplicación. Elaboración propia.

El secado de la Guadua Angustifolia Kunth se determina correctamente cuando el contenido de la humedad se encuentre en un equilibrio con respecto al lugar donde se va a construir. Existen diferentes métodos de secado para el material, y de igual modo que los métodos de preservación, hay naturales y artificiales; el secado al medio ambiente debe acatar ciertas recomendaciones para que la guadua no presente problemas en sus propiedades, como protegerla de la lluvia; los métodos de secado artificiales se logran gracias a los hornos de secado, inyecciones de aire y el secado solar por medio de cámaras de secado.

Figura 22

Secado natural de la guadua



Nota. La figura representa el secado natural o expuesto al medio ambiente de la Guadua Angustifolia Kunth, es el más económico. Elaboración propia.

Cuando la Guadua Angustifolia Kunth se encuentra en su punto de equilibrio de humedad y correctamente secada, se almacena en un lugar donde no se encuentre expuesta a los agentes climáticos como la lluvia, los rayos solares, la humedad por medio de una estructura con una cubierta para protegerla. Los culmos de la Guadua Angustifolia Kunth en la estructura de almacenamiento deben ir debidamente separados unos de otros, además, la estructura debe contar con madera fuerte y una altura considerable para evitar que los culmos entren en contacto con el suelo.

Figura 23

Almacenamiento de la guadua



Nota. La figura representa el almacenamiento de la Guadua Angustifolia Kunth por medio de una estructura, esta debe tener cubierta y estándares que la protejan del contacto con el suelo. Elaboración propia.

9 Procesos de Degradación

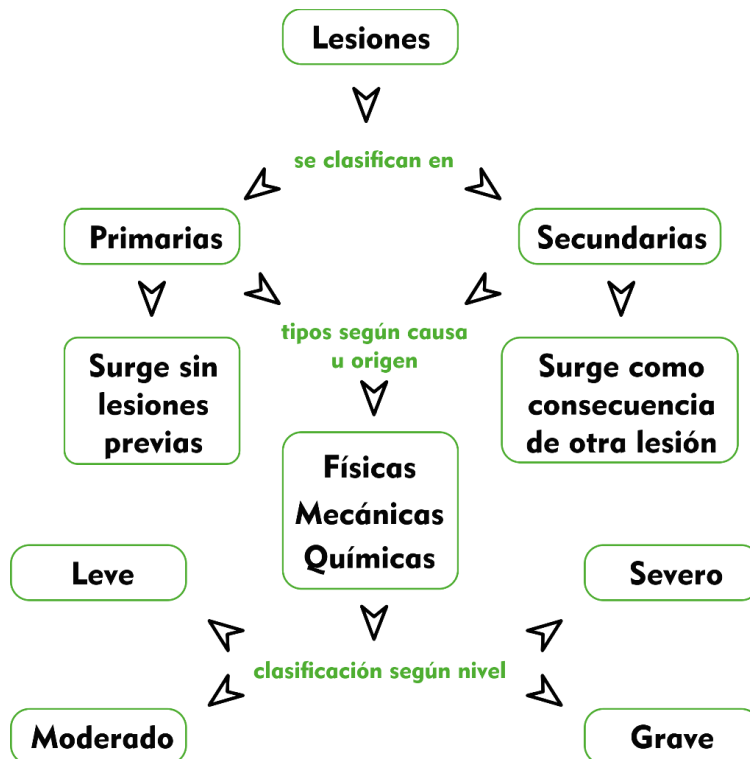
De acuerdo a la información recolectada de las diferentes fuentes de información los procesos de degradación de la Guadua *Angustifolia Kunth* actúan desde que inicia su proceso de cultivo presentándose de manera distintas hasta cuando la guadua está en condiciones para ser utilizada estructuralmente en la construcción. Los procesos de degradación son necesarios de comprenderlos para un mejor uso del material con respecto a su utilización en la construcción, se debe tener en cuenta aspectos que pueden partir desde lo básico o a simple vista hasta lo más complejo o que no se observa dentro de los parámetros de reconocer e identificar ciertas afectaciones que se presentan en la Guadua *Angustifolia Kunth*. Para entender de una mejor manera el concepto de lo que se refiere a la patología según (Monjo & Maldonado, 2001) en su libro dice “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” (p. 17).

La Guadua *Angustifolia Kunth* presenta problemas a lo largo de su crecimiento, y es que se expone a diferentes factores que atacan la misma y así mismo dañan su estructura física, mecánica y química que contiene. Para comprender de una mejor manera como se presentan, como funcionan y cual puede llegar a ser su posible solución con respecto a las diferentes afectaciones o las llamadas patologías causadas por los procesos de degradación se debe tener en cuenta que la Guadua *Angustifolia Kunth* hace parte de la familia del bambú, y en teoría, el bambú es un tipo de madera natural, por lo tanto las diferentes afectaciones presentadas en la misma se pueden llegar a presentar de igual manera en los diferentes tipos de madera.

Según lo planteado en el libro de (Monjo & Maldonado, 2001) la madera presenta diferentes afectaciones o procesos de degradación a lo largo de su utilización, y como se ha mencionado anteriormente es porque e encuentran expuestas a los diferentes factores de daño estructural, de manera que se requiere evitar este tipo de procesos de degradación a lo largo de su crecimiento y vida para que esta no se vaya a ver afectada en lo posible por ninguna patología. Las lesiones de la Guadua *Angustifolia* Kunth se pueden clasificar de acuerdo a lo estipulado en la *figura 24 Clasificación de las lesiones de la guadua* presentada a continuación:

Figura 24

Clasificación de las lesiones de la guadua



Nota. La figura representa las diferentes lesiones con su correspondiente clasificación y origen. Elaboración propia.

De acuerdo a la *figura 24 Clasificación de las lesiones de la guadua* se evidencia que las lesiones presentadas en la Guadua *Angustifolia Kunth* se presentan primeramente cuando no hay lesiones previas y cuando se presenta alguna lesión en consecuencia se presenta otra lesión de otro tipo. Las lesiones presentadas se diferencian de acuerdo a la causa u origen, pueden llegar a ser causas físicas, mecánicas o químicas de acuerdo a la exposición de la guadua; además, estas lesiones presentan cierto grado de degradación siendo leve el que causa menor daño y grave el que causa un máximo daño en la composición de la misma.

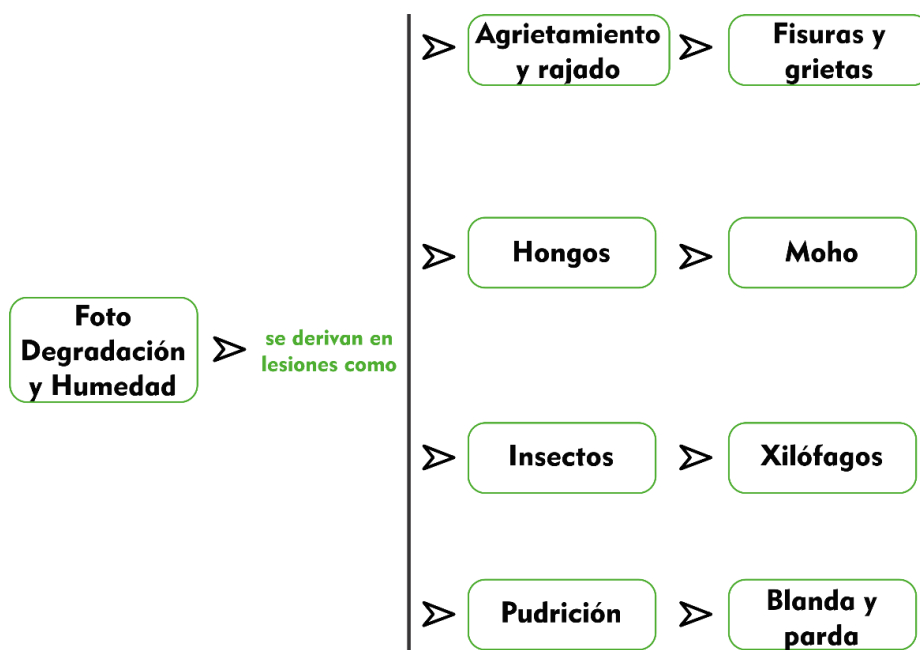
De acuerdo a lo anterior, se debe identificar el causante de las patologías, los dichos procesos de degradación para así mismo tener el poder de determinar las posibles soluciones o mantenimiento para evitar que se presenten las patologías y afecten negativamente en la composición de la Guadua *Angustifolia Kunth*. Estas patologías se clasifican de acuerdo a la información base de la *figura 24 Clasificación de las lesiones de la guadua* del presente documento como directas o indirectas; la primera son aquellas que como su nombre lo indica, es directa, esto quiere decir que directamente afecta la guadua, es difícil de no evitarla pero si se puede tratar; en cambio, la segunda, la indirecta se puede evitar a toda costa ya que depende de los errores que se cometen a la hora del diseño, construcción y utilización del material en sí mismo.

Teniendo en cuenta el estudio realizado por (Ardila & Garzon, 2017) se hace un análisis y se llega a la conclusión que diferentes patologías o lesiones son producto o consecuencia de la foto-degradación y la humedad que presenta la Guadua *Angustifolia Kunth*; a continuación, se

presenta la *figura 25 Lesiones derivadas de otras lesiones* con respecto a lo mencionado anteriormente.

Figura 25

Lesiones derivadas de otras lesiones



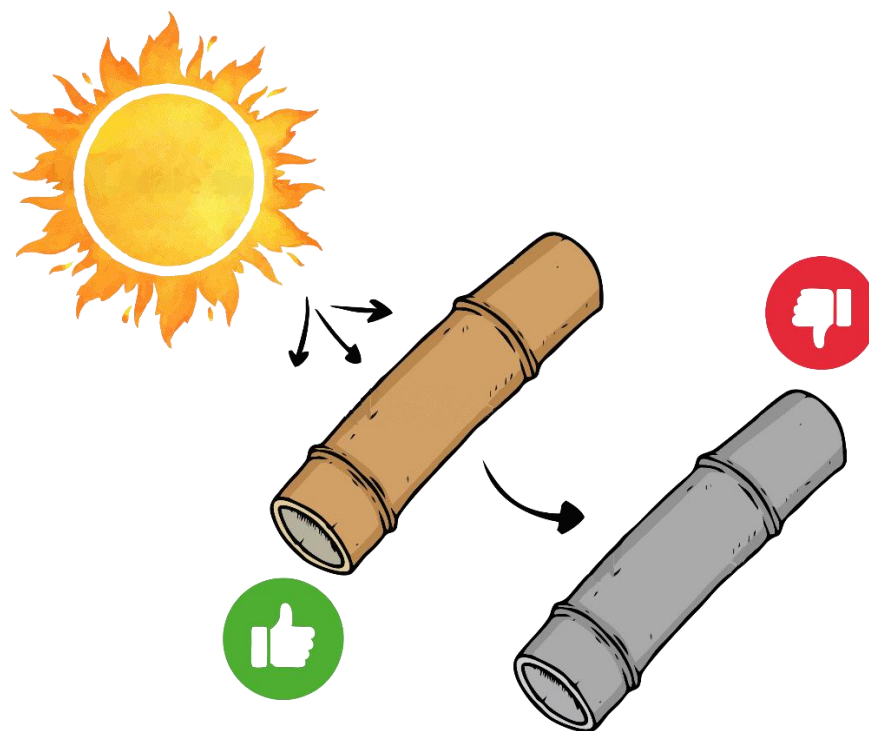
Nota. La figura representa que la lesión por foto-degradación y humedad presentada en la Guadua *Angustifolia Kunth* provoca otras lesiones, Elaboración propia.

Por medio de la *figura 25 Lesiones derivadas de otras lesiones* se entiende cuales lesiones se derivan tanto de la foto-degradación como de la humedad presentada en la Guadua *Angustifolia Kunth*, sin embargo, estas se podrían clasificar dentro de las lesiones directas de la guadua puesto que influyen de manera directa y comprometen la estructura física, mecánica y química del material en sí, y se pueden presentar a lo largo de su crecimiento. Para una explicación más detallada de la *figura 25 Lesiones derivadas de otras lesiones*, los autores realizan gráficos a partir del programa Corel Draw para comprender en sí cuales son las características de cada una de estas e identificarlas para conocer el nivel de degradación de cada

una de ellas con respecto a lo estipulado en la *figura 24 Clasificación de las lesiones de la guadua* del presente documento.

Figura 26

Foto-degradación de la guadua



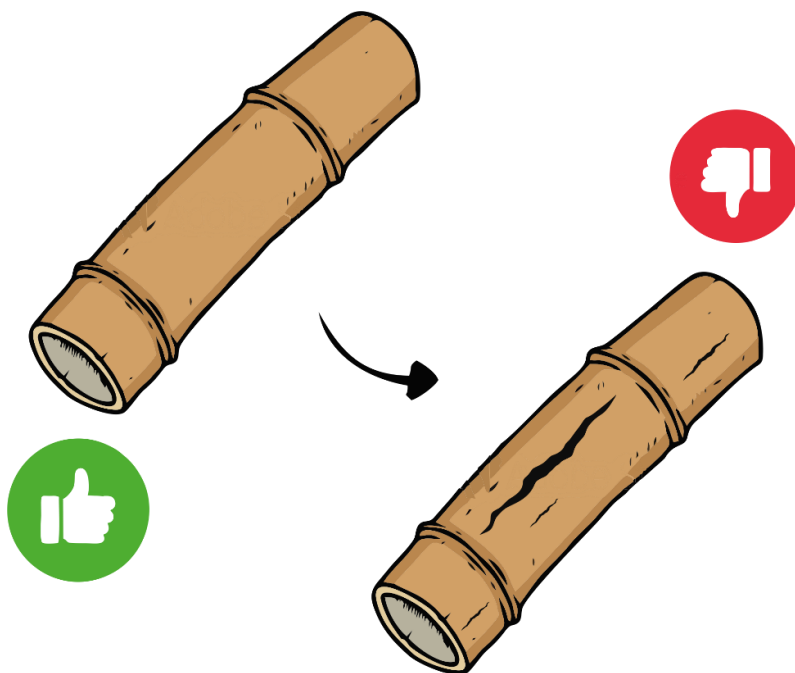
Nota. La figura representa la foto-degradación de la *Guadua Angustifolia Kunth* como el cambio de color de su composición física. Elaboración propia.

La *figura 26 Foto-degradación de la guadua* elaborada por los autores indica con sencillez y ayuda a comprender las características físicas de la *Guadua Angustifolia Kunth* cuando presenta lesión por la foto-degradación, ocasionada por la radiación solar que afecta negativamente la composición química de la guadua y hace que la misma pierda su color. En términos más específicos, la foto-degradación afecta en la composición química de la lignina que contiene la *guadua angustifolia Kunth* y esta deja de cumplir su función en sí. Además, con el tiempo a la exposición de la guadua se puede producir la misma lesión mencionada

anteriormente, pero teniendo en cuenta que esto deriva más patologías o lesiones expuestas en la *figura 25 Lesiones derivadas de otras lesiones*.

Figura 27

Agrietamiento de la guadua



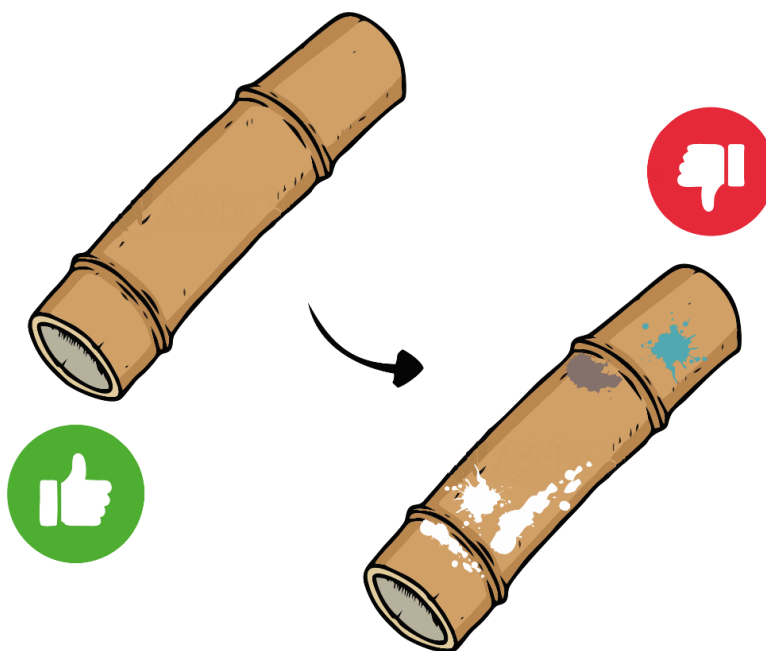
Nota. La figura representa el agrietamiento de la *Guadua Angustifolia Kunth* con la aparición de fisuras de diferentes medidas. Elaboración propia.

Así mismo, una de las lesiones derivadas de la foto-degradación se presenta por medio de fisuras o grietas en la *Guadua Angustifolia Kunth*, y es que con respecto a esta lesión se identifica a simple vista ya que estas fisuras pueden prolongarse a lo largo del culmo y afectar seriamente la estructura de la guadua, sin embargo, la humedad y los cambios de clima también tienen la responsabilidad de la aparición de esta lesión. Con base al estudio de (Ardila & Garzon, 2017) indican que las fisuras longitudinales en algunos casos no pueden llegar a ser perjudiciales debido a la gran resistencia de la *guadua angustifolia Kunth*; por lo contrario, si estas fisuras se

llegasen a presentar ya sea de manera longitudinal o radial no se tendría en cuenta como un elemento estructural siempre y cuando no cumplan con las normas técnicas para su utilización en la construcción.

Figura 28

Hongos, moho y pudrición de la guadua



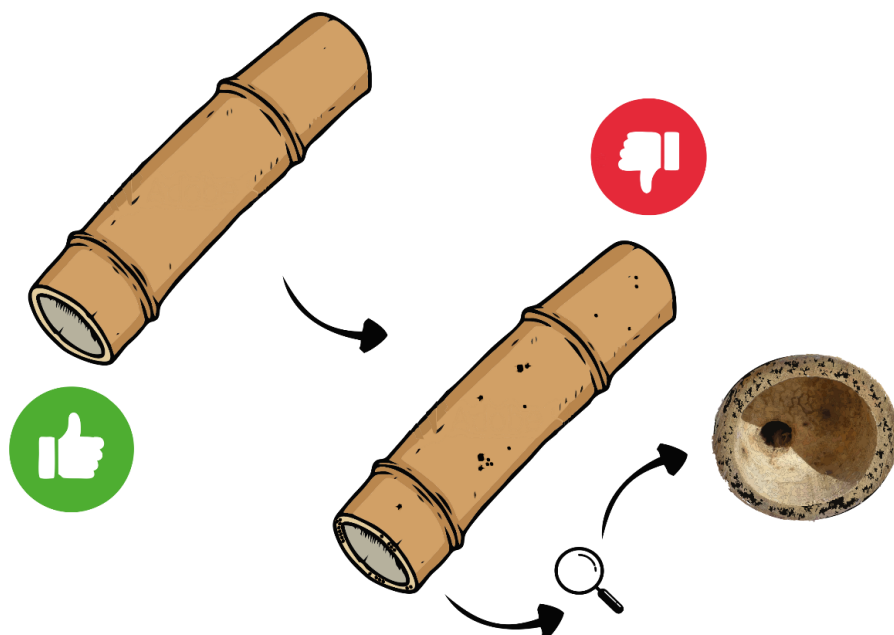
Nota. La figura representa los hongos, moho y la pudrición de la Guadua Angustifolia Kunth como la aparición de manchas de colores. Elaboración propia.

La aparición de los hongos y moho en la Guadua Angustifolia Kunth se debe principalmente a la humedad y a los cambios en la temperatura donde se encuentra el material en sí, ocasionando muestras de hongos de diferentes colores y lugares a lo largo del culmo de la guadua. Además, en algunos casos, estos hongos se comportan de manera inofensiva y no afectan la composición de la guadua, sin embargo, también existen hongos que ocasionan serias pudriciones en la composición de la guadua y hacen que esta se torne físicamente suave o

grasosa con respecto a su estado sano y común. Existen dos tipos de pudriciones tales como la blanda y parda; la primera afecta seriamente la composición física, química y mecánica ya que destruye seriamente los componentes de la guadua; la segunda solamente ataca la lignina de la misma afectándola en un grado leve.

Figura 29

Ataque de insectos



Nota. La figura representa el ataque de insectos de la Guadua Angustifolia Kunth como la aparición de pequeños agujeros en el nudo y el culmo. Elaboración propia.

El ataque de los insectos se debe primordialmente por la composición química de la Guadua Angustifolia Kunth, y es que esta especie de bambú tiene presencia de almidón y azúcar, así mismo, es un gran influyente en el ataque de los insectos que se alimentan de esto. El mismo ataque, siempre va a depender del debido cuidado que se tenga, con la aplicación de inmunizantes o preservativos que eviten o repelan el ataque de los mismos. Dentro de los

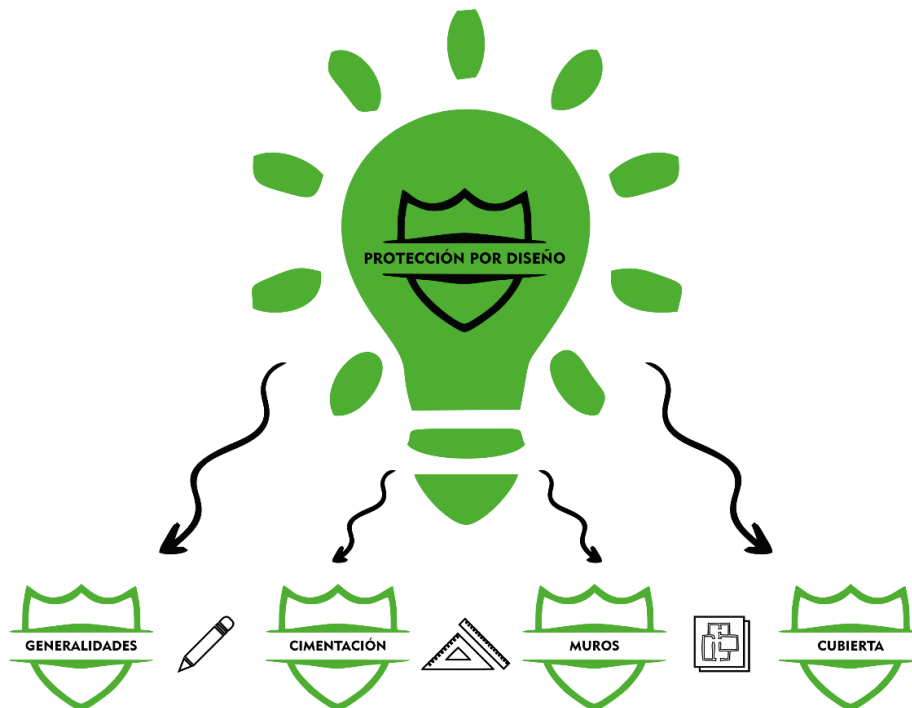
insectos que más afectan a la *Guadua Angustifolia* Kunth, apareciendo cuando la misma mantiene altas cantidades de humedad y azúcar, se manifiestan insectos de tipo barrenador que dañan estructuralmente el material en sí debido a la introducción misma en la guadua, dañando su composición química y de paso física y mecánica. Los daños causados por este tipo de insectos se observan en la *Figura 29 Ataque de insectos*

10 Protección por diseño

En primer lugar, se reconoce la Guadua Angustifolia Kunth como un material que presenta diferentes tipologías de lesiones que afectan negativamente la composición de la misma. Sin embargo, las lesiones indirectas presentadas en la guadua se miden por la protección por diseño, que en términos generales se define como aquella protección que brinda al material en sí mismo mediante el diseño constructivo para evitar el ataque de las lesiones presentadas en la Guadua Angustifolia Kunth. En un contexto más específico las lesiones indirectas se rigen por el error presentado tanto en el diseño como a la hora de la ejecución de la construcción en guadua, y es que debido a estos errores que pueden partir desde su cultivo, miden a lo largo de la vida del material la pérdida de sus propiedades y una vida útil mucho más corta.

Figura 30

Clasificación de la protección por diseño a trabajar y estudiar



Nota. La figura representa los aspectos a trabajar y estudiar de la protección por diseño para una correcta consolidación de la vivienda en cuestión. Elaboración propia.

De acuerdo a lo estipulado en la *Figura 30. Clasificación de la protección por diseño a trabajar y estudiar*, se clasifican las tipologías a estudiar dentro del contexto de la protección por diseño para así alcanzar el objetivo del proyecto de investigación. De manera general, o en las generalidades de la protección por diseño de acuerdo a la figura mencionada anteriormente se debe tener en cuenta el origen para evitar las lesiones a corto, mediano y largo plazo en la *Guadua Angustifolia Kunth*; de manera tal que se parte del hecho que a la hora del cultivo y selección del material en sí, se debe hacer de manera funcional y correcta el proceso del corte del culmo y de las ramas para evitar problemas en la composición física de la guadua y evitar así próximas curvaturas o fisuras. Además, el proceso de inmunización y secado de la guadua entra en este aspecto debido a su función en sí, y es que, si desde este aspecto no se inmuniza la guadua o simplemente no se realiza el secado recomendado, la composición de la *Guadua Angustifolia Kunth* tiende a cambiar cuando entra utilizarse en la construcción.

Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta y no solamente en la construcción con *Guadua Angustifolia Kunth* sino en general, con otros materiales relacionados como construcciones en concreto reforzado, construcciones metálicas, entre otros; se trata de la limpieza del terreno en sí, y en el caso de la construcción en guadua o madera se deben tener precauciones para que la estructura no se vaya a ver afectada:

- Limpieza general de todo residuo en el terreno
- Obras de drenaje para evitar el aumento de la humedad en el terreno
- Evitar el crecimiento de vegetación en el terreno cercano a la construcción para evitar daños en la cimentación

Figura 31

Generalidades de la protección por diseño de la guadua



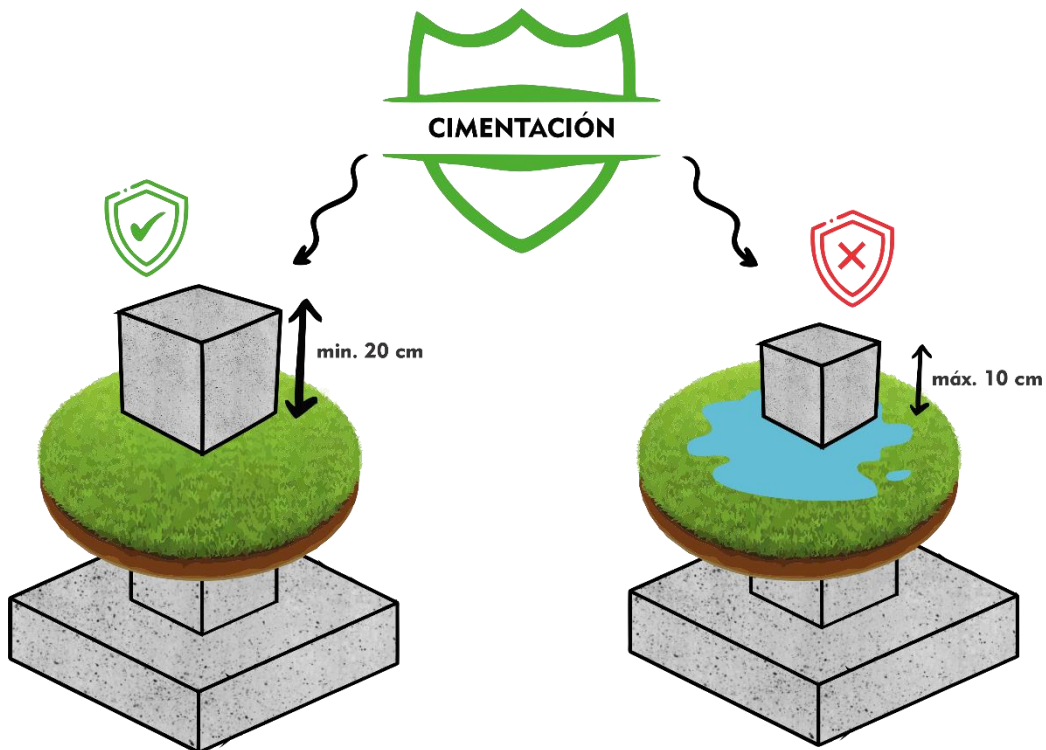
Nota. La figura representa las generalidades de la protección por diseño a tener en cuenta para prolongar la vida útil de la vivienda. Elaboración propia.

Dentro del contexto de las generalidades y como se ha mencionado anteriormente, se deben tener en cuenta los aspectos de una correcta preservación y secado del material, además de una minuciosa limpieza del terreno para evitar desde un principio la mala ejecución de la construcción en Guadua Angustifolia Kunth. Además, dicha construcción debe contar con los requisitos para la ejecución de la misma como su correspondiente norma legal, planimetría, personal, materiales complementarios, y un total y completo seguimiento de cada uno de los procesos para la correcta ejecución de la construcción. Para la correcta ejecución de una construcción en Guadua Angustifolia Kunth en sistema constructivo aporticado, también se debe tener en cuenta, dentro del contexto de las generalidades, el almacenamiento de los materiales a utilizar y su debida protección, además de la mano de obra capacitada.

Partiendo del hecho de que toda construcción necesita de bases sólidas y sismo-resistentes para soportar la carga de toda la estructura, y que es necesario una correspondiente cimentación para dicha función. De acuerdo a la información obtenida, y al criterio de los autores, se evidencia que la cimentación para una construcción en *Guadua Angustifolia Kunth* debe contar con ciertas características especiales para evitar el daño en la composición del material.

Figura 32

Altura del sobrecimiento para la construcción en guadua



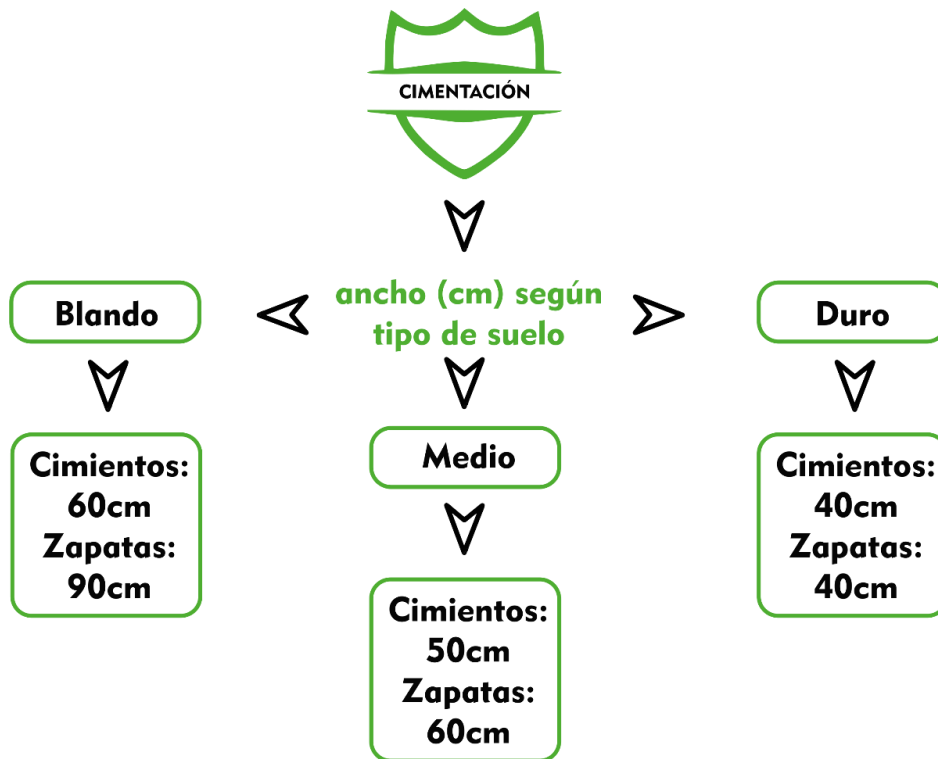
Nota. La figura representa la altura mínima del sobrecimiento a nivel del suelo y debe de estar impermeabilizado para que no transmita la humedad a las columnas de *Guadua Angustifolia Kunth*. Adaptado de “Manual para la construcción sustentable con bambú” por Instituto de Ecología (INECOL) y V. Ordóñez, 2013.

https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU.PDF

En la *Figura 32. Altura del sobrecimiento para la construcción en guadua* se determina la altura recomendada para el sobrecimiento con el fin de evitar que la lluvia entre en la construcción por el piso, además de evitar la humedad de los elementos estructurales. Además, se debe tener en cuenta que el ancho de la cimentación varía de acuerdo al tipo de suelo donde se ejecute la misma. Dicho gráfico se basa en la información adquirida del Manual para la construcción sustentable con bambú.

Figura 33

Dimensiones de la cimentación según tipo de suelo



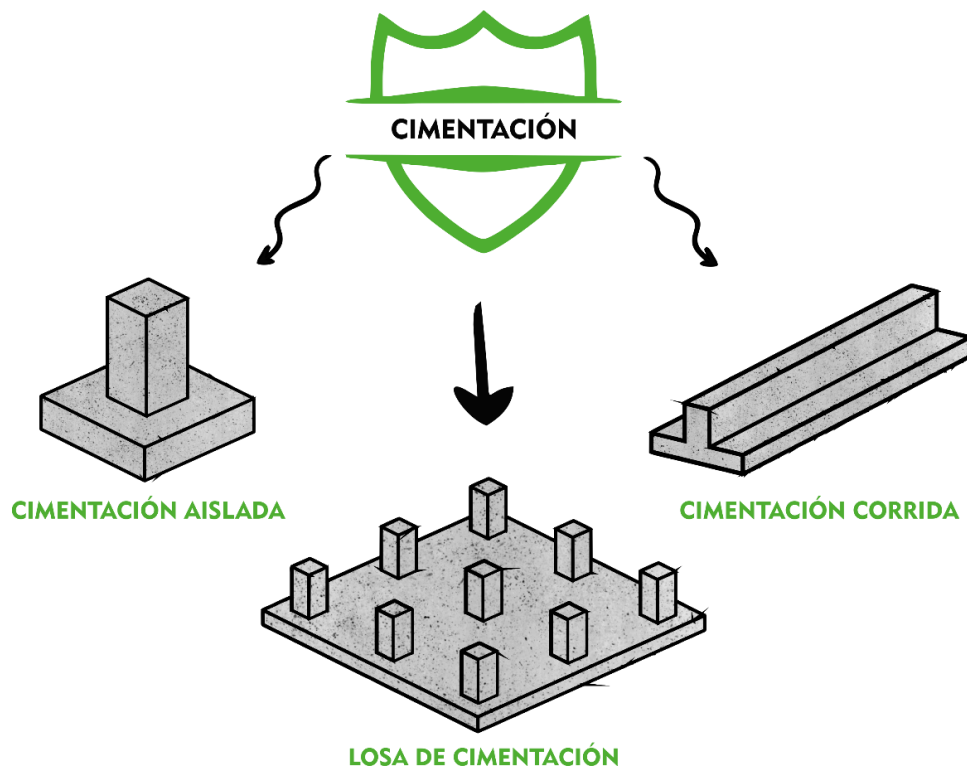
Nota. La figura representa el ancho (cm) de la cimentación según el tipo de suelo en que se encuentre la vivienda. Adaptado de “Manual para la construcción sustentable con bambú” por Instituto de Ecología (INECOL) y V. Ordóñez, 2013.

https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU.PDF

Una de las grandes ventajas de la construcción con *Guadua Angustifolia* Kunth, y generalmente con el bambú, es el costo económico de la misma y su adaptación a cualquier tipo de cimentación existentes, sin embargo, hay que tener en cuenta la debida protección y aislamiento de la estructura de la construcción con el suelo natural por medio de estas cimentaciones. Dentro de las cimentaciones existentes que se adaptan al sistema constructivo en el material mencionado anteriormente, se encuentran los siguientes, siempre y cuando estos cumplan con los requisitos que la guadua interpone para evitar la filtración de aguas lluvias o humedad.

Figura 34

Tipos de cimentaciones para construcción en guadua



Nota. La figura representa los tipos de cimentación que se pueden utilizar para una construcción de vivienda en *Guadua Angustifolia* Kunth. Adaptado de “Manual para la construcción sustentable con

bambú” por Instituto de Ecología (INECOL) y V. Ordóñez, 2013.

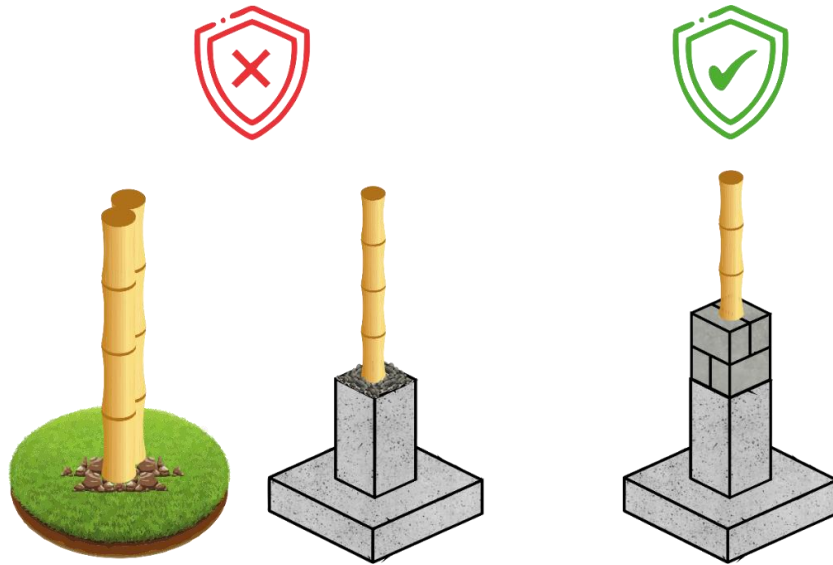
(https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU.PDF)

La protección por diseño en el sistema constructivo aporcado en Guadua Angustifolia Kunth se utiliza generalmente una cimentación aislada. Esta cimentación es utilizada gracias a su ahorro económico en costos de materiales y su menor utilización de concreto para así mismo colaborar con el medio ambiente, de igual manera, la cimentación junto con las columnas de guadua debe cumplir con aspectos técnicos para su utilización en dicha cimentación como:

- Las columnas o elementos estructurales nunca pueden estar en un contacto directo con el suelo natural debido a las lesiones por humedad. A partir de este criterio, debido al daño en la composición de los culmos de la Guadua Angustifolia Kunth, se deben utilizar elementos constructivos que aparten el mismo del suelo natural y así evitar el daño estructural; los elementos que cumplen con los criterios constructivos son: cimentación, viga de cimentación, sobrecimientos.
- En ningún caso los elementos estructurales no deben estar sumergidos dentro de la cimentación aislada, o de algún elemento constructivo que sea de concreto. Para evitar el sumergimiento de las columnas, se utilizan elementos como sobrecimiento en ladrillo o soleras de madera aserrada.
- Todas las construcciones en guadua angustifolia Kunth deben contar con su respectivo drenaje que cuente con impermeabilización

Figura 35

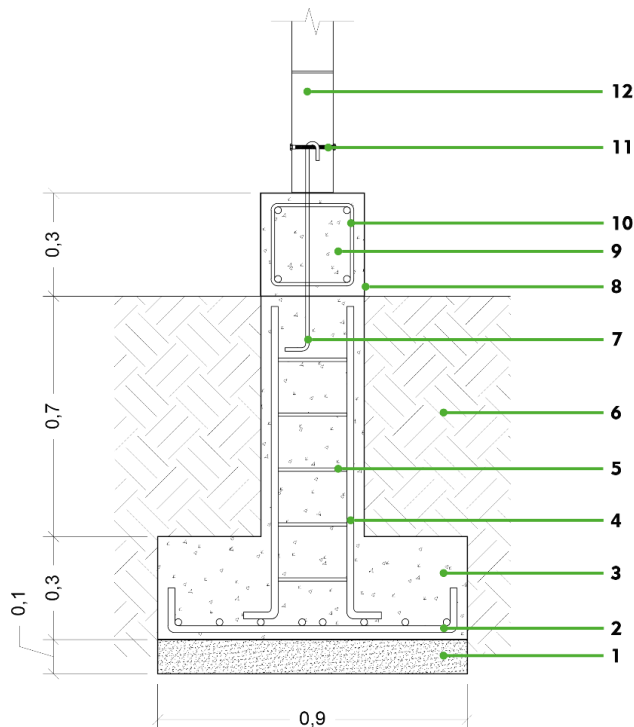
Aspectos constructivos de la cimentación aislada



Nota. La figura representa los aspectos técnicos constructivos de la cimentación aislada en construcción de una vivienda en Guadua Angustifolia Kunth, el uso de cimentación y un sobrecimiento es necesario para el correcto funcionamiento de la guadua. Elaboración propia.

Figura 36

Detalle de cimentación



Nota. La figura representa el detalle en corte de la cimentación del sistema constructivo aporticado de una vivienda de un piso de altura en Guadua Angustifolia Kunth. Elaboración propia.

Tabla 6

Especificaciones técnicas de la cimentación aislada.

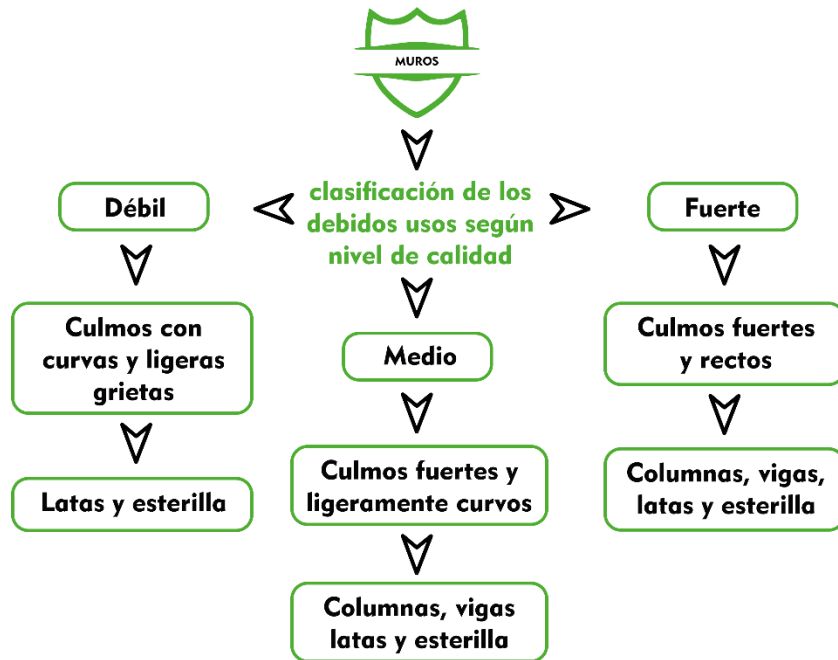
Tabla de Especificaciones		
#	Especificación	Medida/Cantidad
1	Recebo compactado o concreto pobre	0.10 x 0.90 m
2	Parilla de acero #6	3/4"
3	Zapata aislada concreto 3000 psi	Ver detalle en corte
4	Armado de acero #6	3/4"
5	Flejes de acero #3	3/8"
6	Tierra	Varía
7	Gancho de anclaje # 3	3/8"
8	Aditivo impermeabilizante para concreto	Varía
9	Dado concreto 3000 psi	0.30 x 0.30 m
10	Armado acero #3	3/8"
11	Perno de acero inoxidable	3/8" x 5"
12	Guadua Angustifolia Kunth	ø 0.12 m

Nota. La tabla representa las especificaciones técnicas de la cimentación aislada del sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth. Elaboración propia

Con base en la información obtenida en el manual de (Lucila Aguilar Arquitectos, 2018) se representa la clasificación de los usos debidos del bambú siempre y cuando teniendo en cuenta su calidad estructural.

Figura 37

Clasificación de los usos según nivel de calidad del culmo de guadua



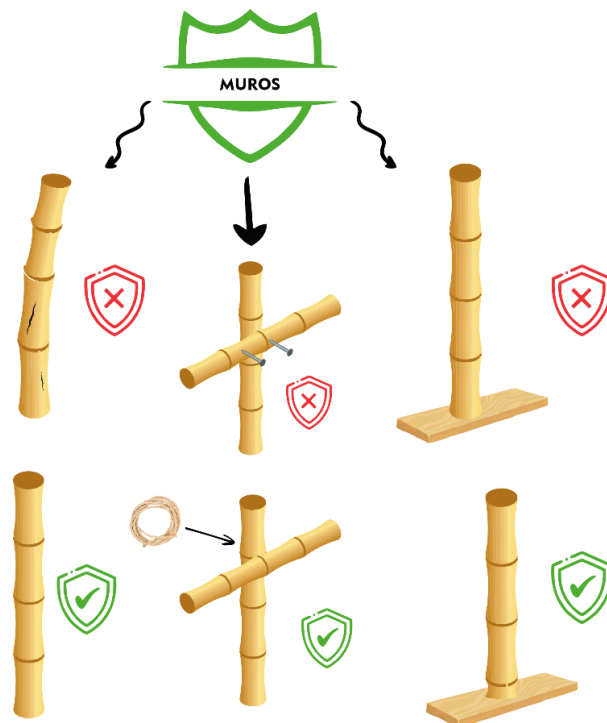
Nota. La figura representa los diferentes usos del culmo de Guadua Angustifolia Kunth según el nivel de calidad del mismo. Adaptado de “Manual para la construcción con bambú” por Lucila Aguilar Arquitectos, 2018. (https://assets.adsttc.com/content_files/Manual+de+Construccion+con+Bambu.pdf)

La estructura de las construcciones en el sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth, regida por muros del mismo material, deben ser capaces de soportar la carga a la que están expuestos, en este caso su peso mismo y el de la cubierta correspondiente, además, estos muros deben estar debidamente sujetos al tipo de cimentación que se vaya a utilizar y cumplir con las normas de construcción estipuladas en el Título G de la NSR-10. Sin embargo, estos muros cuentan con variedad de sistemas constructivos en Colombia y alrededor del mundo que utilice la Guadua Angustifolia Kunth, y es que al ser un material que cuenta con propiedades que hacen que su impacto ambiental sea mucho menor en relación con los otros materiales existentes como el concreto y el acero.

Los sistemas constructivos con este material, se han visto reflejados a lo largo de la historia del mismo, y uno de los más conocidos es el bahareque, el cual consta de un entramado en guadua, esterilla de guadua y revoque de mortero; este sistema constructivo se basa en paneles entramados, y, al igual que el resto de sistemas constructivos se ejecutan de la misma manera debido a la composición de la guadua. Por otra parte, anteriormente se utilizaba solo la guadua como elemento constructivo de todo, y a pesar de que sufría sus correspondientes lesiones por exposición a la humedad y a los rayos del sol, las construcciones en guadua *angustifolia* Kunth siempre se han mantenido intactas, siempre y cuando cumpla con los requisitos de la inmunización y secado para su uso. Los elementos estructurales de la estructura misma deben tener ciertos aspectos técnicos constructivos para su correcta utilización, y así mismo evitar aplastamiento, fisuras y pérdida de sus propiedades mecánicas.

Figura 38

Aspectos constructivos del culmo de guadua



Nota. La figura representa los aspectos constructivos a tener en cuenta del culmo de la Guadua Angustifolia Kunth como que se debe utilizar un culmo fuerte, recto y sin fisuras. Elaboración propia.

Dentro de los aspectos técnicos constructivos para el sistema constructivo aporticado, y para comprenderlos de la mejor manera posible, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Utilizar Guadua Angustifolia Kunth que esté debidamente curada, secada e inmunizada para la construcción. Además, de contar con sus correspondientes cortes, diámetros y espesores.
- Utilizar cuerdas en buen estado y con diámetros apropiados, o alambre grueso con el fin de amarrar y unir dos elementos.
- En el extremo inferior de los elementos estructurales verticales se debe ubicar el nudo para evitar astillamiento en el mismo.

Figura 39

Protección por diseño de los muros de la vivienda en guadua

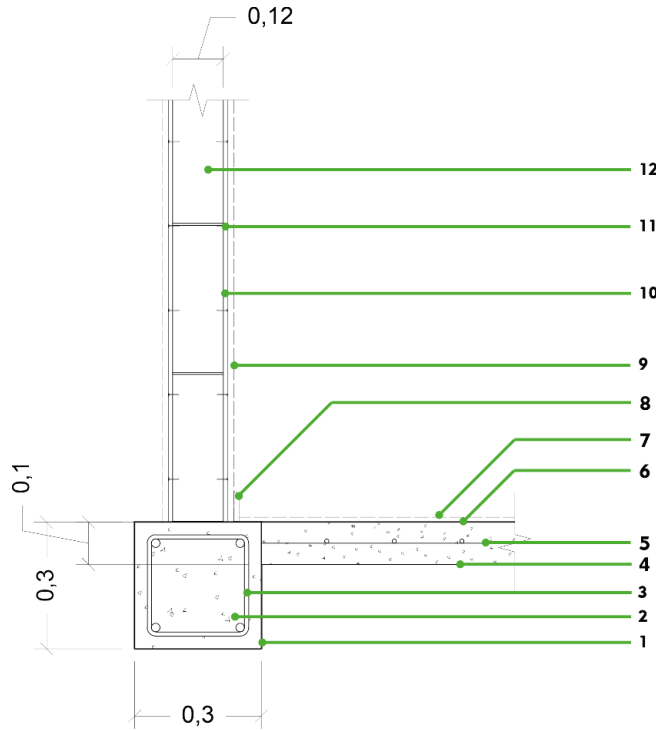


Nota. La figura representa lo que se debe tener en cuenta en la disposición de los muros del sistema constructivo aporricado en Guadua Angustifolia Kunth expuestos a vapor y humedad de una vivienda de un nivel de altura. Elaboración propia.

- Los elementos estructurales expuestos al vapor y la humedad en lugares de la construcción como los baños o cocinas se deben impermeabilizar de la manera correcta e instalar ventilación para evitar las lesiones en la Guadua Angustifolia Kunth
- Los elementos estructurales solamente pueden tener un uso en específico, esto quiere decir que una columna de Guadua Angustifolia Kunth no puede ser utilizado en la construcción con andamios y luego ser utilizado como elemento estructural portante.
- Evitar en lo posible la mala manipulación de los culmos, así mismo evitar las caídas, golpes fuertes o aplastamientos de los mismos.
- Las instalaciones sanitarias, eléctricas e hidráulicas en ninguna ocasión pueden afectar la composición física de los elementos estructurales en Guadua Angustifolia Kunth
- Los elementos estructurales cercanos a objetos que proporcionen calor deben estar debidamente impermeabilizados o aislados con materiales incombustibles. Además, se debe evitar el uso de elementos que influyan en el aumento de temperatura en el ambiente.
- Para proteger la Guadua Angustifolia Kunth del fuego se deben aplicar elementos preservativos incombustibles que retarden o eviten el incendio de la misma, en ningún caso pueden estar expuestas a más de 65°C.

Figura 40

Detalle de muros y contrapiso



Nota. La figura representa el detalle en corte de muros y contrapiso del sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth en una vivienda de un nivel de altura. Elaboración propia.

Tabla 7

Especificaciones técnicas de muros y contrapiso

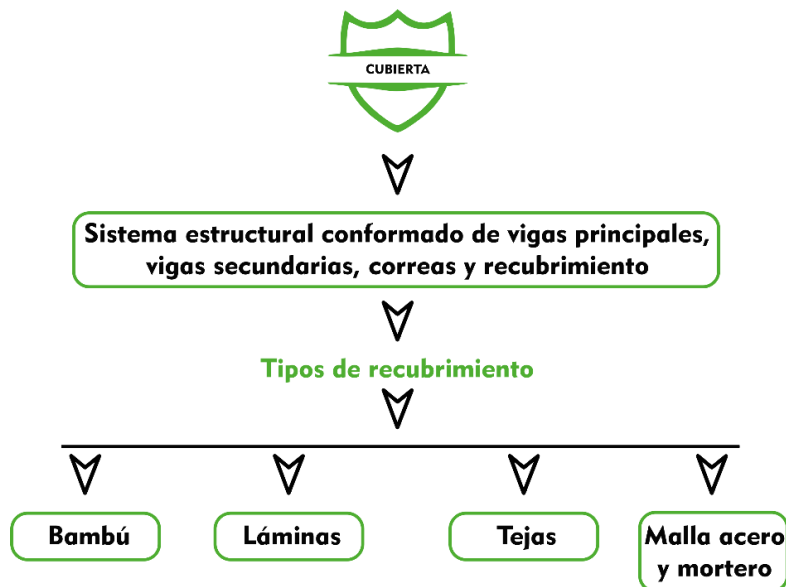
Tabla de Especificaciones		
#	Especificación	Medida/Cantidad
1	Aditivo impermeabilizante para concreto	Varía
2	Dado concreto 3000 psi	0.30 x 0.30 m
3	Armado acero #3	3/8"
4	Losa de concreto	0.10 m
5	Malla electrosoldada 3/8"	c. 0.15 x 0.15 m
6	Espuma de polietileno	0.002 m
7	Recubrimiento de piso a utilizar	De acuerdo a lo que se quiera
8	Guardascoba	0.07 x 0.012 m
9	Recubrimiento de pared a utilizar	De acuerdo a lo que se quiera
10	Esterilla de Guadua	De acuerdo a lo que se quiera
11	Clavo galvanizado	1"
12	Guadua Angustifolia Kunth	ø 0.12 m

Nota. La tabla representa las especificaciones técnicas de los muros y el contrapiso del sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth en una vivienda de un nivel de altura. Elaboración propia.

De acuerdo al anterior detalle constructivo se debe tener en cuenta que para el recubrimiento de piso siempre debe estar presente un aislante de la losa de concreto y del piso instalado sea cual sea de acuerdo a la preferencia, pero se recomienda utilizar ya sea un aditivo impermeabilizante para la losa de concreto o algún tipo de aislante como una espuma de polietileno para el caso de la instalación de un piso de madera. Así mismo, en el caso del recubrimiento de la pared se pueden utilizar diferentes recubrimientos, siempre y cuando protejan la esterilla y las columnas de la exposición de la lluvia y a los rayos solares; se pueden utilizar diversos recubrimientos para dicha función en sí, como un mortero impermeabilizado con su debida malla electrosoldada, láminas de madera impermeabilizada, pintura, entre otros, pero que siempre se cumpla la función de velar y proteger la estructura portante, en este caso las columnas de Guadua Angustifolia Kunth.

Figura 41

Generalidades de la cubierta en guadua

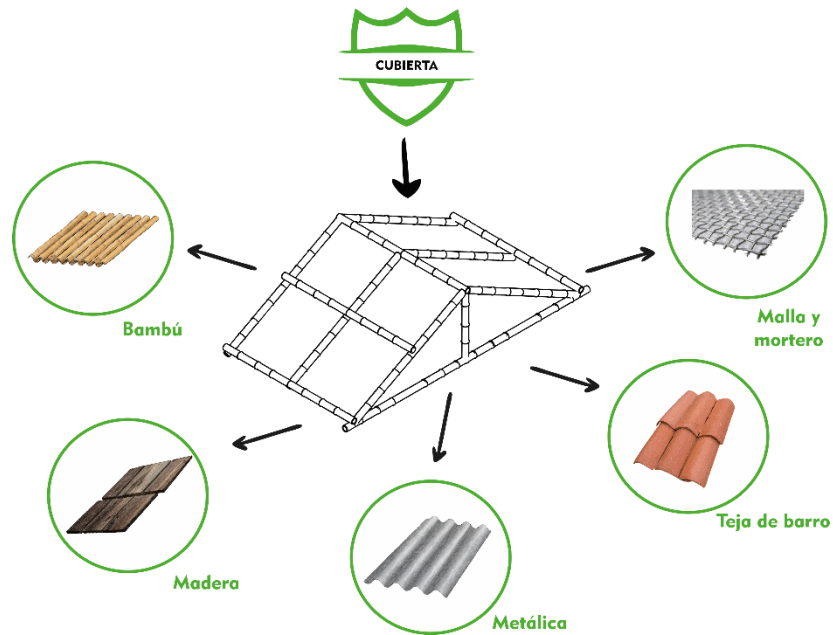


Nota. La figura representa la disposición estructural y de recubrimiento de la cubierta del sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth en una vivienda de un nivel de altura. Elaboración propia.

Dentro del contexto de las cubiertas para el sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth, las mismas se refieren de la estructura que la sostiene, sus aspectos técnicos constructivos varían de acuerdo al tipo de cubierta que se vaya a instalar en la construcción. Las cubiertas en este caso son las más propensas a que se presenten fallos tanto en su diseño como en su construcción debido a su continua exposición de los agentes climáticos y de los sismos. Además, las cubiertas deben estar debidamente conectadas entre sí mediante uniones con las columnas de guadua angustifolia Kunth de la construcción para transmitir las cargas a la cimentación y evitar problemas con respecto al viento y/o sismos. La finalidad de una cubierta en una construcción en un sistema aporticado, aparte de ofrecer un toque especial en la misma, proporciona seguridad de quien la habita, además de la variedad de ese recubrimiento final de dicha cubierta que protegerá la edificación ante los entes mencionados anteriormente.

Figura 42

Entramado y recubrimiento de la cubierta en guadua



Nota. La figura representa los diferentes tipos de recubrimientos de cubierta del sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth en una vivienda de un nivel de altura. Elaboración propia.

En primer lugar, tanto la estructura portante de la cubierta como el recubrimiento en sí deben ser livianas para evitar daños estructurales en los elementos que la soportan, además, deben estar correctamente impermeabilizadas contra la humedad y contar con aleros para evitar el contacto directo de la estructura (muros) con la lluvia y rayos solares. La estructura portante debe estar conformada con elementos estructurales que funcionen de manera tal para las cargas verticales y laterales de la misma. Se deben tener ciertos aspectos técnicos constructivos para la buena elaboración de la cubierta en una construcción en guadua angustifolia Kunth como:

- Aquellos aleros que sean de más de 60 cm deben contar con un apoyo adicional anclado a la estructura en sí de la construcción

- Los materiales del recubrimiento de la cubierta deben estar correctamente impermeabilizados, de lo contrario no se pueden utilizar en la misma. Además, aquellos materiales que transmitan el paso de la humedad a la estructura portante de la cubierta deben separarse y evitar el contacto directo con la misma.
- En todos los casos, los recubrimientos de la cubierta deben soportar los rayos solares, evitar la transmisión de humedad a la estructura portante y repelerla de ella, tener una buena durabilidad y ser livianos.
- En caso de que la cubierta no cuente con los aleros mencionados anteriormente, se debe impermeabilizar periódicamente los elementos estructurales expuestos directamente a los rayos solares, lluvias y vientos.
- En la estructura portante de la cubierta se deben sellar todo tipo de espacios que permitan el paso de insectos o roedores para evitar daños en la misma.

Figura 43

Recomendaciones de los recubrimientos de la cubierta en guadua



Nota. La figura representa las recomendaciones a tener en cuenta a la hora de la utilización de los diferentes recubrimientos de la cubierta del sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth en una vivienda de un nivel de altura. Elaboración propia.

Para una mejor comprensión de la protección por diseño presentada en construcciones con el sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth, se realiza un corte fachada con todas las especificaciones técnicas a tener en cuenta en una vivienda de un nivel de altura con el sistema mencionado anteriormente. También, hay que tener en cuenta que para la realización de este corte fachada, y de los demás detalles constructivos se tiene en cuenta lo mencionado en cada uno de los aspectos: cimentación, muros y cubierta para la correcta consolidación de dicho plano y que permita preservar la vida útil del material en construcciones con un sistema aporticado y además de un nivel de altura. Sin embargo, cabe mencionar que

muchos de estos aspectos se pueden relacionar con otros sistemas constructivos e incluso en un segundo nivel de altura.

Tabla 8

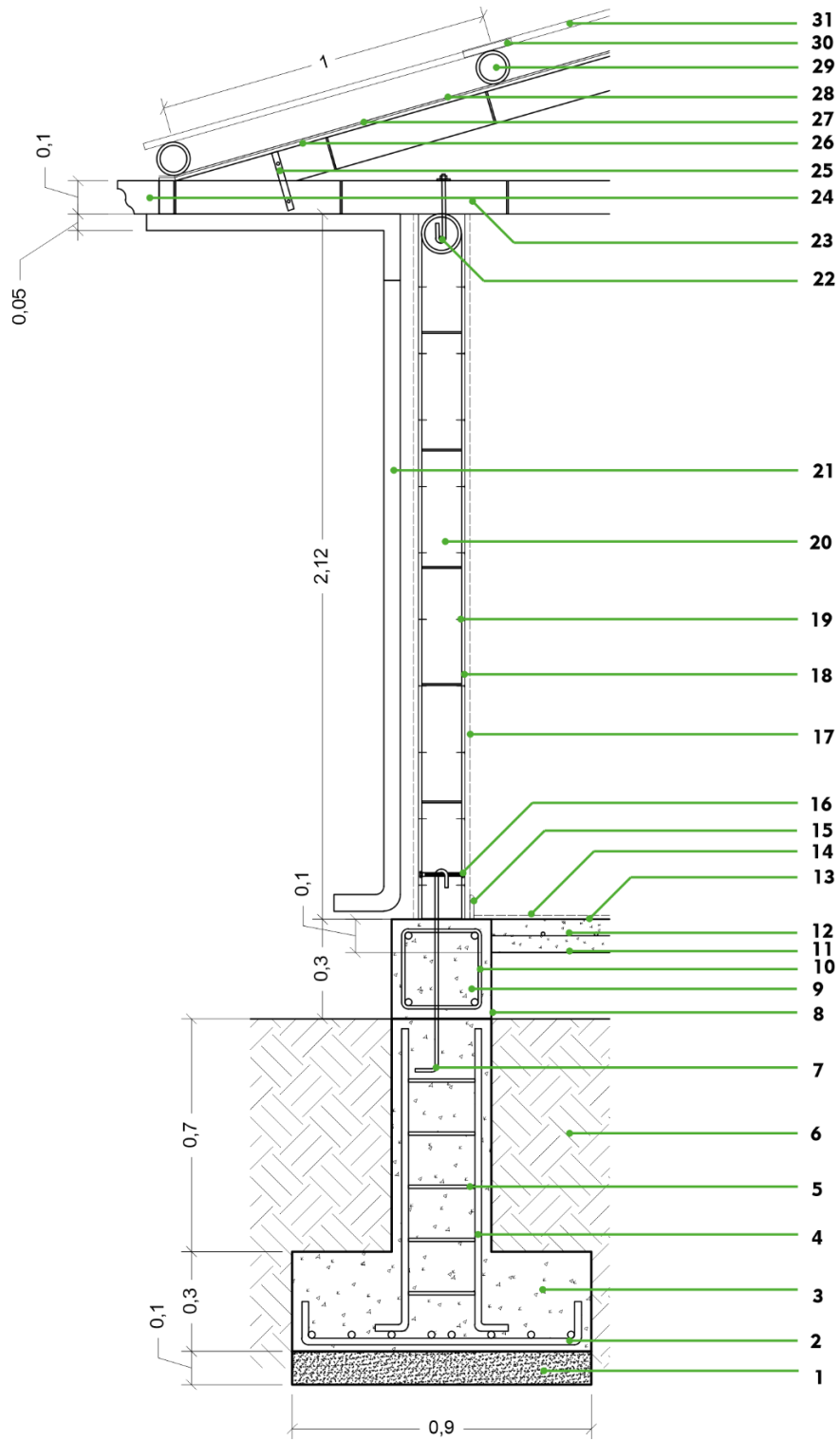
Especificaciones técnicas del corte fachada

Tabla de Especificaciones		
#	Especificación	Medida/Cantidad
1	Recebo compactado o concreto pobre	0.10 x 0.90 m
2	Parilla de acero #6	3/4"
3	Zapata aislada concreto 3000 psi	Ver detalle en corte
4	Armado de acero #6	3/4"
5	Flejes de acero #3	3/8"
6	Tierra	Varía
7	Gancho de anclaje # 3	3/8"
8	Aditivo impermeabilizante para concreto	Varía
9	Dado concreto 3000 psi	0.30 x 0.30 m
10	Armado acero #3	3/8"
11	Losa de concreto	0.10 m
12	Malla electrosoldada 3/8"	c. 0.15 x 0.15 m
13	Espuma de polietileno	0.002 m
14	Recubrimiento de piso a utilizar	De acuerdo a lo que se quiera
15	Guardaescoba	0.07 x 0.012 m
16	Perno de acero inoxidable	3/8" x 5"
17	Recubrimiento de pared a utilizar	De acuerdo a lo que se quiera
18	Esterilla de Guadua	De acuerdo a lo que se quiera
19	Clavo galvanizado	1"
20	Guadua Angustifolia Kunth	ø 0.12 m
21	Bajante en pvc	0.05 x 3 m
22	Gancho de anclaje # 3	3/8"
23	Guadua Angustifolia Kunth	ø 0.10 m
24	Canal Amazonas en pvc	0.1 x 3 m
25	Zuncho de acero inoxidable	3/8" x 0.02 m
26	Esterilla de guadua	Varía
27	Tela de refuerzo Sika Felt FPP-30	Varía
28	Impermeabilizante acrílico	Varía
29	Correas en Guadua Angustifolia Kunth	ø 0.10 m
30	Traslapo de teja opaca de polipropileno Eternit	0.15 Long. - 0.10 m Trans.
31	Tejas opacas de polipropileno Eternit	1.15 x 0.76 m

Nota. La tabla representa las especificaciones técnicas del corte fachada mostrando la disposición de cimentación, muros, contrapiso y cubierta del sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth. Elaboración propia.

Figura 44

Detalle en corte fachada

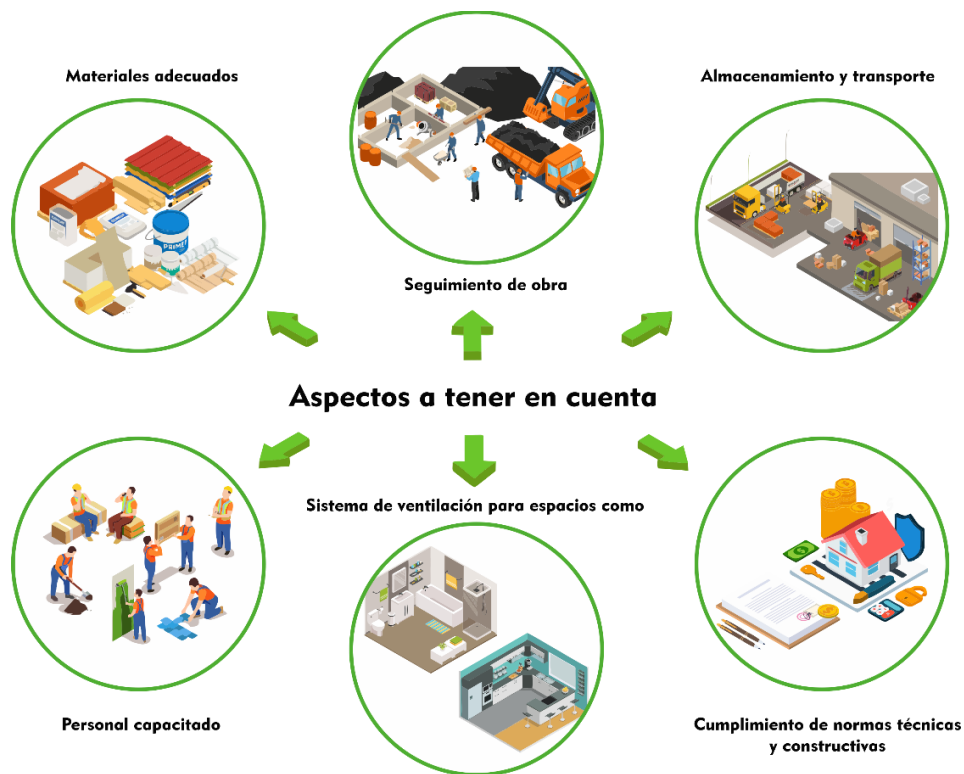


Nota. La figura representa el detalle en corte fachada del sistema constructivo aporticado en Guadua Angustifolia Kunth en una vivienda de un nivel de altura. Elaboración propia.

De acuerdo al corte fachada anterior se realizó teniendo en cuenta la protección por diseño para preservar la vida útil de la Guadua Angustifolia Kunth en construcciones de sistema aporticado de un nivel de altura, sin embargo, existen otros conceptos que también abordan y tienen que ver con la protección por diseño para una total y eficiente ejecución de la edificación. A tener en cuenta aspectos como: la cimentación, el entramado de los muros y contrapiso y la cubierta se deben seguir así mismo antes, durante y después de la construcción:

Figura 45

Aspectos generales de protección por diseño



Nota. La figura representa los aspectos a tener en cuenta para la protección por diseño a la hora de construir con Guadua Angustifolia Kunth para prolongar la vida útil de la vivienda en cuestión. Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta estos aspectos para la correcta consolidación de una edificación en el sistema aporticado en Guadua Angustifolia Kunth y así mismo preservar la vida útil de la misma y mejorar la calidad de vida de quién la habita.

Conclusiones y Recomendaciones

Los procesos de degradación expresados en las patologías procedentes de un mal diseño técnico y constructivo, en una vivienda de un nivel de altura en Guadua Angustifolia Kunth en sistema constructivo aporticado, reducen notablemente la composición física, mecánica y química del material.

La Guadua Angustifolia Kunth como elemento estructural no puede presentar fisuras, blanqueamiento, presencia de hongos e insectos para su utilización en la construcción de viviendas.

Los gráficos didácticos mostrados en el presente documento expresan las Generalidades, afectaciones y la debida protección por diseño de la Guadua Angustifolia Kunth dirigida al personal que no está capacitado o desconoce estos términos constructivos por medio de una guía didáctica y detalles constructivos de una vivienda de un nivel de altura con sistema constructivo aporticado para una mejor comprensión.

El mantenimiento periódico de los elementos estructurales varía según la ubicación de la vivienda en Guadua Angustifolia Kunth y el contenido de humedad de la zona. Así mismo cuando se presenten fallos en su composición física que implica la pérdida de sus propiedades y el mal funcionamiento estructural de la vivienda.

La correcta ejecución y seguimiento de cada uno de los procesos técnicos y constructivos en una vivienda de un nivel de altura con un sistema aporticado en *Guadua Angustifolia Kunth* reduce en una mayor parte la aparición de las lesiones y así mismo preserva la vida útil del material y de la vivienda.

Lista de Referencias

- Añazco, M. (2013). *Estudio de vulnerabilidad del bambú (Guadua angustifolia) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte Perú*. Union Europea, Red Internacional de Bambu y Ratan.
- https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu.pdf
- Ardila, W. & Garzon, L. (2017). *Investigación resistencia a compresión de la guadua angustifolia en estado de fotodegradación*. [Trabajo de grado, Universidad La Gran Colombia] Repositorio Institucional.
- https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3344/Investigacion_resistencia_compresion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arriaga , F. & Herrero, M. (2001). Protección de la madera mediante el diseño constructivo. *Boletín de información técnica AITIM*, (214), 31-42.
- https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_156_12380.pdf
- Barreto , W. & Gutiérrez, M. (2018, Mayo). Estudio de durabilidad en las estructuras de bambú guadua angustifolia Kunth de la Universidad La Gran Colombia seccional Armenia-Colombia [Conferencia]. *Conference: XVI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - III Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira*. At: São Carlos, Brasil.
- 325314275_ESTUDIO_DE_DURABILIDAD_EN_LAS_ESTRUCTURAS_DE_BAMBU_GUADUA_ANGUSTIFOLIA_KUNTH_DE_LA_UNIVERSIDAD_LA_GRAN_COLOMBIA_SECCIONAL_ARMENIA

- Cadena , D. (2018). *Guía Didáctica para Diseño y Construcción de Estructuras de Guadúa (GaK) y otros Bambúes. Guía Didáctica para Diseño y Construcción de Estructuras de Guadúa (GaK) y otros Bambúes*. Red Internacional del Bambú y Ratán (INBAR).
https://www.researchgate.net/publication/332530607_Guia_Didactica_para_Disenoy_Construccion_de_Estructuras_de_Guadua_GaK_y_otros_Bambues
- Castaño, F. & Moreno, R. (2004). *Guadua para todos. Cultivo y aprovechamiento*. Ministerio de Ambiente
- Colmenarez, L., Aldana, W. & Echeverria, M. (2017, 17 de febrero). Manual de construcción de estructuras – 1era parte Sistema Aporticado.
<https://es.slideshare.net/Leonduro22/manual-de-construccion-de-estructuras-1era-parte-sistema-aporricado>
- Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. (2010). Capítulo G.12 Estructuras de Guadua. *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (350-363)*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
https://web.archive.org/web/20120512184742/http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/NSR-10_diario_oficial_26marzo10.pdf
- Hidalgo, O. (s.f.). *Manual de construcción con Bambú*. Universidad Nacional de Colombia.
<https://guaduabambucolombia.files.wordpress.com/2016/02/manual-de-construccion-con-bambu.pdf>
- Lopez, L. (2015). *Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado*. Red Internacional del Bambú y Ratán (INBAR).

Lucila Aguilar Arquitectos. (2018). *Manual para la construcción con Bambú*. Lucila Aguilar Arquitectos.

https://assets.adsttc.com/content_files/Manual+de+Construccion+con+Bambu.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). *Estructuras de guadua (gaK)*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/Estructuras-de-Guadua.pdf>

Monjo, J. & Maldonado, L. (2001). *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. E.T.S. Arquitectura (UPM). <http://oa.upm.es/45423/>

Red Internacional de Bambú y Ratán . (2011). *Normas Técnicas para la utilización de la guadua angustifolia Kunth en la construcción*. INBAR.

<https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2011-normas-tecnica-para-la-utilizacioc81n-de-la-guadua-angustifolia-en-la-construccioc81n.pdf>

Salas , E. (2006). *Actualidad y futuro de la arquitectura de bambu en colombia. Simón Vélez: Simbolo y busqueda de lo primitivo*. [Tesis de maestria, Universidad politecnica de cataluña]. Repositorio Institucional.

https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6130/01_ESD_Portada_sumari.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salazar, J. & Díaz, G. (1997). Inmunización de la guadua. *Ingenieria y Educación*, (38), 14-20. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.n38.20948>

Torin, C. (2014, 30 de Junio). Sistema estructural (pórticos).

<https://es.slideshare.net/Torincho/sistema-estrutural>

Universidad Nacional de Colombia. (2015, 28 de Octubre). Bioarquitectura, una mezcla de tradición y creatividad. <http://dev2.unal.edu.co/detalle/bioarquitectura-una-mezcla-de-tradicion-y-creatividad-1>

Yamin, L. & Cardona, Ó. (2001). *Manual de Construcción Sismo Resistente de Viviendas en Bahareque Encementado*. Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica

Anexos

- Guía



La presente guía didáctica se elaboró con la intención de fomentar al personal que no está capacitado y desconoce los requisitos de la protección por diseño para construcciones en un sistema constructivo aporticado de un nivel de altura en Guadua Angustifolia Kunth. La presente guía didáctica se basa en fuentes de información para su debida elaboración.

