

ESTUDIO DE CASO DURABILIDAD DE LA GUADUA, EDIFICACIÓN RESTAURANTE EL
RANCHON

JUAN CARLOS FERNÁNDEZ AGUDELO

BRAYAN EDUARDO MARTINEZ VARGAS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS
MONOGRAFIA DE GRADO
BOGOTA D.C DICIEMBRE DE 2018

ESTUDIO DE CASO DURABILIDAD DE LA GUADUA, EDIFICACIÓN RESTAURANTE EL
RANCHON

Presentando para optar al título de
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas

Coordinador PTCA

Arq. Nelson Ricardo Cifuentes Villalobos

Docente de Proyecto

Arq. WALTER BARRETO

Presenta:

Juan Carlos Fernández Agudelo

Brayan Eduardo Martínez Vargas



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS

MONOGRAFIA

BOGOTA D. DICIEMBRE DE 2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

Firma Director Trabajo de Grado

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Contenido

Resumen.....	7
Palabras claves	7
Abstract	8
Keyword.....	8
Introducción	9
Justificación.....	11
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Marco teórico	15
Control de calidad	15
Selección del material	15
Corte de culmo	16
Avinagrado.....	16
Tumbado.....	16
Corte de ramas	16
Extracción del bosque o plantación.....	17
Almacenamiento.....	17
Preservación.....	18
Procesos de preservación	19
Secado	19
Métodos de secado	20
Protección por diseño	21
Elementos en contacto con el suelo.....	23
Piezas expuestas a la intemperie.....	25
Protección con cubierta.....	25
Mantenimiento GAK.....	26
Patología.....	28
Patología de origen biótico.....	28
Hongos xilófagos.....	28
Insectos de ciclo larvario	31
Anóbidos.....	32

Cerambicidos	32
Bostrichidos.....	33
Patología de origen abiótico	33
Agentes meteorológicos o atmosféricos.....	33
Estado del arte de la guadua.....	35
Construcción en guadua	35
Uniones estructurales	35
Unión con lámina de acero	36
Unión con mortero y varilla.....	37
Unión pernada.....	38
Unión pernada con abrazadera o zuncho.....	38
Unión pernada con pletinas paralelas	39
Unión con barra embebida axial	39
Corte Recto.....	40
Corte Boca de Pescado	40
Metodología	41
Semblanza	42
Preguntas del estudio de caso.....	43
Procedimientos a realizar	44
Guía de reporte.....	45
Resultados	46
Diseño	46
Cualidades de diseño	48
Mantenimiento	48
Calidad de los materiales y la construcción	50
Conclusiones	54
Sugerencia.....	55
Referencias	57

Índice de tablas

Tabla 1	22
---------------	----

Índice de figuras

Figura 1	24
Figura 2	30
Figura 3	36
Figura 4	37
Figura 5	38
Figura 6	38
Figura 7	39
Figura 8	39
Figura 9	40
Figura 10	40
Figura 11	42
Figura 12	43
Figura 13	44
Figura 14	45
Figura 15	47
Figura 16	48
Figura 17	49
Figura 18	51

Resumen

En este caso de estudio se escogió como tema, la durabilidad de la guadua de una edificación que lleva más de veinte años de construida y se mantienen en condiciones estables de uso, en la cual se pretendía identificar qué tipo de agentes bióticos afectan en mayor medida la durabilidad de esta, para esto se implementó la metodología de estudio de caso que propone Piedad Martínez Carazo la cual se desarrolló en cuatro etapas, la simpleza; que es la fase de planeación para la investigación, preguntas relevante; donde se plantean los diferentes cuestionamientos alrededor de este estudio, en la tercera parte se establece que tipo de evidencias se recolectaran para la comprobación de la proposición teórica, para finalizar la metodología se hace la recolección de la información documentándola a través de planos, encuestas, modelo virtual , lo cual género como resultado una evolución en tres aspectos: protección por diseño mantenimiento calidad de la construcción y materias primas, lo cual permitió establecerse que la durabilidad de la guadua se encuentra en condiciones adecuadas y gracia a que la edificación contaba con un diseño eficiente que la blindo contra la humedad, así como las acciones de mantenimiento que no son muy resientes, pero permitieron que se conservara hasta la fecha, también se resalta que la selección de las materias primas contaron con procesos de calidad que permitieron que esta no se convirtiera en objeto de ataque de hongos y en una muy mínima medida por insectos.

Palabras claves

Durabilidad, diseño, mantenimiento, gestión de calidad, lesiones

Abstract

In this research, the chosen case of study was the guadua within a 20 year old building that still remains stable.

The objective was to identify the biotic agents that affect the most the structure's life span.

The investigation was conducted throughout the methodology developed by Piedad Martinez Carazo which has four stages. Resemblance, as the first step is where the planning of the study takes place. In the second one, a set of questions is proposed regarding to the case of study. Then in the third phase the evidence to be gathered is established in order to validate or deny the theoretical thesis. Lastly, in the fourth stage the collection of the information was done by making surveys, elaborating the blue prints and a virtual model of the structure.

All this information made it possible to establish that the guadua indeed had an optimal resistance given that the buildings structure had an efficient design that secures it against humidity. Likewise, the maintenance actions helped the conservation, even though the used procedures were not the most adequate.

Finally, it could be addressed that the material selection was satisfactory as it was no proliferation of fungus, neither of insects.

Keyword

Durability, design, maintenance, quality management, injuries.

Introducción

Dentro del territorio colombiano observamos la diversidad de su arquitectura, tanto en lo urbano como en lo rural, se destacan los refugios vernáculos como edificaciones, conformadas por materiales naturales del entorno sin muchos procesos industriales, probando métodos empíricos que por tradición se han implementado, pero carecen de una buena técnica y supervisión de obra.

La finalidad de este estudio de caso, es evidenciar los factores técnicos y de diseño, la escasa regulación de las construcciones en guadua, hacen que estas estas estructuras se deterioren y puedan llevar a un colapso inminente.

Es importante observación del caso de estudio, permite mostrar cuál es el estado de la vida útil de la guadua que conforma la estructura de la edificación orientando el trabajo a establecer causas y origen de lesiones y ver cómo estas con el tiempo pueden afectar la construcción

En la actualidad resulta relevante comprender este tipo de materiales como la guadua. Promoviendo el desarrollo de un tipo de arquitectura sostenible, teniendo en cuenta que en el ejercicio de la construcción actual, se introduce materiales industrializados de alto consumo energético dejando una huella de carbón muy alta.

El conocimiento acerca de las edificaciones construidas con guadua permitiría que se su empleo se extienda en repuesta a buscar una solución de vivienda óptima y más amigable con el medio ambiente.

La investigación de este modelo constructivo ya en uso permite generar juicios de valor que se puedan documentar y establecer causas de deterioro más comunes que presenta la guadua que forma la estructura de la edificación generando protocolo procedimientos para el mantenimiento y posible rehabilitación de los componentes de guadua.

La investigación se realizará en atención a la disponibilidad de la edificación, la cual en la actualidad se encuentra en servicio. El procedimiento se iniciará con la visita de observación a la edificación; seguirá con la gestión de los planos si existen, de no ser posible obtenerlos se procederá con un levantamiento arquitectónico y la creación de un marco teórico que orienta el desarrollo de la investigación junto a los demás componentes del protocolo de investigación.

Justificación

La durabilidad de la guadua que es utilizada como material de construcción dentro de las edificaciones tiene un uso poco común; sin embargo, es un buen insumo para ser incorporada en un sistema estructural por su gran capacidad portante, esta presenta ciertas desventajas en referencia a otros materiales industrializados como el hormigón armado, teniendo en cuenta que es un material de origen vegetal (orgánico) que es susceptible a estar expuesto a factores de daños bióticos que afectan sus propiedades, provocando lesiones que acortan la vida útil del mismo.

La importancia de hacer un estudio de caso sobre la vida útil de la guadua que forma parte de una edificación, y más exactamente la que se encuentra incorporada en el sistema estructural; radica en su potencial uso para la construcción, teniendo en cuenta el excelente desempeño que puede llegar a tener dentro de las estructuras, y neutralice todos los factores que pueden llegar a deteriorarla por otra parte frente al tema de la durabilidad de la guadua no se encuentran estudios de alta relevancia, que generen claridad sobre qué tan duradero es este tipo de sistema constructivo.

También hay que tener en cuenta el impacto negativo en el medio ambiente que genera la producción de materiales para la construcción de una edificación. Que en cambio la guadua posee características de alta resistencia y potencial desarrollo sostenible respondiendo a la demanda actual en materia ambiental, permitiendo la construcción refugios habitacionales con una materia prima que no impacta en gran medida.

En la actualidad la industria ha identificado el potencial de la guadua para la fabricación de diferentes productos, razón por la cual su cultivo aumentado exponencialmente durante los últimos años, por lo cual su utilización va en aumento en los últimos años, en la actualidad hay un gran

porcentaje de cultivos de este material para uso lucrativo, se evidencia que un cultivo de guadua se puede cosechar a los seis años de implantado que corresponde un total de 1400 tallos por hectárea y que son suficientes para la construcción de refugios habitaciones de más de metros cuadrados cada uno .

Ya una vez obtenido este primer lote a los dos siguientes años es viable realizar una nueva cosecha y así sucesivamente cada dos años así hasta llegar a los 20 años desde que se inició el cultivo. Convirtiéndose en una fábrica productiva de esta materia prima.

El uso de este material genera gran interés toda vez que su obtención puede ayudar a dar solución a diverso problema como el de vivienda, sin dejar de lado otras primacías como los son la generación de: alcohol, papel, carbón, etanol, control de erosión y otras más.

La pretensión de esta investigación es documentar sobre la durabilidad de la guadua de la, como esta es afectada por agente bióticos para este caso estudiaremos a los insectos y hongos, que vulneran sus propiedades físico-químicas, generando un diagnóstico de la observación de los elementos que componen la estructura así poder generar un diagnóstico que servirá como conocimiento sobre el desarrollo constructivo, como se preservar la vida útil de la guadua que forma parte de una edificación que lleva más veinte años de construida luciendo un estado óptimo en la actualidad.

El uso en la a vivienda domestica popular donde brindaría los mejores servicios, en la industria de la construcción, como en otros más sociales, culturales, laborales, el viable perfeccionamiento de la guadua solicita de observación análisis y estudio en la Actualidad la

edificación en guadua en Colombia es uno de sistemas de construcción acoplan a las características de la geográficas.

Teniendo en cuenta lo anterior, es pertinente hacer una análisis de la durabilidad de la guadua haciendo énfasis en aquella que compone las estructuras de las edificaciones, con el fin de orientar un uso adecuado de la misma generando linimentos que permitan al futuro constructor de este tipo de sistema, que tener en cuenta la hora del material, que este realice el tratamiento adecuado prolongar la vida útil del material, minimizando los riesgos de lesiones que lo afecten en gran medida evitando que sea excluido como un material útil para la construcción.

Esta investigación también va direccionada generar una aceptación masiva de la guadua, teniendo en cuenta los factores que lo colocan en un segundo plano en la construcción, los cuales se buscan resolver a través del conocimiento que se obtenga de este estudio de caso.

Objetivo General

Identificar que afecta más la durabilidad de la guadua; entre ataque de hongos o ataque de insectos, en el estudio de caso.

Objetivos Específicos

- ✓ Documentara la información del estudio de caso.
- ✓ Determinar si la protección por diseño disminuye la vulnerabilidad al ataque de hongos o insectos.
- ✓ Establecer la calidad de las materias primas y la construcción, hace vulnerable al ataque de hongos o de insectos.
- ✓ Comparar las acciones de mantenimiento con las acciones preventivas realizadas en procesos de pos-cosecha y construcción de material.

Marco teórico

Control de calidad

Selección del material

Se tienen varios aspectos antes de utilizar la GAK (*Guadua Angustifolia Kunth*) como parte estructural de una edificación en la construcción, estos aspectos determinan la calidad de la guadua, en este caso (Externos); estos aspectos establecidos por la **normas M** de INBAR (*Red internacional de bambú y ratán*) determinan si es adecuado el material para la utilización en la construcción.

En este caso en un orden secuencial, la norma estipula que aspectos físicos debe tener la GAK para determinar su madurez antes del corte, estas son las recomendaciones establecidas por la INBAR:

- Color verde oscuro, cuyas bandas blancas en los nudos son apenas perceptibles.
- Manchas espaciadas de líquenes en el culmo, en forma de motas de color blanquecino son indicativos de que es un culmo maduro y apto para la construcción.
- Si carece de las indicadas manchas, es indicativo de que es un culmo tierno, no apto para construcción.
- Si el culmo está totalmente cubierto de líquenes, y es de color blanquecino-amarillento, ello es indicativo de que es un culmo pasado o viejo, no apto para ser usado en construcción.(Red internacional de bambú y ratán, 2011)

Corte de culmo

Teniendo en cuenta la información anterior, se procede al corte del culmo de la guadua. Según la norma “El culmo seleccionado, será cortado a ras del primer nudo inferior, sin dejar hueco o vaso en el tocón o base del culmo, para preservar de la pudrición al sistema radicular de la planta.” (Red internacional de bambú y ratán, 2011, P. 3).

Avinagrado

Después de haber cortado el “culmo será dejado en la plantación o bosque, con sus respectivas ramas y hojas, apoyado al resto de culmo, por el lapso de 3 semanas, antes del apeo o tumbado.” (Red internacional de bambú y ratán, 2011, P. 4). Para cumplir su transformación de azúcares a alcohol y hacerla inmune a ataques de insectos.

Tumbado

Más o menos 21 días después de haber cortado “procederá al apeo o tumbado del culmo, evitando de que éste, en su caída, se reviente o rompa. Se recomienda usar un horcón u horqueta, que permita el apeo con caída segura del culmo.” (Red internacional de bambú y ratán, 2011, P. 4).

Corte de ramas

“El corte de ramas será realizado con machete o sierra, mediante corte desde el ángulo inferior que forma cada rama con el culmo hacia la parte superior, para evitar el desgarramiento.” (Red internacional de bambú y ratán, 2011, P. 4).

Extracción del bosque o plantación

La extracción del culmo en el bosque o plantación debe ser transportada por medio de carretas o a dos manos; pero esta acción se debe tener en cuenta que el culmo no tenga contacto con el suelo para evitar deformaciones al momento del arrastre.

Almacenamiento

Existen dos tipos de almacenamiento: Horizontal y vertical. Con el fin que la materia prima este alejada de la humedad del suelo, de la radicación del sol y que se encuentre en sitios ventilados.

Según la norma **M**, establece que el almacenamiento vertical tenga estas condiciones para que el culmo no tenga ninguna deformación al momento del almacenamiento:

- a) Se colocarán los culmos recostados e intercalados a los dos lados de un caballete. Los extremos inferiores deben estar apoyados sobre una tabla o similar, debidamente preservada, para el aislamiento de los culmos del suelo.
- b) La altura del caballete debe ser $\frac{2}{3}$ de la longitud de los culmos a almacenarse.
- c) Los culmos ubicados al inicio del caballete, al centro y al final del mismo, deben estar sujetos con cuerdas al caballete para prevenir el deslizamiento lateral de los culmos.
- d) Si los caballetes son dejados al aire libre, los ejes de los caballetes se deben orientar de este a oeste, para disminuir la afectación solar.
- e) Cada 5 días, los culmos deben ser girados sobre su eje longitudinal para un secado uniforme. (Red internacional de bambú y ratán, 2011).

En cuanto al almacenamiento horizontal la norma estipula que:

- a) Las parrillas del material serán colocadas sobre soportes de madera dura y preservada, para evitar que la primera parrilla se apoye en el suelo. b) Los culmos se colocarán en tendidos de capas ortogonales, cuya altura no excederá a 1.5m. c) Cada culmo debe estar separado entre sí, de 2 a 3 cm, para facilitar la circulación del aire. (Red internacional de bambú y ratán, 2011).

Preservación

Esta parte del proceso de gestión de calidad es relevante, ya que la acción de preservar el material determina la durabilidad a través del tiempo. La preservación es el proceso químico de líquidos que actúan sobre el material para evitar los ataques de agentes bióticos como los insectos y hongos.

Según la Norma M los tipos de preservantes deben tener estas características:

- deben ser hidrosolubles y oleosolubles.
- Deben garantizar su efectividad en cuanto a la protección del material en el tiempo.
- Los proveedores tienen que dar a conocer a los usuarios los niveles de toxicidad del producto, tanto como las precauciones y recomendaciones para su uso.

Procesos de preservación

Los procesos de preservación que se exponen a continuación, son los recomendados por la experiencia y resultados positivos alcanzados por proveedores del material y recomendados por constructores.

La Preservación natural según la norma M, se identifica por no tener un proceso químico externo, este método es llamado avinagrado, que según el INBAR “es un método ecológico y que no demanda una inversión extra, sin embargo es recomendable que, a este método, se acompañe de otros tipos de preservación.” (Red internacional de bambú y ratán, 2011, P. 7).

Además de la preservación natural están los métodos de preservación por inmersión, por presión y por difusión, que consisten en inyectar el químico por cada canuto del culmo.

Secado

Este proceso de secado, determina el porcentaje de humedad del culmo, en este proceso el culmo debe tener un porcentaje de humedad ideal determinado como equilibrio, lo anterior se debe tener en cuenta por la parte geográfica de la zona donde se va a utilizar el material o materia prima.

Teniendo en cuenta lo anterior, el correcto secado del material, impide que este tenga deformaciones físicas, fisuras o pérdida de material. Posteriormente de perder humedad por el proceso químico lógico, si los culmos tienen un porcentaje de humedad menor al porcentaje ideal o de equilibrio en la zona donde va hacer instalado, este material no recuperara el nivel de humedad

de equilibrio y tendrá deformaciones sin lugar a duda. Es por esto que se debe tener en cuenta el contenido de humedad al momento de extracción del culmo mediante el uso del hidrómetro. (Red internacional de bambú y ratán, 2011.)

Métodos de secado

Existen dos tipos de secado según la norma. Secado natural o secado al aire:

a) El secado al aire libre, también denominado natural se realiza en patios cubiertos y con ventilación natural. b) El material debe estar protegido de la lluvia. c) Los culmos serán colocados en caballetes, tal cual se lo expone en la norma M.10.1. d) El contenido de humedad, mediante este sistema alcanza entre 12% y 15% del CH, en función de las características del clima. e) Siendo el material de carácter higroscópico, la protección contra la lluvia o humedad ambiental es necesaria para la durabilidad del material. (Red Internacional de Bambú y Ratán, 2011).

Protección por diseño

Además de tener un proceso adecuado de la materia prima, un aspecto importante es la protección por diseño del material, para que la durabilidad se mantenga durante los años de utilización.

La protección por diseño es elemental para el resguardo de agentes abióticos y bióticos para evitar el deterioro del material, realmente son medios que la protegen. Algunos de estos medios se presentan en un diseño adecuado y en la ejecución correcta de los procesos constructivos con el fin de preservar el material, aumentando las condiciones de durabilidad, esto es conocido como protección pasiva.

Tan solo basta la protección pasiva bien ejecutada, por ende no es necesario un tratamiento químico. En ocasiones este método (Protección pasiva) resulta más eficaz en elementos expuestos a la intemperie, cuando existe un contacto con elementos constructivos donde se localice o haya presencia de humedad.

Con el fin de clasificar los medios de protección necesarios se determina la durabilidad del material, sin ningún método de protección, es decir, como morfológicamente está diseñada para perdurar, según la normativa (UNE EN 335). “Se han considerado cinco clases de riesgo que contemplan las distintas situaciones a las que puede estar expuesta una madera. Desde un punto de vista de la protección química cada clase de riesgo necesitará unos niveles de protección adecuados.” (Arriaga, herrero, 2002, p. 31-32) representada en la tabla 1.

Tabla 1**Tipos de riesgo y tratamientos**

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			Pincelado Pulverización Inmersión
		Recomendable Media	Orgánicos Hidrodispersables Productos mixtos - Hidrosolubles	250 ml/m ² 250 ml/m ² -	Pinc / Pulv / Inm Pinc / Pulv / Inm
3 Sin contacto con el suelo Al exterior	FRECUENTE	Media	Productos Doble Vacío	3,5-10 Kg/m ³ 5 - 15 Kg/m ³	Inmers. / Autoc. Autoclave
		Recomendable Profunda	Productos mixtos - Hidrosolubles.	3,5-14 Kg/m ³	Autoclave
4 En contacto con el suelo o con el agua dulce	PERMANENTE	Profunda	Creosota	-	Autoclave
			Productos mixtos - Hidrosolubles	8 - 15 Kg/m ³	Autoclave
5 En agua salada	PERMANENTE	Profunda	Hidrosolubles	8 - 15 Kg/m ³	Autoclave

Nota: tomada de "Protección de la madera mediante el diseño constructivo, p.32"

El tipo de riesgo puede disminuir mediante el proceso de un muy buen diseño de los detalles contractivos, un caso ejemplar sería el empotramiento entre las columnas y el suelo o piso, si existe este contacto, según la tabla 1, el tipo de riesgo sería cuatro, pero si estas columnas se elevaran mediante un apoyo de concreto, el tipo de riesgo disminuiría a tres o en tal caso a dos, si se diseña adecuadamente. Es evidente que si se cumple un diseño adecuado, en un aspecto económico, se ahorraría dinero para la corrección del material, evitando gastos en tratamientos químicos.

El otro aspecto que es muy importante en la parte de diseño, es la presencia del agua estancada en el exterior del material, como por ejemplo los encuentros entre partes, aristas o dobleces, canales mal diseñadas; estos aspectos anteriormente pronunciados pueden generar ataques de agentes bióticos, es por esto que el agua debe tener su salida natural, mediante el diseño y anular cualquier tipo de retención de agua. (Arriaga, herrero, 2001.)

Elementos en contacto con el suelo

Un elemento o pieza que este en contacto con el piso o suelo se clasifica como tipo de riesgo cuatro. Para que el tipo de riesgo disminuya la solución más eficaz es elevar la columna para que evite tener algún contacto con el suelo; el tipo de riesgo disminuiría, tal vez a al tipo tres o quizá al tipo de riesgo dos y la durabilidad de la pieza sería mucho mayor.

Por ende se recomienda que las piezas o elementos en madera no tengan ningún tipo de contacto con el suelo, para ser exactos, el elemento debe tener una separación de quince a treinta centímetros, es así, de esta forma que se evita la pudrición y evita el paso de termitas; además esta separación evitara el rociado o chispeo de la lluvia en partes exteriores. (Arriaga, herrero, 2001.)

En cuanto a la norma C en el apartado de los sobre cimientos, estipula que:

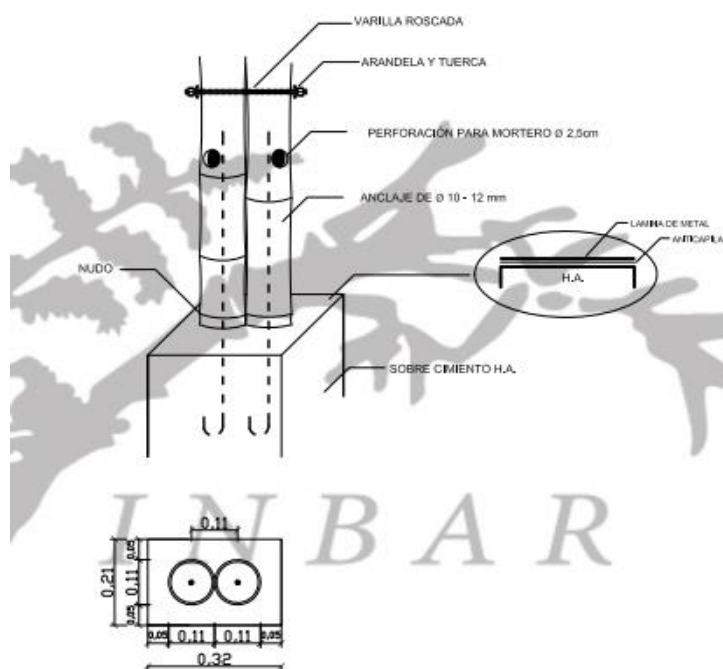
- Los culmos no pueden estar enterrados, apoyados en el suelo o inmersos en la masa del concreto de la cimentación o en cualquier otro componente de hormigón.

- los culmos deben estar alejados del suelo y apoyados sobre zócalos, pedestales de hormigón armado, que servirán como sobre cimientos.
- La superficie de los apoyos, antes mencionados –zócalos o pedestales debe estar cubierta con una capa anti capilar de asfalto, breá o similares, para evitar el ascenso de la humedad por capilaridad.
- Si existe posibilidad de la presencia de termitas, se recomienda que sobre la capa anti capilar, se coloque una plancha metálica de 2 mm de espesor, que cubra la cabeza del sobre cimiento y sobresalga 2 mm de los bordes de aquel. Esta plancha metálica será protegida con anticorrosivos. (INBAR, 2011).

Existen dos métodos de anclajes de culmos entre la cimentación, uno de ellos en la figura 1.

Figura 1

Mediante varillas de acero



Nota: Tomada de: “Normas técnicas para la utilización de la guadua angustifolia Kunth en la construcción, p.15”

Piezas expuestas a la intemperie

Las piezas o materiales que estén expuestos a la intemperie deben ser protegidos, porque pueden ser vulnerables a los ataques y también producir la proliferación de insectos. En ciertas situaciones llegar a contaminar otras piezas. Ya que al estar expuestas son más propensas a estos agentes bióticos. (Arriaga, herrero, 2001.)

Protección con cubierta

Es un aspecto sumamente importante proteger el material de los agentes abióticos como los rayos ultravioletas del sol y también de las aguas lluvias, para esto existe una solución de diseño, esta solución son las cubiertas que tengan aleros con gran extensión o tan largo tanto como para cubrir o proteger las piezas de estos agentes. (Arriaga, herrero, 2001.)

Mantenimiento GAK

Al igual que las edificaciones convencionales, una construcción con culmos de GAK requiere de un programa de mantenimiento periódico, tanto así que la *Red internacional de bambú y ratán* determina en varios aspectos las características que debe tener a la hora de ejecutar el mantenimiento. Se mencionaran a continuación.

Situaciones climáticas como son: aumento de humedad ambiental, variaciones de temperatura, incremento de pluviosidad o circunstancias atípicas como son choques a la estructura, sobrecargas excesivas demandan cuidado y mantenimiento.

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.

Si se detecta alguna pieza estructural con afectaciones, por aplastamiento, roturas, excesivas fisuras, presencia de xilófagos, debe procederse a su reemplazo.

Las piezas de bambú que presentan en polvo, hongos causados por la humedad es necesario de que sean limpiados y pulidos.

La revisión de las uniones y de las piezas estructurales debe ser revisada, puesto que la dilatación o contracción ocasionada por el aumento o disminución la temperatura o humedad ambiental, pueden alterar su adecuado comportamiento estructural.

Las instalaciones sanitarias y eléctricas, tanto en sus conductos como en los puntos de servicio deben revisar para mantener la integridad de la obra.

Las instalaciones contra flagelos como son extinguidores o tomas de agua, deben ser revisadas y actualizadas sus cargas -en el caso de extinguidores- para su utilización en caso de emergencia.

Patología

Las lesiones que se pueden originar en una edificación en madera, posiblemente de tres orígenes, las lesiones de origen biótico, donde se presentan agentes xilófagos; origen abiótico, donde presentan las consecuencias de la exposición al el fuego y a intemperie, Tercero y último, origen estructural. Sin embargo los agentes xilófagos causan lesiones de tipo mecánico que afectan la seguridad estructural, pero en diferentes situaciones pueden existir problemas cuyo origen es un defecto de cálculo o de construcción, esto sin la presencia de agentes xilófagos. (Arriaga, Peraza, Bobadilla, García, 2002)

Patología de origen biótico

A continuación se darán a conocer los diferentes tipos de organismos xilófagos que pueden lesionar las estructuras de madera, por cada tipo de agente xilófago se resumen las características principales de su modo de actuación y se mencionan las especies más importantes.

Hongos xilófagos

Estos agentes bióticos son hongos de origen vegetal:

De organización celular muy primitiva que viven de forma saprofita, alimentándose de elementos muertos o en forma parasita, alimentándose de sustancias de otros animales o vegetales con quien vive unido, la presencia de los hongos se pueden

detectar por un color anormal de la madera, su manifestación sobre la superficie de la madera (en forma de micelios o de cuerpos de fructificación), la degradación de material o la presencia de insectos xilófagos que suelen acompañarlos. (Arriaga, Peraza, Bobadilla, García, 2002)

Los hongos se introducen mediante las hifas para recoger el alimento, el conjunto formado por las hifas durante su crecimiento se denomina micelio que en determinadas circunstancias se transforman en los cuerpos de producción. Este, desprende las esporas para su reproducción que puede trasladarse a otras zonas mediante el viento o los animales, en la práctica hay esporas presentes en cualquier ambiente por lo que en condiciones adecuadas se pueden reproducir de forma muy sencilla.

Los hongos xilófagos se dividen en dos grupos, estos están formados por el grupo de hongos de pudrición y el segundo grupo, está constituido por mohos y los hongos cromógenos.

Los mohos y los hongos cromógenos se alimentan de las sustancias de la reserva de la madera y no producen degradaciones de pared celular, por lo que no afectan directamente las propiedades mecánicas. Su efecto es el cambio de la coloración de la madera, su crecimiento se detecta cuando la superficie se oscurece o cuando el cuerpo de la fructificación forma sobre la superficie una especie de pelusilla transparente o de tonalidades de color blanco al negro. Aunque no resulten peligrosos por su mínima acción degradadora, son indicativos de un mayor riesgo porque crean las condiciones necesarias para el desarrollo de los hongos de pudrición.

Los hongos de pudrición son los que generan daños graves de la madera, se alimentan de los componentes de la pared celular llegando a provocar la destrucción completa de esta. Las hifas producen productos químicos (enzimas) que disuelven los nutrientes de la madera con los que se alimentan. Su efecto es la pérdida de densidad y resistencia acompañados de un cambio de coloración.

Las pudriciones pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- Pudriciones pardas
- Pudriciones blancas

La pudrición parda es el ataque más nocivo para los elementos de madera ya que estos hongos se comen la celulosa, dejando residuos de material constituido por lignina de color marrón, al mover la pieza o material que sobra tiende a formar una especie de cubo que se desintegra con mucha facilidad como se ve en la **figura 2**, como consecuencia de este ataque puede que otros agentes ataquen la pieza como lo son los insectos de ciclo larvario.

Figura 2

Pudrición parda por hongo



Nota: tomada de "intervención en estructuras de madera, p. 19"

En caso contrario, la pudrición blanca se produce por hongos que se devoran la lignina aunque un poco también de celulosa, el ataque de este hongo deja un color blanco, la madera presenta un aspecto fibroso, y en ocasiones se le menciona así. Generalmente estos hongos atacan a los elementos de madera con mayor presencia de lignina.

Insectos de ciclo larvario

Los insectos de ciclo larvario, pertenecen al grupo denominado coleóptero, estos agentes actúan o atacan al elemento en su etapa de vida larvaria. Este ciclo comienza cuando la hembra deposita los huevos en la madera, son estos quienes al pasar a ser una larva comienzan a atacar la madera, el tiempo que pertenecen en la madera, puede variar por la especie, como por ejemplo de diez años o menos de un mes, es en este lapso de tiempo que afectan a la madera, al final del proceso larvario, esta se aproxima a la parte externa del elemento, hasta completar su proceso de metamorfosis para convertirse en un insecto adulto con alas. Este sale del elemento para seguir su proceso de aparición y este proceso se repite. Los huequecillo indicaran que al menos ha vivido dentro una generación.

Los principales xilófagos coleópteros que atacan a al elemento de madera están conformados por las familias siguientes:

- Anóbidos
- Cerambicidos
- Bostrichidos

Anóbidos

Los anóbidos son pequeños coleópteros de tres a once mm de longitud, en estado adulto, conocidos vulgarmente como carcoma y son características de los muebles antiguos aunque también atacan las piezas estructurales, por lo general afectan a la albura y preferentemente con cierto contenido de humedad, es frecuente que en su ataque acompañe los hongos de pudrición.

La larva puede alcanzar una longitud de tres a cinco milímetros. Los orificios de salida son de forma circular con un coma cinco a cuatro mm de diámetro.

Cerambicidos

Son insectos de la familia de los Cerambicidos son los xilófagos, de los que afectan a la madera en obra, en su campo de actuación se encuentran las estructuras de madera, frecuentemente en cubiertas. Por lo general solo se alimentan de la albura por lo que en piezas de gran contenido de duramen el daño es limitado.

Por lo general el ataque del *Hylotrupes bajulus* se da en maderas secas entre el diez y catorce por ciento, en general las estructuras en cubiertas la larva puede alcanzar una longitud de treinta milímetros, tiene un diámetro de seis milímetros y es de color blanco plateado, las galerías son de forma ovalada, siguen la dirección de la fibra, están taponadas por aserrín y presentan marcas o estrías en las paredes de las mismas.

Bostrichidos

Estos insectos se alimentan principalmente de la madera de albura con alto contenido de almidón y con cierto grado de humedad.

Realizan galerías circulares con diámetros de tres a seis milímetros, el aserrín es muy fino parecido a la harina de color crema y se encuentra aprisionado en el interior de las galerías, el insecto adulto tiene una longitud de cuatro a seis milímetros, los orificios de salida son circulares con diámetros de tres a seis milímetros. Por las características del ataque puede confundirse con los Lictidos, pero estos realizan orificios de menor diámetro de uno a dos milímetros. La duración del ciclo biológico es aproximadamente un año.

Patología de origen abiótico

Estos agentes abióticos son los que deterioran el elemento de manera superficial, se componen principalmente por los agentes atmosféricos como el sol y la Precipitación, agentes químicos y el fuego.

Agentes meteorológicos o atmosféricos

Esos agentes son: la precipitación y el sol, estos atacan sobre la superficie de la pieza o del elemento expuesto al exterior y también sobre el recubrimiento si existe.

Hay una gran diferencia entre humedades, una cosa es la superficial externa y la otra interna, esta empieza a hinchar, provocando tensiones en la pieza o elemento, generando así curvaturas.

El sol actúa directamente sobre la superficie de la pieza o elemento a través de los rayos ultravioletas e infrarrojos, los rayos ultra violeta actúan sobre la superficie del elemento, esta se oscurece al principio a un color café y posterior mente toma un color grisáceo.

La radiación ultravioleta daña los elementos de la madera iniciando por la *lignina*. La continua presencia de precipitaciones provoca erosión y la caída de los elementos dañados por el efecto del sol.

La superficie o la capa exterior se recubren pasivamente del moho, que viven por causa de la humedad que se encuentra en el elemento y los residuos de la fotodegradación, dando a la superficie una coloración grisácea o negruzca. El sol y la humedad actúan de manera conjunta y potencian entre sí, multiplicando sus efectos. El daño de degradación que emiten estos factores es pasivo, más o menos de uno a trece milímetros por siglo. Todo puede variar porque la degradación de la superficie depende de su especie, además de la posición y del clima.

Estado del arte de la guadua

Construcción en guadua

Es pertinente mencionar que la guadua es un material vegetal que es utilizado para la construcción, pero no todas las especies. La única especie que puede ser empleada a la construcción es la GAK, que además de las características sísmo resistente de este elemento, es un recurso natural renovable a corto plazo, no requiere de un proceso de siembra como sucede con los árboles, se podría catalogar como un proceso de cosecha. Adicionalmente como material de construcción su costo es bajo y no emite CO₂ al producirlo, en cuanto a la producción del material, no requiere de muchos años ya que la guadua suele estar madura en un quinta parte del tiempo que se requiere para la producción, como por ejemplo de un pino.

Dentro de sus bondades cuenta con su fácil moldeamiento para la construcción, es decir, se pueden conformar estructuras curvas. Desde su morfología la GAK posee y aporta beneficios como elemento liviano, rígido y que se puede combinar con otros materiales para la construcción pero es importante mencionar que la combinación de materiales debe ser bajo una normativa, en cuanto a uniones, cargas y calidad del material.

Uniones estructurales

Todas las uniones estructurales de madera y guadua tienen un cálculo sumamente peligroso, es necesario que los materiales sean fuertes para cualquier trabajo requerido, todo constructor que conoce la guadua o la ha trabajado, tiene el conocimiento de que las uniones requieren de un cuidado extra al momento de ejecutar ya sea el corte o alguna adición de otro material. En cuanto a

la madera, estas tienen un sinnúmero de uniones ya elaboradas, pero la guadua aún son muy básicas o autóctonas, pero lo complejo se presenta cuando se exige a nivel de esfuerzos mayores, es por esto que algunos constructores se han dado a la tarea de diseñar estas uniones estructurales. (López, Trujillo, 2002). como a continuación se mencionaran.

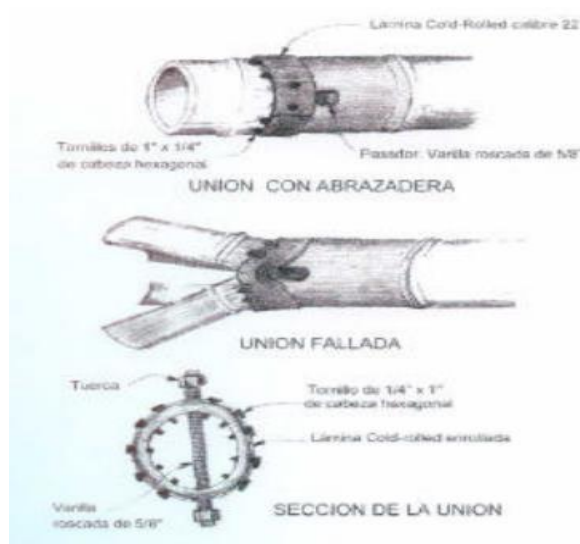
Unión con lámina de acero

La primera unión propone que:

Utiliza un zuncho de acero, o abrazadera, que sirve como transición de esfuerzos entre una sucesión de tornillos fijados a la pared de la guadua y un elemento conector que permita la construcción de la unión. Se utilizan 12 tornillos de 6.35mm (1/4”), 1x0.04m de lámina calibre 22 y un pasador de 1.58 cm (5/8”). (López, Trujillo, 2002). Como se muestra en la figura 2.

Figura 3

Unión abrazadera



Nota: Tomada de "Diseño de uniones y elementos en estructuras de guadua, López, Trujillo, 2002"

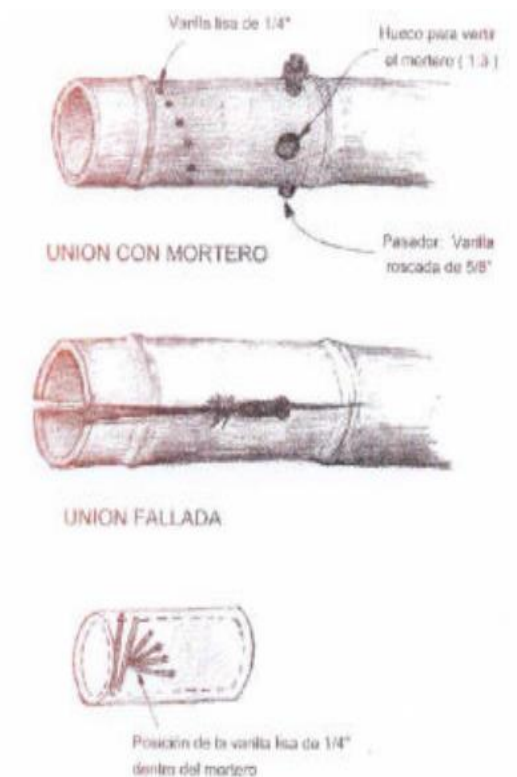
Unión con mortero y varilla

La segunda unión propone que:

Utiliza mortero, por medio de una serie de varillas lisas de 6.35mm (1/4") de diámetro. Su gran defecto radica en que el mortero falla rápidamente, seguramente se puede mejorar esta unión mejorando la calidad del mortero. La resistencia última promedio de esta unión es de 5970 kgf. (60 kN). (López, Trujillo, 2002). Como se muestra en la figura 3.

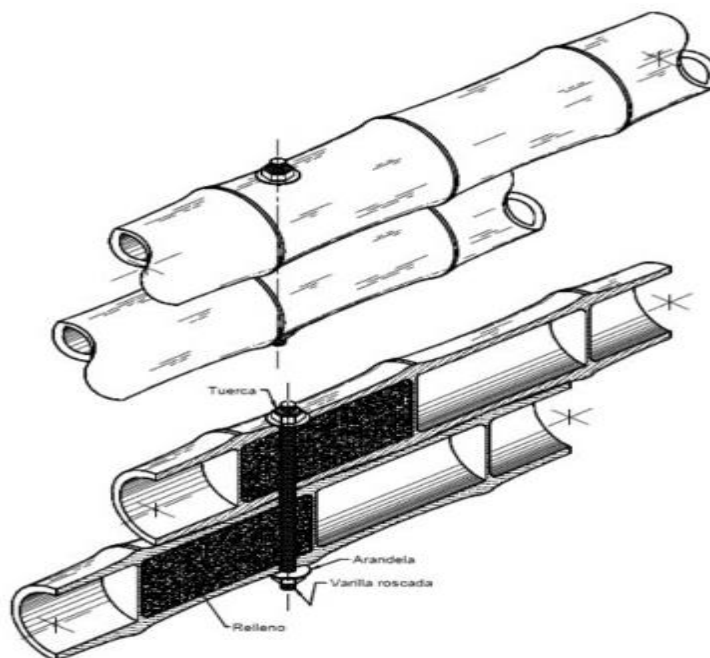
Figura 4

Unión con mortero

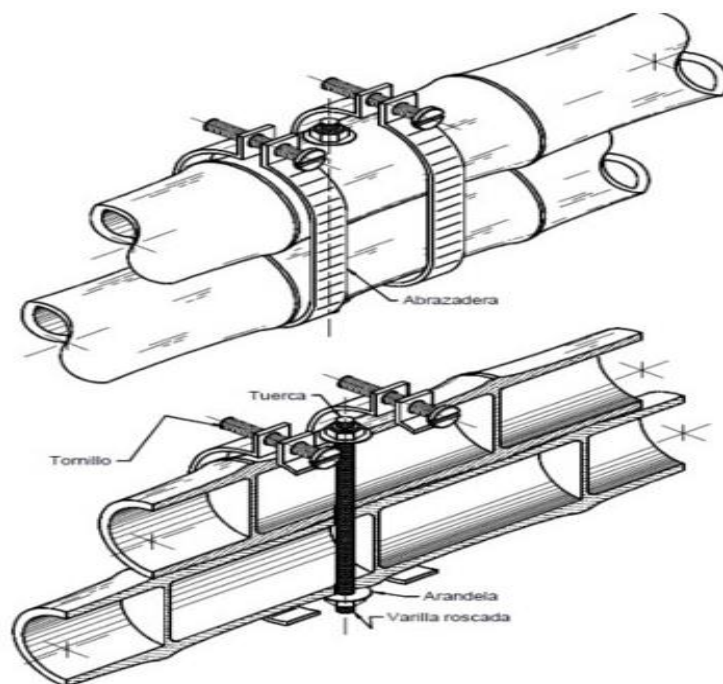


Nota: Tomada de "Diseño de uniones y elementos en estructuras de guadua, López, Trujillo, 2002"

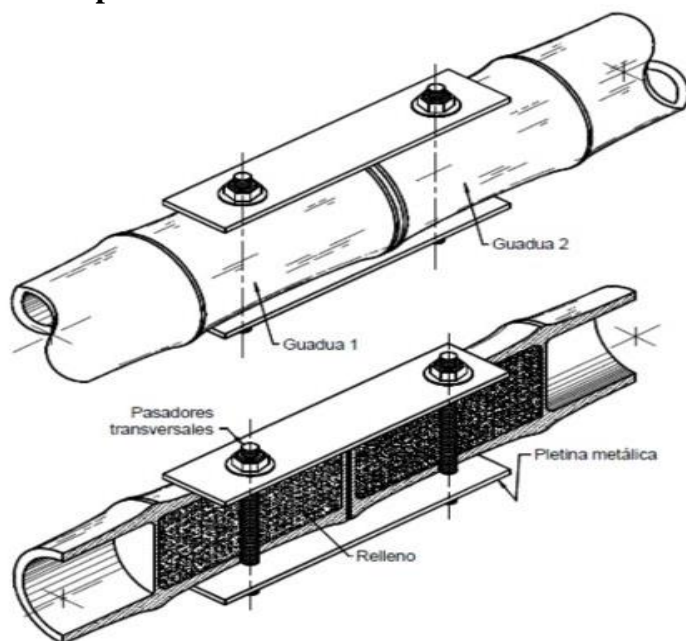
Además de las propuestas anteriores, hay y existen diferentes tipos de uniones estructurales, ya que la norma propone tres uniones básicas. A continuación se mencionaran algunas uniones estructurales para la GAK.

Figura 5**Unión pernada**

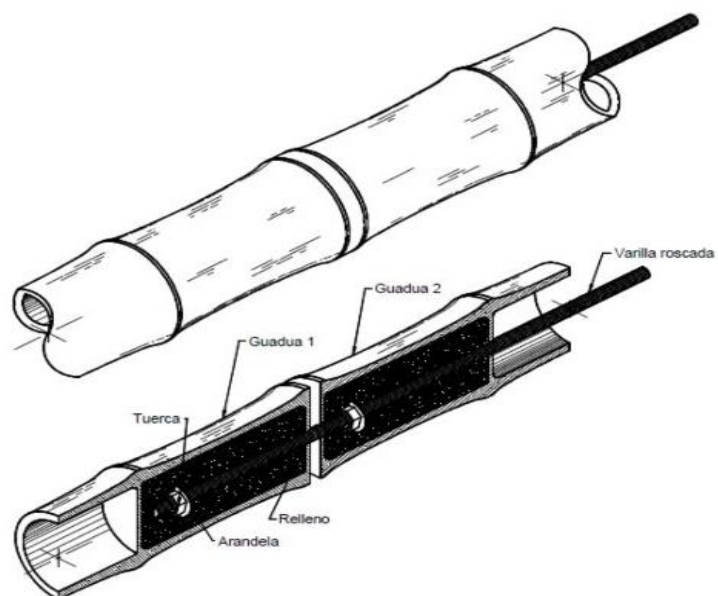
Nota: tomado de "<https://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>"

Figura 6**Unión pernada con abrazadera o zuncho**

Nota: Tomado de "<https://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>"

Figura 7**Unión pernada con pletinas paralelas**

Nota: tomado de "<https://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>"

Figura 8**Unión con barra embebida axial**

Nota: tomada de "<https://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>"

La norma indica, que permite únicamente tres formas de corte. Según la norma NTC 5404 (Norma técnica colombiana).

Figura 9

Corte Recto

Corte con herramienta adecuada, que se realiza perpendicular a las fibras.



Nota: Tomada de “<https://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>”

Figura 10

Corte Boca de Pescado

El corte debe ser perfecto para que las guaduas se apoyen uniformemente. Como lo muestra la figura.



Nota: Tomada de “<https://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>”

Metodología

Para este proceso de investigación se tendrá en cuenta la metodología estudio de caso de, Piedad Cristina Martínez Carazo como estrategia de desarrollo para investigación científica.

Con el fin de contribuir a la distinción de las falencias de la metodología de estudio de caso, postulada por autores, Yin (1989) propone, la estructura de caso de estudio como principal insumo para certificar la objetividad de este, en pro de su función, fiabilidad y su validez. Por ende éste se convierte en la guía de pasos a realizar durante la búsqueda de la evidencia así constituido de los siguientes elementos:

En atención las propuestas de la autora del método de estudio de caso se establecen cuatro etapas que más adelante la denominaremos fases.

En la primera se establece la Semblanza en la cual se desarrolla en cuatro momentos: antecedentes los cuales serán de dos tipos, antecedente de la construcción donde se identifica el uso el año de construcción, compuesta en un 90% de guadua, diseñada, construida por el arquitecto Simón Vélez.

Por otra parte en los antecedentes se tuvo en cuenta, el caso de estudio sobre la durabilidad de la guadua por parte de la Universidad La Gran Colombia, ya que no se tiene mucho conocimiento sobre la GAK como material constructivo, siendo esta de origen vegetal.

Se plantaron los tópicos por investigar así:

- 1). Mantenimientos realizados a la estructura de la edificación estudio de caso

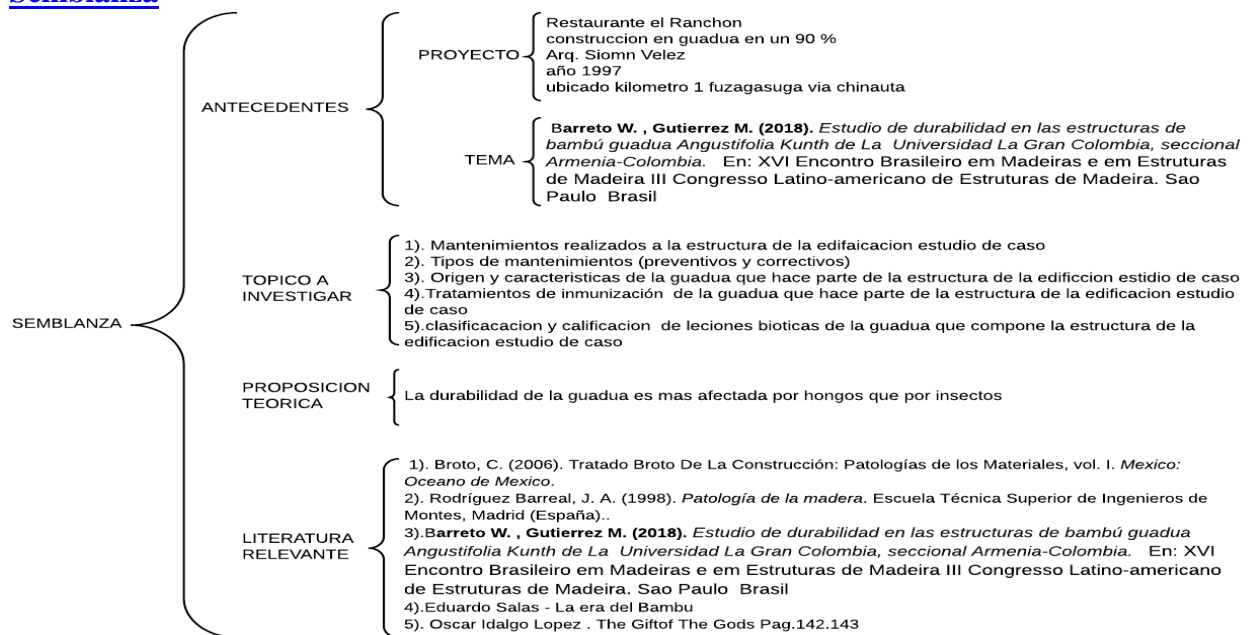
- 2). Tipos de mantenimientos (preventivos y correctivos)
- 3). Origen y características de la guadua que hace parte de la estructura de la edificación estudio de caso
- 4). Tratamientos de inmunización de la guadua que hace parte de la estructura de la edificación estudio de caso
- 5). determinar si cumple la protección por diseño Lo anterior con el fin de orientar la investigación atreves de la recolección de la información.

Se plante la proposición teórica para el caso de estudio esta, con el fin de dar una dirección investigativa, que permita orientar la recolección de la información relevante.

Ya para finalizar la semblanza se recurre a la literatura que será el eje transversal al caso de estudio así como lo muestra la gráfica.

Figura 11

Semblanza

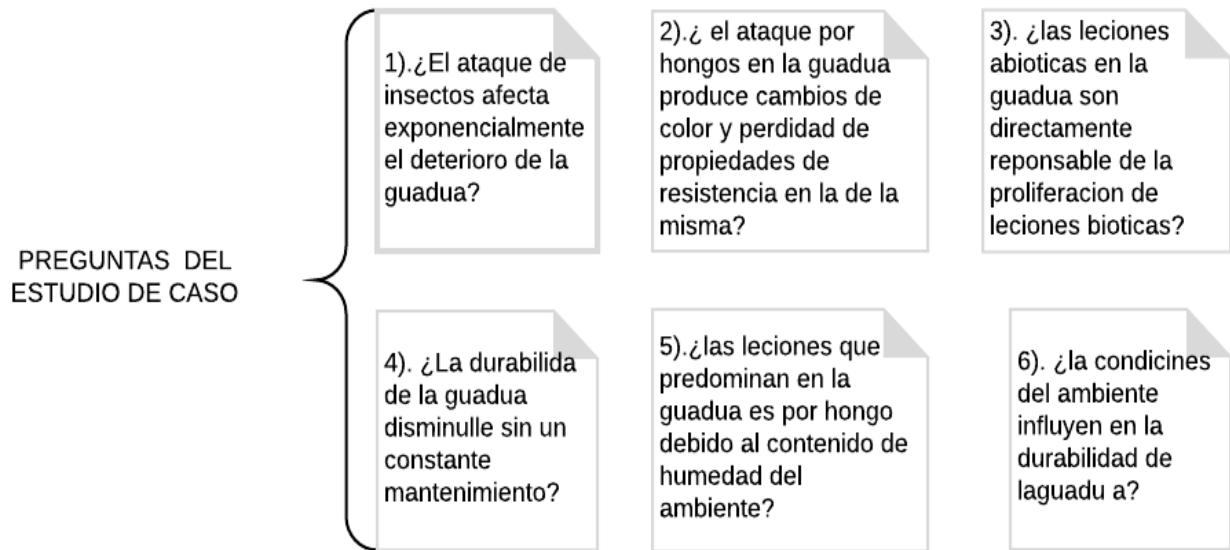


Nota: Fuente propia

En la segunda fase se realiza diversos interrogantes orientados a uno en particular como una edificación en guadua se mantiene con un buen estado de durabilidad después de 20 años de construida, como conclusión de los planteamientos propuestos de acuerdo a la figura 11.

Figura 12

Preguntas del estudio de caso



Nota: Fuente propia

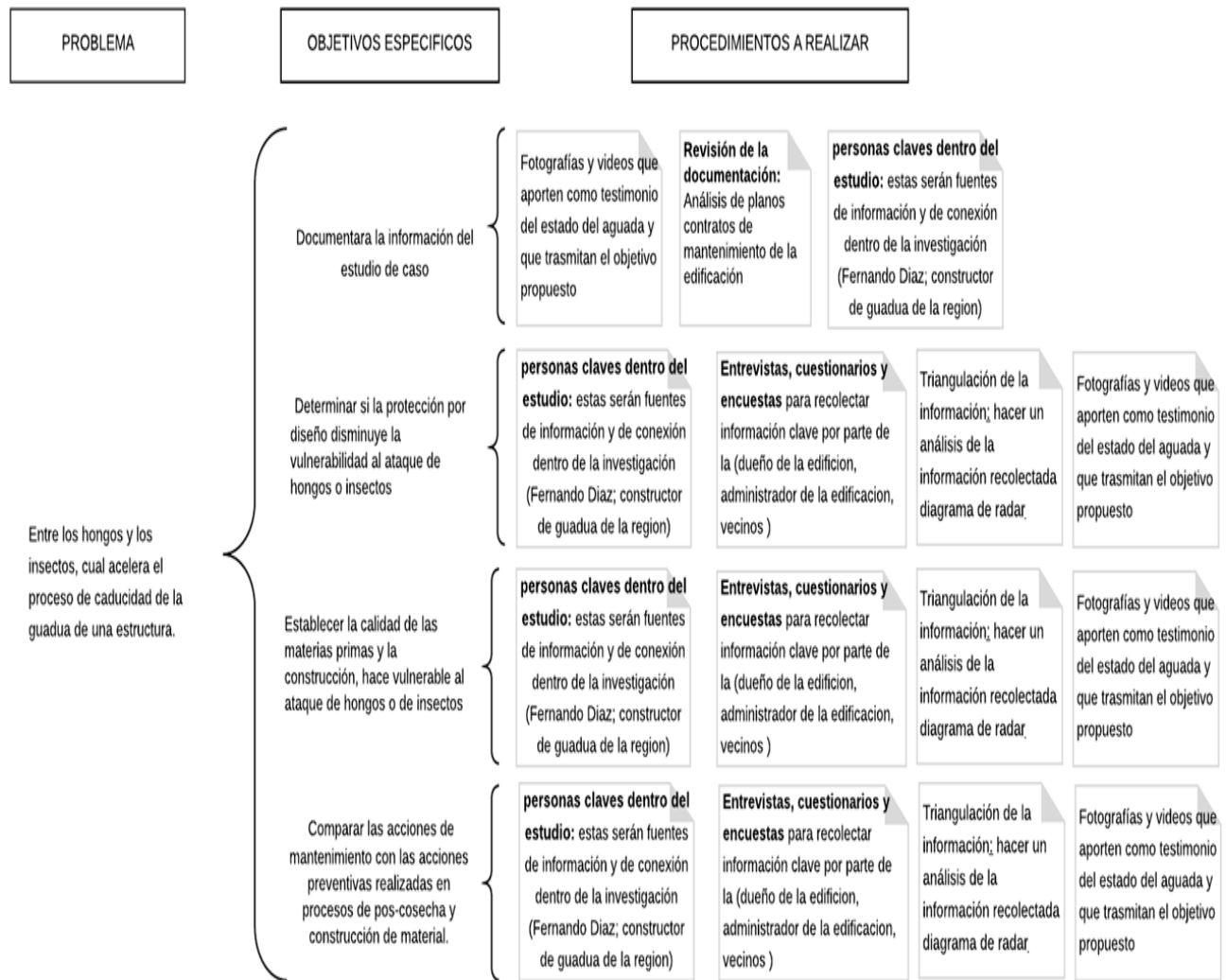
Entrando en la tercera fase se plantean los procedimientos a realizar para la recolección de la información en torno al estudio de caso y dar solución a los objetivos que se plantaron. Se toma en cuenta lo siguiente: Se identifican personas relevantes que tengan relación directa con la edificación o con el tema caso de estudio quienes se convertirán en las fuentes formales y no formales.

Se realiza un registro fotográfico de la edificación, haciendo énfasis en las lesiones que se pueden presentar por ataque de hongos o de insectos, al igual elementos que presenten alguna particularidad.

Se documenta el estudio a través de la producción de planos, gráficos, modelado de la construcción, se desarrolla un cuestionario tipo entrevistas con el fin de valorar el estado de la edificación a través del criterio de las fuentes contactadas sobre el estado de la construcción así como se muestra en la figura 12.

Figura 13

Procedimientos a realizar



Nota: Fuente propia

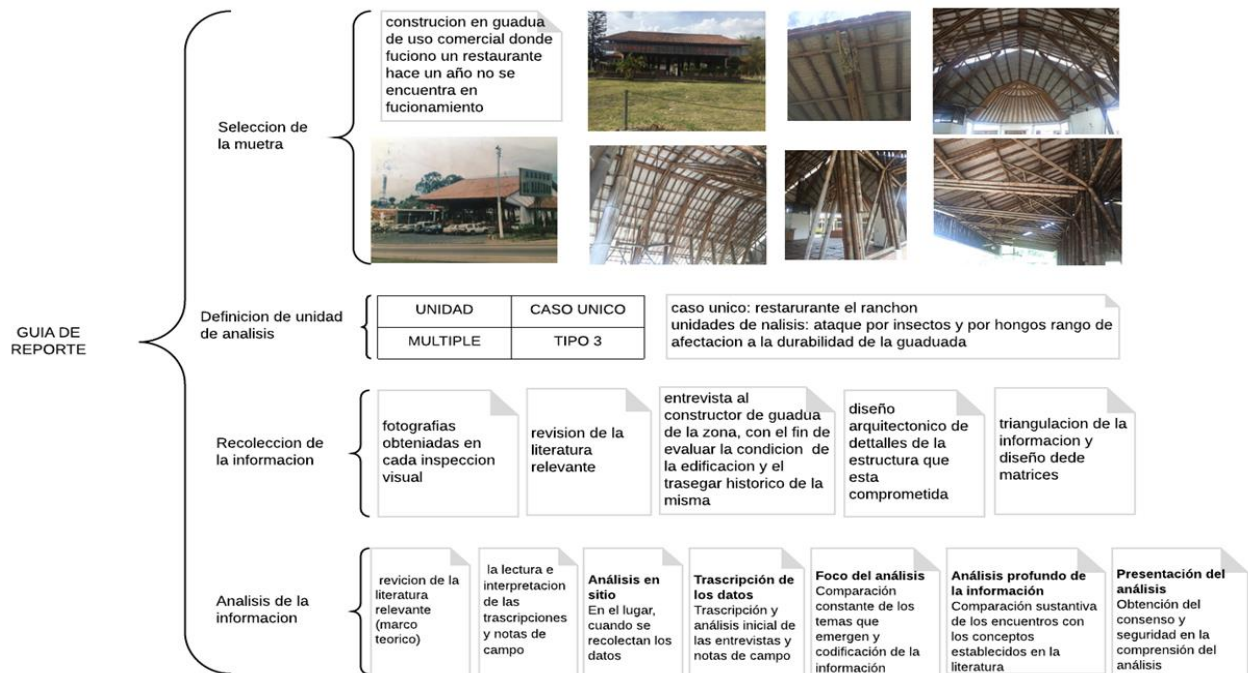
Para concluir en la cuarta fase la cual se denominada guía de reporte se establecen las siguientes acciones.

Selección de la muestra evaluando sus condiciones de uso, tiempo de construcción y diseño se hace la recolección de la información, documentando la infraestructura se genera gráficos como: planos, modelo de la edificación, archivo fotográfico, la aplicación de un cuestionario a las fuentes relacionadas, con el fin de evaluar tres aspectos sobre estado de la edificación: en referencia al diseño, calidad de construcción junto a las materias primas y mantenimiento.

De se procede hacer un análisis de la información tomando como instrumento de representación gráfica, se escoge el diagrama radar el cual permite presentar de una forma organizada los diferentes juicios de evaluación de cada uno de los entrevistados ponderando dentro de un rango las coincidencias de cada criterio que se evalúa esta fase se organizó de acuerdo en la figura 13.

Figura 14

Guía de reporte



Nota: Fuente propi

Resultados

Teniendo en cuenta la tercera fase de la metodología de investigación que se desarrolló para este estudio de arrojó como resultados la obtención de un archivo fotográficos anexos a este documento al igual que planos, gráficos, por otra parte se aplicó una encuesta a cinco fuentes tanto formales como informales, con el fin de evaluar varios parámetros relevantes sobre la durabilidad de la guadua y como esta se preserva al paso del tiempo.

Ya una vez obtenido los resultados de la aplicación de las encuestas estos son tabulados como se presentaran en los anexos más adelante, organizada la información se procede a graficarla usando el diagrama de radar el cual sirve para ordenar los diferentes criterios de cada una de las fuentes consultadas de acuerdo a un rango establecido de aceptación según el tema encuestado

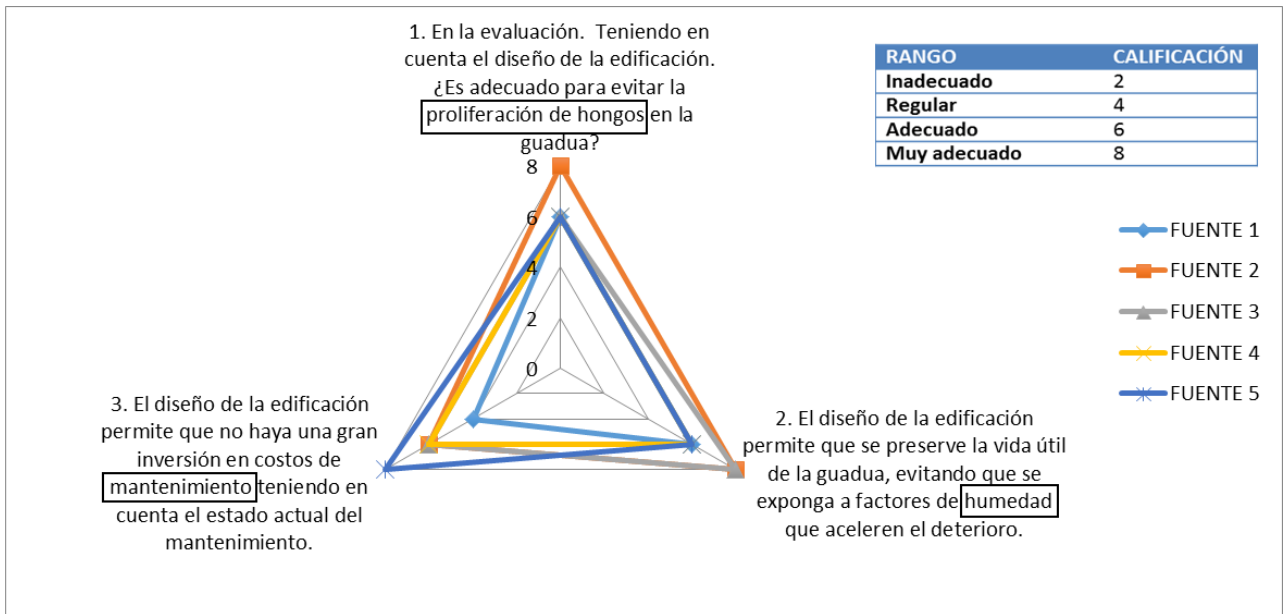
Diseño

La investigación se direcciona en tres tópicos los cuales fueron objeto de evaluación en la encuesta realizadas a las fuentes empezado por la protección por diseño.

En esta evaluación al diseño se plantearon tres temas, obteniendo como resultados los siguientes. Para el primero, “el diseño es adecuada para la proliferación de hongos”, por partes de los encuestados se da una calificación en el rango adecuado, con una tendencia al rango superior esta se da teniendo en cuenta que el diseño blindo la edificación para que esta no tenga contacto con la humedad la principal fuente de proliferación de hongos, la cual se encuentra expresada en la figura 14 que se muestra a continuación.

Figura 15

Diseño



Nota: Fuente propia

En la siguiente tema las evaluaciones, nuevamente muestran un resultado en rango adecuado a muy adecuado toda vez que la presencia de hongos de pudrición en el material es nula, teniendo en cuenta que este no puede atacar la guadua si no hay presencia de humedad en esta así como se ya se estableció.

Ya para concluir en la tercera parte de esta estimación por diseño, encontramos diversidad de criterios que van desde lo regular a muy adecuado, teniendo más relevancia la calificación en un rango adecuado, toda vez que la edificación lleva 10 años sin un mantenimiento preventivo o correctivo, conservándose en un adecuado estado que permite que esta pueda funcionar sin ninguna intervención mayor, demostrando que la inversión de costos de mantenimiento puede ser mínima ya que la protección por diseño contribuye a prolongar la durabilidad de la guadua.

La figura 15 permite inferir cuales son la cualidades de diseño que presenta esta edificación. Analizándola se concluye que al tener una cubierta prolongada se protege la guadua de la humedad, que se puede producir por factores climáticos como la lluvia. Adicionalmente, su separación del suelo resulta muy eficiente teniendo una distancia de 90 cm lo cual asegura que el contacto con el agua sea nulo.

Figura 16

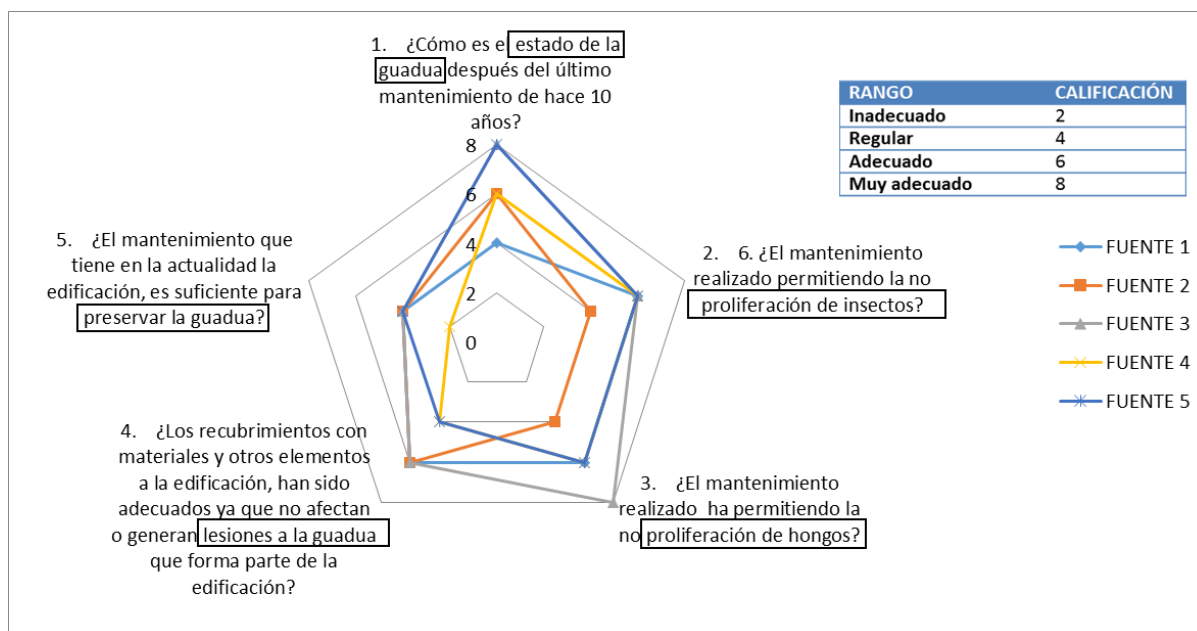
Cualidades de diseño



Nota: Fuente propia

Mantenimiento

Equipo investigador direcciona la evaluación al tópico de mantenimiento, lo cual es primordial para que el material tenga una vida útil prologada, que asegura la durabilidad de la guadua, permitiendo que esta pueda llegar a sufrir lesiones de tipo biótico que la pueda afectar de forma permanente llevándola al colapso del edificio, a continuación se presenta la figura 16 donde se expresaron cinco temas sobre el mantenimiento dentro del estudio de caso.

Figura 17**Mantenimiento**

Nota: Fuente propia

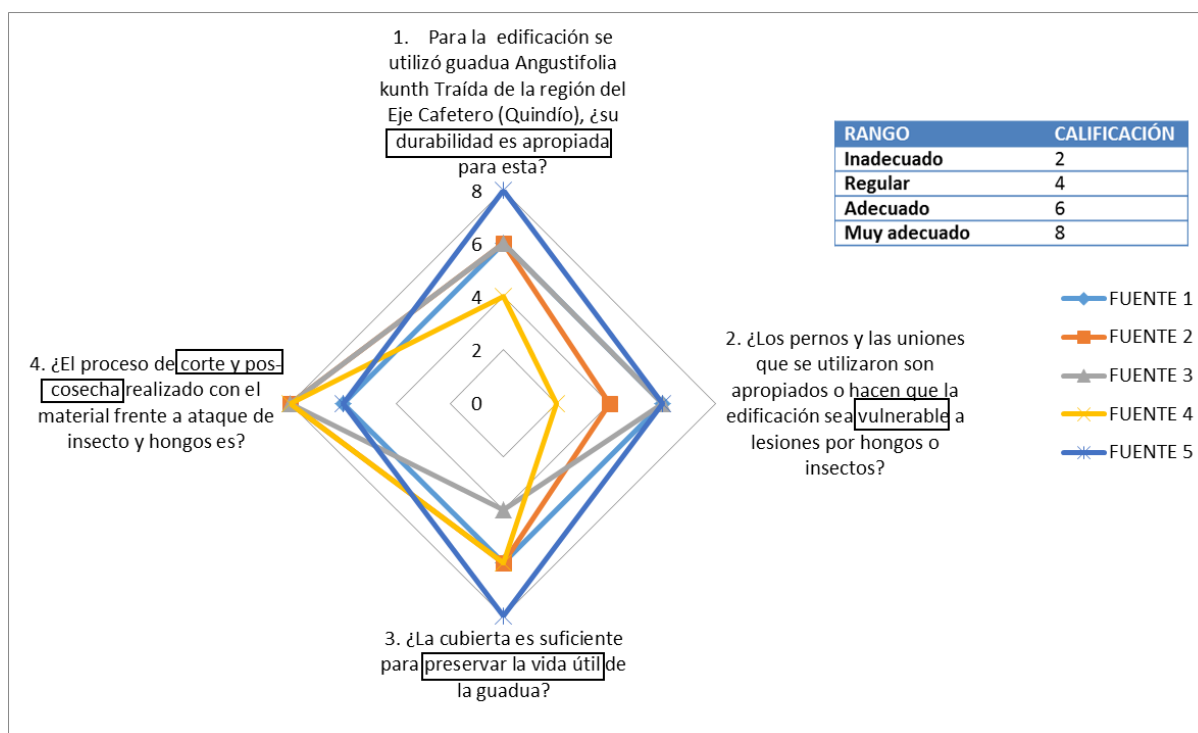
En este caso será relevante dar tratamiento a cada uno de los puntos que tuvieron una mayor coincidencia de criterios. Para el primer tema que busca evaluar el estado de la guadua después de diez años sin un mantenimiento continuó, podemos evidenciar que encontramos una evaluación que va del rango de lo adecuado a muy adecuado, el material no presenta lesiones de tipo biótico graves, a simple vista conserva sus propiedades de resistencia y no se evidencia pérdida de materialidad. El mantenimiento que se ha realizado a la edificación estudio de caso no ha permitido que se generen lesiones mayores, como el ataque de hongos e insectos como se establecen en el numeral 2 y 3 de la gráfica, teniendo en cuenta que la inspección se observa que la guadua fue tratada químicamente teniendo en cuenta que se visualizan perforaciones cerca de los anillos lo que infiere que este material se preservó por inyección manteniéndola a la fecha en una muy buena lo cual para los dos casos se da una calificación en el rango de adecuado.

En el tema de lesiones como se propone en el numeral 4 de la gráfica, teniendo en cuenta que en la inspección se observa que a la edificación se le hizo un anexo constructivo el cual tiene cierto tipo de recubrimientos que no se ven muy adecuados y podrían afectar el estado del material ya instalado, infiriendo que dicha intervención no causó una afectación mayor ni puso en riesgo la durabilidad de la guadua calificándolo en un rango adecuado.

Es evidente que hay un buen diseño, se han realizado mantenimientos al material, pero esto no es suficiente para que el mismo se mantenga, ya que la edificación no puede entrar en periodos muy largos sin un adecuado tratamiento para que esta no sea vulnerable a que los agente bióticos puedan causar lesiones graves, por tal razón las fuentes aciertan en este punto dando una calificación en el rango regular, al mantenimiento actual, que no es suficiente para asegurar la durabilidad de la guadua

Calidad de los materiales y la construcción

En este tópico hay gran relevancia en el tema de las materias primas que se utilizan para la construcción, debido a la importancia que para este tipo de obras, se observe un adecuado control de calidad en la utilización de materiales que permitan que la construcción tenga una alta durabilidad, por esto es importante que la hora de escogerlos estos se evalúen detalladamente, de lo contrario estos pueden ser los que perjudiquen la estructura y permitan que aparezcan las lesiones bióticas causadas por hongos e insectos, en el siguiente gráfico se le consulta a las fuentes sobre cuatro aspectos relevantes en referencia al tema.

Figura 18**Control de calidad**

Nota: Fuente propia

Dentro del territorio colombiano existe gran variedad de bambú el cual es materia prima para este estudio de caso, sin embargo no toda esa variedad de especímenes son adecuadas para la construcción, por lo general los constructores tienden a tener más confianza al uso de la GAK como se planteó en el numeral 1 del gráfico, de esta ya se han generado diversas investigaciones por sus propiedades de resistencia y para nuestro caso de durabilidad, esta especie es originaria de la región del eje cafetero más exactamente de departamento del Quindío, por consiguiente las fuentes consultadas aciertan en una calificación dentro del rango adecuado a muy adecuado, ya que la guadua presenta condiciones de durabilidad favorable y de resistencia al ataque de agentes bióticos como hongos e insectos.

A nivel constructivo de acuerdo al numeral 2 de la gráfica, se plantea si las uniones y los pernos son adecuados favoreciendo la durabilidad del materia, toda vez que este por ser un material vegetal sin una alta intervención industrial, tiende al ser frágil, si no se realiza un buen proceso constructivo este puede quedar vulnerable, presentado daños que con el tiempo se convierten en la puerta de entrada para el ataque por hongos e insectos, en este caso al consultar la fuentes estas coinciden calificando en un rango de muy adecuado el proceso de uniones y pernos utilizados en la edificación estudio de caso.

Retomando la importancia del diseño, que este ha sido un pilar fundamental para la durabilidad de la edificación, cabe resaltar que la cubiertas cobran un gran protagonismo en este análisis, así como lo establece el numeral 3 de la gráfica, en la cual se evalúa si las cuevitas actuales son apropiadas para garantizar la preservación del material, dando como resultado rango de aceptación adecuado, teniendo en cuenta que pese a la falta de mantenimiento etas se encuentran en condiciones ideales, se destaca que su proceso constructivo fue optimo, esta no ha permitido el que la guadua se vea afectada por la humedad asiéndola más duradera y resistente al ataque de agentes bióticos.

Como se menciona en un principio, la calidad de la materia prima influye en la durabilidad de la construcción, para este caso se indago sobre los procesos realizados de forma previa a la guadua de esta edificación objeto de estudio de caso, se estableció numeral 4 de la gráfica donde se afirma que el material fue sometido un importante proceso de pos cosecha desde corte, el cual se realiza en luna menguante en horas de la madrugada lo que genera que la guadua libere un gran porcentaje de contenido de azucres y humedad denominado (avinagrado) dándole un estado óptimo de durabilidad, ya que al perder gran contenido de humedad esta no es propensa al ataque

de hongos de pudrición, por tanto fuentes consultadas coinciden que este procesos se dio y se califica en un rango de adecuado a muy adecuado.

Conclusiones

1. Se genera la documentación del estudio de caso le cual queda registrada en los anexos del presente documento al igual que en el análisis de la información obtenida como resultado a la evaluación realizada por las fuentes consultadas.
2. Se evidencia que la calidad de las materias primas y de la construcción fueron acordes para la durabilidad de la guadua toda vez que el material seleccionado fue tratado e inmunizado para su conservación con métodos como tanto naturales como lo es el avinagrado en el proceso de pos-cosecha de la guadua lo que permitió que esta se mantuviera libre de contenido de humedad evitando la aparición de agentes bióticos que pudieran afectarla de forma grave.
3. Teniendo en cuenta que el proceso de pos cosecha fue óptimo para la guardia de la mano también el proceso de inmunización permitió blindarla se evidencia que esta se le dio tratamiento por inyección que la fecha la mantienen en condiciones favorables y si riesgo de colapso o lesiones mayores a causa de hongos e insectos.
4. La protección por diseño para este caso, es de resaltar el constructor cumplió el objetivo de darle una durabilidad al material al cumplir con los criterios constructivos de este este, se destaca que probablemente se basa en la dinámica que establece el manual de construcción de maderas del grupo andino en su capítulo 6 establece parámetro para la el diseño de este tipo de construcciones, viendo los resultados dichos criterios se ven reflejados en este

sistema constructivo aislando la guadua de la humedad y manteniéndola libre del ataque de hongos e insectos

5. A pesar que la construcción fue realizada sin criterios normativos como los que regulan este tipo de sistemas en la actualidad cabe resaltar la visión del diseñador que en la actualidad su obra sería aceptada por dar cumplimiento a las normas vigentes ya que esta presenta las condiciones ideales exigibles para su uso.
6. Se establece que frente al mantenimiento por el tratamiento químico (inyección) de la guadua, este no la hace recuperable en el momento de su disposición final, pero es más efectivo, reduce huella de carbono económicamente más factible el proceso de inmunización pos-cosecha (avinagrado), ya que este permite una durabilidad de la guadua manteniéndola en el tiempo sin la necesidad de procesos de inmunización más dañinos y costosos

Sugerencia

1. Teniendo en cuenta el largo periodo de falta de mantenimiento y con el fin que el diseño cumpla de forma eficiente su tarea es importante que las cubiertas tengan un mantenimiento más constante con el fin de evitar que la humedad llegue afectar la guadua.
2. A la hora de utilizar el proceso de inyección para inmunizar la guadua las sellar las perforaciones que quedan de esto, así proteger el material y eliminar el acceso de agentes bióticos.

3. Dar continuidad a futuro del comportamiento de la edificación y si la durabilidad se mantiene

Referencias

- Civilgeeks.com. (2011). Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth. Recuperado de: <https://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>
- David Trujillo, Felipe López. (2002). diseño de uniones y elementos en estructuras de guadua.
- Ecohabitar. (2013). La guadua: una maravilla natural de grandes bondades. Recuperado de: <http://www.ecohabitar.org/la-guadua-una-maravilla-natural-de-grandes-bondades-y-prometedor-futuro/>.
- Francisco Arriaga Martitegui y Miguel Esteban Herrero. (2001). Protección de la madera mediante el diseño constructivo.
- Francisco Arriaga, Fernando Peraza, Miguel Esteban, Ignacio Bobadilla y Francisco García. (2002). Intervención en estructuras de madera. Pág. 17-26.
- Norma Técnica Colombia. (2011). NTC 5404. Uniones para estructuras En Guadua.
- Norma técnica colombiana. (2007) NTC 5301. Preservación y secado del culmo de guadua angustifolia Kunth.
- Red Internacional de Bambú y Ratán. (2011). Normas técnicas para la utilización de la guadua angustifolia Kunth en la construcción. Recuperado de: Normas técnicas de materiales y contruccion.pdf
- Redacción el tiempo. (2010). guadua, un cultivo de triple propósito. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1268917>.

Walter Barreto. (2017). Estudio de durabilidad en las estructuras de bambú guadua *Angustifolia Kunth* de La Universidad La Gran Colombia, seccional Armenia-Colombia.