

BENEFICIOS ECOLÓGICOS DE LA GUADUA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

JENNIFER DANIELA LINARES MARTINEZ



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

AUXILIAR DE INVESTIGACION

BOGOTA

2019

**BENEFICIOS ECOLÓGICOS DE LA GUADUA COMO MATERIAL DE
CONSTRUCCIÓN**

JENNIFER DANIELA LINARES MARTINEZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL

ASESOR ING.ELIANA ORTIZ MUÑOZ



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

AUXILIAR DE INVESTIGACION

BOGOTA

2019



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Católica de Colombia para optar al título de Ingeniero Civil.

**MARIA CAMILA GARCIA VACA
EVALUADOR**

**RAUL NOVA
EVALUADOR**

**ELIANA ORTIZ MUÑOZ
DIRECTOR**

BOGOTÁ D.C 04 DE JUNIO DEL 2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis padres y mis hermanas, que me han apoyado en todo momento y son el motivo de salir adelante, para cumplir mis metas, sueños y logros día a día. De igual forma a mis docentes que han sido guía en este camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la oportunidad y privilegio de poder estudiar y culminar mis estudios profesionales, a mi familia y amigos que estuvieron presentes en todo el proceso de crecimiento y que me dieron lo mejor de ellos para avanzar hasta el final.

A los docentes de la Universidad Católica de Colombia, por sus conocimientos, experiencias y tiempo dedicado en todo este proceso.

CONTENIDO

1. GLOSARIO	18
2. INTRODUCCION	20
3. GENERALIDADES	22
1.1 ANTECEDENTES	22
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
4. OBJETIVOS	27
1.4 General	27
1.5 Específicos	27
5. MARCO DE REFERENCIA	28
1.6 MARCO TEORICO	28
1.6.1 Características y propiedades de la Guadua.	28
1.6.2 Usos de la guadua en Colombia.	31
1.6.3 Servicios ecosistemáticos.	32
1.6.4 Impactos ambientales.	35
1.6.5 Huella de Carbono	35
1.7 MARCO CONCEPTUAL	37
1.7.1 Biotecnología vegetal	37
1.7.2 Servicios ecosistemáticos	37
1.7.3 Dióxido de carbono	38
1.7.4 Guadua Angustifolia kunt	38
1.7.5 Captación de carbono natural	39
1.7.6 Material de Construcción	39
1.8 MARCO CONCEPTUAL	40
1.8.1 Biotecnología vegetal	40
1.8.2 Servicios ecosistemáticos	41
1.8.3 Dióxido de carbono	41
1.8.4 Guadua Angustifolia kunt	41

1.8.5	Captación de carbono natural	42
1.8.6	Material de Construcción	42
ESTADO DEL ARTE		43
MARCO LEGAL		46
6. ALCANCES Y LIMITACIONES		48
7. METODOLOGIA		50
1.9	Primera Etapa	52
1.10	Segunda Etapa	53
1.11	Tercera etapa	54
8. RESULTADOS		56
1.12	Localización	56
1.12.1	Recopilación y análisis de información existente	56
1.12.2	Elaboración de la cartografía base	56
1.12.3	Consulta de reconocimiento	57
1.13	Servicios eco-sistemáticos de la Guadua producidos en el área de estudio.	63
1.13.1	Datos iniciales para peso húmedo	71
1.13.2	Registro a 24 horas de horno de secado	74
1.13.3	Registro a 48 horas de horno de secado	78
1.13.1	Registro a 108 horas de horno de secado	82
1.13.1	Registro a 108 horas de horno de secado	85
1.13.1	Registro a 132 horas de horno de secado	87
1.13.2	Análisis de resultados obtenido en la práctica de laboratorio	91
1.14	Comparación de huella de carbono para un proceso constructivo	100
1.14.1	Costos directo de construcción casa vivienda familia	101
1.14.2	Costos directos y precios unitarios de una construcción de vivienda de uso residencial	107
CONCLUSIONES		110

LISTA DE ABREVIATURAS

GEI: Gases de efecto invernadero

MI: Metro lineal

M: Metro

M²: Metro cuadrado

FSC: Consejo de administración forestal

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Estado del Arte	43
Tabla 2 Marco Legal	46
Tabla 3 Actividades de metodología	50
Tabla 4. Primera Etapa metodología	52
Tabla 5 Segunda etapa de la metodología	53
Tabla 6 Metodología tercera etapa	54
Tabla 7. Condiciones óptimas de la guadua	61
Tabla 8. Propiedades físico-mecánicas de la Guadua.....	62
Tabla 9 Cultivo de Guadua Calarcá Quindío	62
Tabla 10 Culmo de Guadua Calarcá Quindío	63
Tabla 11 Registro de dato peso húmedo	71
Tabla 12 Registro de dato peso húmedo	72
Tabla 13 Registro de dato peso húmedo	73
Tabla 14 Registro de dato 24 horas.....	76
Tabla 15 Registro de dato a 24 horas.....	77
Tabla 16. Registro de dato a 24 horas.....	77
Tabla 17 Registro de dato 48 horas.....	80
Tabla 18 Registro de dato a 48 horas.....	81
Tabla 19 Registro de dato a 48 horas.....	82
Tabla 20 Registro de dato a 132 horas.....	89
Tabla 21 Registro de dato a 132 horas.....	90
Tabla 22 Registro de dato a 108 horas.....	91
Tabla 23 Peso Húmedo para una Guadua de 5 cm.....	91
Tabla 24 Media de peso Húmedo para una Guadua de 5 cm	92
Tabla 25 Peso Húmedo para una Guadua de 10 cm.....	92
Tabla 26 Media de peso Húmedo para una Guadua de 10 cm	92
Tabla 27 Peso Húmedo para una Guadua de 15 cm.....	93
Tabla 28 Media de peso Húmedo para una Guadua de 15 cm	93
Tabla 29 Peso seco de la muestra.....	93
Tabla 30 Biomasa seca para una muestra de $\varnothing= 5$ cm.....	94
Tabla 31 Biomasa seca para una muestra de $\varnothing= 10$ cm.....	94
Tabla 32 Biomasa seca para una muestra de $\varnothing= 15$ cm.....	95
Tabla 33 Cantidad de carbono para una muestra de $\varnothing=5$ cm.....	95
Tabla 34 Cantidad de carbono para una muestra de $\varnothing=5$ cm.....	96
Tabla 35 Cantidad de carbono para una muestra de $\varnothing=5$ cm.....	96
Tabla 36 Cantidad de carbono almacenado por 3 Mts * 5 Diámetro.....	98
Tabla 37 Cantidad de carbono almacenado por 3 Mts * 10 Diámetro.....	99

Tabla 38 Cantidad de carbono almacenado por 3 Mts * 15 Diámetro.....	99
Tabla 39 Calculo de cantidades de obra.....	101
Tabla 40 Calculo de cantidades de obra de la carpintería	102
Tabla 41 Cálculo de cantidades de Guadua por m ²	103
Tabla 42 Especificación de precios Guadua	104
Tabla 43 Cantidad de carbono * cantidad de obra	104
Tabla 44 Cantidad de carbono * cantidad de obra	105
Tabla 45 Cantidad de carbono * cantidad de obra	105
Tabla 46 Comparación de huella de carbono	105
Tabla 47 Comparación de huella de carbono	106
Tabla 48 Costos Directo de mampostería estructural	107
Tabla 49 Costos Directo de construcción en Guadua.....	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Partes de un culmo de Guagua	29
Figura 2 Cultivo Calarcá Quindío	30
Figura 3 Cultivo Calarcá Quindío	32
Figura 4 Servicios ecosistemáticos	34
Figura 5 Huella de Carbono	36
Figura 6 Servicios Ecosistemáticos	37
Figura 7 Guadua Angustifolia kunt en Calarcá	39
Figura 8 Casa en Guadua Calarcá Quindío	40
Figura 9 Mapa Localización Quindío	58
Figura 10 Mapa Localización Calarcá	59
Figura 11 Corte del culmo en campo	60
Figura 12 Guadua Oreada	61
Figura 13 Muestras de Guadua	64
Figura 14 Muestras de Guadua de tres tipos de diámetro	65
Figura 15 Grafico de obtención de la Guadua en el cultivo	66
Figura 16 Muestras en laboratorio	69
Figura 17 Muestra en balanza	69
Figura 18 Muestra en horno	70
Figura 19 Horno secador	71
Figura 20 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas	74
Figura 21 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas	74
Figura 22 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas	74
Figura 23 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas	75
Figura 24 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas	76
Figura 25 Muestra expuesta a 60° después de 48 horas	78
Figura 26 Muestra expuesta a 60° después de 48 horas	79
Figura 27 Muestra expuesta a 60° después de 48 horas	79
Figura 28 Muestra expuesta a 60° después de 48 horas	80
Figura 29 Registro fotográfico 108 horas	83
Figura 30 Registro fotográfico 108 horas	83
Figura 31 Registro fotográfico 108 horas	83
Figura 32 Registro fotográfico 108 horas	84
Figura 33 Registro de dato a 108 horas	85
Figura 34 Registro de dato a 108 horas	85

Figura 35 Registro de dato a 108 horas.....	86
Figura 36 Registro fotográfico 132 horas.....	87
Figura 37 Registro fotográfico 132 horas.....	88
Figura 38 Registro fotográfico 132 horas.....	88
Figura 39 Registro fotográfico 132 horas.....	89

LISTA DE GRAFICAS

Graficas 1 Absorbencia Vs Peso Húmedo de $\varnothing= 5\text{cm}$	96
Graficas 2 Absorbencia Vs Peso Húmedo de $\varnothing= 10\text{ cm}$	97
Graficas 3 Absorbencia Vs Peso Húmedo de $\varnothing= 15\text{cm}$	97

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.....	Caracterización de la Guadua
Anexo B.....	Protocolo de estimación de captación de carbono
Anexo C	Plano de Vivienda residencial
Anexo D.....	Solicitud de laboratorio

RESUMEN

La guadua es caracterizada por ser una planta con múltiples beneficios; es considerado un recurso natural y aporta diversos beneficios ecológicos, estructurales y artesanales. El presente estudio cuantifica sus cualidades ecológicas a partir del análisis de huella de carbono, a través de un ensayo experimental, con el objeto de evaluar cuanta captación de carbono puede almacenar la Guadua en un m², para posteriormente comparar la emisión de carbono con elementos comúnmente utilizados en la mampostería. Esta comparación se realiza con el análisis de un diseño en cantidades de obra en la actividad de muros, para una vivienda de uso residencial.

1. GLOSARIO

Guadua: Bambú espinoso perteneciente a la familia Poaceae, a la subfamilia Bambusoideae y a la tribu Bambuseae.(Minambiente 2016)

Guadua y bambusales naturales o establecido con fines de protección: Entiéndase como los guaduales y/o bambusales naturales o aquellos que sean plantados por el hombre y tengan como finalidad la recuperación, rehabilitación restauración y el aprovechamiento sostenible, sujetos a garantizar la conservación de la especie. No serán objetos de tala rasa y podrán establecerse en áreas forestales protectoras o en áreas forestales productoras.(Minambiente 2016)

Absorción: Cantidad de agua que penetra en los poros en la unidad de arcilla con relación al peso seco.

Huella de carbono: Herramienta que permite medir las emisiones de GEI producidas por una actividad. Su análisis se basa en metodologías reconocidas internacionalmente que representan un estándar a nivel mundial para los estudios de la huella de carbono. (Minambiente 2016)

Muro estructural: Elemento estructural vertical con una relación considerable entre sus dimensiones (longitud y espesor). Tiene la capacidad de soportar las cargas ocasionadas por su propio peso y cargas adicionales aplicadas en su plano. (NSR-10 1997)

Muro no estructural: Elemento vertical empleado en la separación de espacios dentro de una edificación. Sólo se encuentra diseñado para soportar cargas ocasionadas por su propio peso.(NSR-10 1997)

Grout: relleno estructural sin contracción para la colocación bajo estructuras y maquinaria. Adhiere el equipo dinámico a su base para formar un monolito que contrapone la vibración. Mortero especializado para el relleno de espacios. Mortero que no tenga contracción o que tenga expansión positiva.

Revoque: revestimiento, exterior y/o interior, de mortero de cal o cemento o de cal y cemento, que se aplica, como acabado, a un paramento enfoscado previamente. Es un tipo de acabado continuo cuyo fin es mejorar el aspecto y las características de las superficies de muros, tabiques y techos.

Emisión de Co2: El CO₂, o dióxido de carbono, es un gas incoloro, denso y poco reactivo, que forma parte de la capa de la atmósfera más cercana a la tierra. Tiene un gran impacto en el llamado efecto invernadero y su concentración ha aumentado en los últimos 160 años. (Ecopetrol 2018)

Captura de Co2: Una de las estrategias de mitigación de cambio climático, como línea de investigación emergente, es la evaluación de los niveles de captura de CO₂ en los diferentes sistemas productivos

Gas de efecto invernadero: gas atmosférico que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo. Este proceso es la fundamental causa del efecto invernadero.

Dióxido de carbono: Este compuesto químico está compuesto de un átomo de carbono unido con enlaces covalentes dobles a dos átomos de oxígeno.

Guadual: Cultivo e Guaduas, área poblada por plantas de Guadua.

Huella de Carbono: se conoce como la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto. Tal impacto ambiental es medido llevando a cabo un inventario de emisiones de GEI o un análisis de ciclo de vida según la tipología de huella, siguiendo normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 14064, PAS 2050 o GHG entre otras.(Ecopetrol 2016)

2. INTRODUCCION

Las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono son la mayor causa de la problemática del calentamiento global. Ya que el aumento de su concentración en la atmosfera genera como resultado un alto porcentaje de energía que se conserva dentro de la capa atmosférica sin salir al exterior, elevando la temperatura del planeta. (Hormilson 209d. C.) A esta problemática se suma consecuencias de regulación climática que como efecto presenta fallas críticas de sequía, que a su vez desvanece las propiedades de composición del suelo en el concepto de construcción.

La guadua se caracteriza por ser una planta con múltiples beneficios al medio ambiente, útil como material de construcción que posee alta resistencia, siendo capaz de ofrecer diversos servicios eco-sistémicos. Para contrarrestar problemática ambientales, la guadua posee una herramienta primordial que se pueden conceptualizar como un servicio y a su vez servir como función de regulación de agua y protección de suelos (Corporacion autonoma regional del Quindio 2017), el proceso que ejecuta es retener cantidades de agua del suelo, y almacenarla para liberarla cuando el suelo lo necesite, con el fin de regular algunas quebradas ríos y caudales. Al respecto de lo anterior se sabe que donde se encuentra esta planta el terreno se beneficia por tener considerables volúmenes de agua; sumado a esto y como primordial beneficio se puede obtener de esta planta un almacenamiento de carbono que sea capaz de subsanar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Partiendo de los supuestos anteriores, se desea investigar y analizar la guadua como material de construcción sostenible que genere una propuesta innovadora estructural, que además de actuar como elemento mampostería, sea capaz de solventar problemas ecológicos, con el fin de disminuir costos elevados en materia

de salud y deterioro de recursos ambientales. Dentro de este marco la intención es coadyuvar a mitigar problemáticas ecológicas, es decir que aparte de ser un recurso renovable de obtención natural, sea capaz de cumplir satisfactorios criterios en materia de construcción estructural y de resistencias de servicio, que a diferencia de los elementos estructurales comúnmente utilizados como lo es el hormigón y el acero; este innovador elemento nos brinde un beneficio que los elementos anteriormente mencionados no logren obtener, precisando esta información a través de una disciplina profesional, empleando conocimientos de cálculo, mecánica, construcción y mantenimiento de infraestructura emplazadas en el entorno.

3. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La guadua es una de las direcciones innovadoras de la ingeniería civil, ofrece soluciones ecológicas y de utilidad a partir de nuevas aplicaciones de materiales en la construcción, yacen propuestas sostenibles de uso de recursos renovables y la producción sostenible de productos naturales.

Comúnmente para las poblaciones menos ricas en zonas tropicales, la guadua juega un papel muy importante en la vida cotidiana (vivienda, el empleo, los ingresos, combustible, etc.) (Escamilla, Habert y Wohlmuth 2016). Recientemente, la guadua también se ha encontrado en más aplicaciones industriales, así como en las estructuras temporales. Tal ha sido la trascendencia que se considera un recurso diferente e innovador utilizado en diferentes países como en India, Indonesia, Japón, China y hasta en Latinoamérica.

Generalmente posee un tallo con altas dimensiones longitudinales que brindan una alta resistencia y flexibilidad por lo cual fue declarada por la ONU como la planta del Milenio, debido a la versatilidad en usos llenos de creatividad diseño y optimas propiedades en construcción (Alvarado Rojas 2013).

La zona cafetera de Colombia cuenta con un mayor número de guadua *Angustifolia*, allí existen alrededor de 28.000 cultivos de esta planta tanto en plantaciones como en bosque naturales (Echeverry et al. 2017), se enmarca en este lugar, benéficos en costos de producción, fácil acceso y obtención rápida, su crecimiento es de 13 cm diarios promedio, por seis a siete meses llega a su altura promedio, grosor y

consigue sus características óptimas de material (Camargo, Rodríguez y Arango 2001). El suelo del eje cafetero presenta en general un Ph neutro, alto contenido de materia orgánica enmarcado en una zona de alto riesgo sísmico, esta incidencia abrió el paso a desarrollar numerosos estudios que han dejado constatar la propiedades mecánicas de este material sometido a esfuerzos de compresión, tensión y tracción; fundamentándose en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente. (Muñoz López, Camargo garcía y Romero ladino 2017).

Una de las primeras obras impecables en la última década de la guadua se ve representado en la construcción de diseñadores colombianos como Simón Vélez y Marcelo Villegas, obra divulgada en la feria alemana de propuestas innovadoras (Expo Hannover 2000) construyendo un pabellón completamente en guadua, empleando solo materia prima colombiana. Según el estudio de evaluación ambiental, económico y práctico de la guadua se deben tener en cuenta factores de éxito y fracaso para la construcción de la guadua, ya que por ser un material proporcionado por la naturaleza puede presentar errores de incertidumbre, en este informe se concluye los aspectos ambientales favorables de la guadua, principalmente como la producción de la biomasa de una plantación de guadua, siendo 3 veces mayor que el promedio que produce un bosque de madera; a su vez la provisión de agua, la prevención y mitigación de desastres y/o problemáticas ambientales, que pueda generar como solución a partir de un elemento estructural. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos 2017).

Además de restaurar los terrenos degradados, la guadua tiene un beneficio innovador al generar utilidades para las comunidades rurales. En un estudio realizado en la India, el bambú es utilizado para ayudar a restaurar la fertilidad del suelo agrícola y como fuente de carbón, contribuye a la situación económica de las

familias de esa sociedad. (Inbar 2014). Es indispensable que para la ejecución de un proyecto orientado a la ingeniería civil se enfoque en el beneficio de la comunidad.

A principios de octubre del 2018, la asociación intergubernamental sobre el cambio climático de las Naciones Unidas emitió un informe sobre el estado de nuestro planeta, y profundizó la necesidad fundamental y pertinente de soluciones para reducir riesgos de calor extremo, sequía, inundaciones y pobreza. El bambú es un importante sumidero de carbono, ya que almacena más carbono que ciertos tipos de árboles. Esto se debe a que puede ser cosechado regularmente, creando una gran cantidad de productos duraderos que almacenan carbono durante varios años, así como el carbono en la propia planta. Estos productos son de larga duración, reciclables y pueden reemplazar una variedad de materiales intensivos en emisiones, como PVC, aluminio, acero y concreto. (Desk 2018).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles servicios ecosistémicos puede proveer la guadua como material de construcción sostenible y viable para proyectos que requieran un estándar de alta calidad a nivel estructural, económico y social?

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta el déficit en el desarrollo de una propuesta de infraestructura ecológica con recursos renovables en Colombia; se pretende investigar y analizar el desempeño ambiental favorable de la Guadua como un elemento estructural de propiedades mecánicas propicias, de altas resistencias y bajos costos, determinando los beneficios desde el punto de vista ecológico, económico y social para la construcción.

Existe en diferentes regiones tropicales del país construcciones de edificaciones en Guadua destinadas a familias de bajos recursos por su facilidad en la obtención; que generalmente no cumplen con requerimientos básicos y técnicos de seguridad, el inadecuado conocimiento y aprovechamiento de esta planta ha llevado a la subutilización de esta, lo que nos lleva a concluir que un adecuado conocimiento y a su vez ejecución de un proceso constructivo técnicamente, podría reemplazar en un alto porcentaje los materiales convencionales comúnmente utilizados estructuralmente.

Actualmente la guadua presenta soluciones innovadoras, ya que posee un crecimiento rápido con un proceso de producción simple, con aplicaciones más efectivas a los materiales estructurales comúnmente más utilizados como lo es el hormigón y acero. Una de las direcciones a la solución de problemáticas ambientales son aplicaciones de materiales constructivos que estén en la capacidad de ser reciclados y reutilizados, capaces de pertenecer a una producción sostenible (Jiménez 2001). La guadua puede contribuir a las comunidades a adaptarse a impactos negativos del cambio climático, proporcionando una fuente de ingresos sostenible, y a su vez creando viviendas flexibles, sólidas y resistentes.

Con esa finalidad se considera de la guadua una planta sostenible de rápido crecimiento, que es capaz de mitigar problemáticas sociales, económicas y ambientales que afectan al país; brindando servicios ecosistémicos que trabajen en diferentes aspectos de regulación climática, provisión de agua, regulación de sedimentos; que sirvan como beneficio ambiental para lograr contrarrestar en masa diferentes productores, que pueden afectar ecológicamente a la sociedad.

4. OBJETIVOS

1.4 General

Evaluar los servicios ecosistémicos que provee la guadua como material de construcción eco-sostenible a través de ensayos de campo.

1.5 Específicos

- Definir y priorizar la zona de estudio, donde se efectuaran prácticas de campo.
- Identificar servicios ecosistémicos que provee la guadua en la zona enmarcada de estudio.
- Comparar la huella de carbono para el proceso constructivo de una vivienda tradicional y una eco-sostenible

5. MARCO DE REFERENCIA

1.6 MARCO TEORICO

1.6.1 Características y propiedades de la Guadua.

La guadua es un material de origen vegetal, constituido por fibras largas dispuestas longitudinalmente y embestidas de una matriz lignina y hemicelulosa, (Alvarado Rojas 2013), su diseño hueco natural es estructuralmente más eficiente que una área rectangular esto significa que a comparación con otros materiales de construcción como el acero o el concreto, para una determinada capacidad de carga, la guadua contiene menos masa de material.

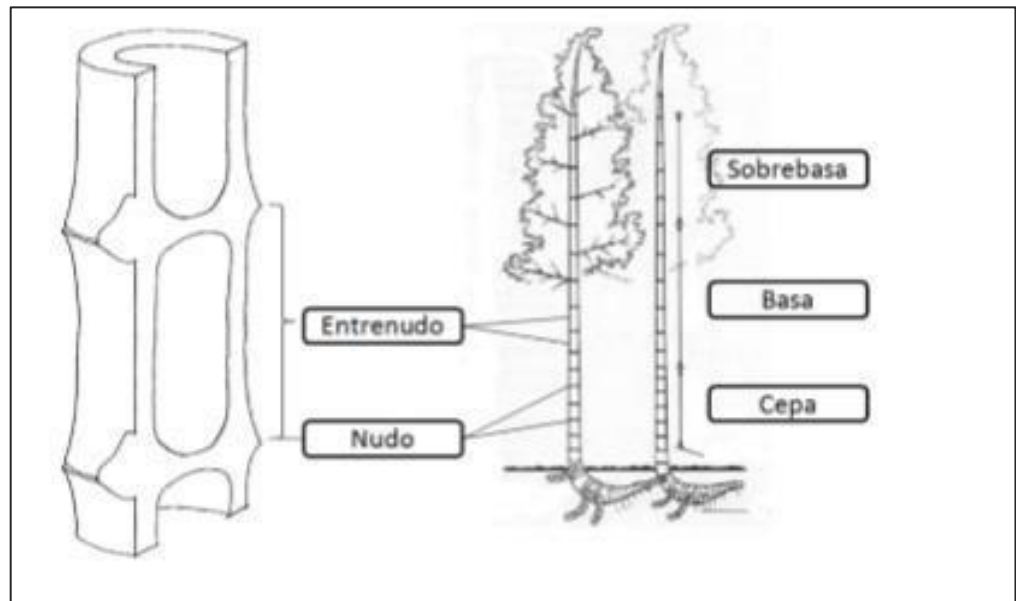
➤ Composición.

En el eje cafetero la guadua utilizada en la construcción, presenta condiciones y especificaciones óptimas de peso y resistencia por sus fuertes condiciones en el tallo de la planta, este material posee alteraciones en sus dimensiones debido a su expansión térmica y es por esta razón que los segmentos longitudinales varían presentando entrenudos de entre 10 a 15 cm de altura, separados por nudos.(Alvarado Rojas 2013). El diámetro base y la longitud de la plata se incrementa a través del tiempo, se podría predecir que la longitud del diámetro puede depender del periodo de plantación (Shah, Sharma y Ramage 2018).

➤ Resistencia.

Este material se constituye por fibras longitudinales de resistencia alta a la tracción, mostrando resistencias superiores a la de un acero de alta resistencia. La resistencia media sin nudo se ha encontrado por encima de 150 MPa a comparación del perfil con nudo la resistencia a la tracción se acerca a los 90 Mpa, es decir que como material de construcción el elemento más resistente es el perfil de guadua sin nudo. Las paredes externas poseen propiedades mecánicas dado a las incrustaciones de sílice, lignina y cutina que la hacen más sólida y a su vez logra una mayor cantidad de fibras en la parte externa de la guadua (Takeuchi, Estrada y Linero 2018).

Figura 1 Partes de un culmo de Guagua



Fuente: (Shlegel 2001)

Como consecuencia de su sección transversal, su alta inercia con respecto a su área circular, al someterse a un ensayo de flexión no presenta facilidad de pandeo y demuestra la alta resistencia a torsión. La debilidad del material se observa en su resistencia perpendicular, lo que limita la resistencia a la compresión de columnas cortas. (Takeuchi, Estrada y Linero 2018), el material posee fallas estructurales como funcionales, por ser un material vegetal puede ser afectado por hongos al ser expuestos al rayo de sol, de este modo es indispensable que en el proceso de montaje se realice un recubrimiento del material, para evitar fallos funcionales. Un factor influyente en el manejo de los recursos es un buen diseño estructural con el fin de utilizar la menor cantidad posible de perfiles (palos) de guadua, con uniones más simples y más sofisticadas. Como menciona el profesional Simón Vélez, la guadua es un material como lo es cualquier otro, con el mismo ladrillo se construyen tugurios y mansiones. Un material no determina el costo de una obra tan directamente como se piensa comúnmente (Arango Nader y Mendez Sanz 2008).

Figura 2 Cultivo Calarcá Quindío



Fuente :(Linares 2019)

➤ Morfología.

Morfológicamente la guadua se compone por raíz, tallo, hojas flores y frutos, pero la materia prima empleada como elemento de construcción, es su cilindro hueco. Por otra parte, además de constituir ventajas estructurales la guadua es importante en especial para utilizarse en proyectos estructurales ya que esta planta aparte de poseer beneficios de resistencia en la construcción reduce emisiones de carbono a la atmosfera, y regula fuentes hídricas y sedimentos (Jiménez 2001).

1.6.2 Usos de la guadua en Colombia.

Colombia es un país rico en recursos naturales, de abundante obtención de materias primas y cultivos de guadua, hacen de esta planta una fuente de beneficios para los productores rurales especialmente de la zona cafetera del país, encontrando un sinfín de posibilidades, ventajas y funciones que puede brindar este elemento. Las construcciones estructurales con guadua es una propuesta desarrollada para mitigar problemáticas ambientales capaz de generar proyectos sustentables combinados de conceptos naturales. Básicamente se considera una estructura en madera; se debe considerar la idea de que este material puede prestarse para reemplazar elementos estructurales tradicionales. En las zonas tropicales del país esta materia prima puede ser el uso de múltiples objetivos como decorativos, columnas de construcción, cercas, vigas, postes, elementos de soporte, viguetas, formaleta de planchas entre otras (Jiménez 2001). En general no se han desarrollado técnicas industriales con esta beneficiosa planta pero se espera que sea un material participe en innovación de nuevas técnicas de construcción y otras.

Figura 3 Cultivo Calarcá Quindío



Fuente :(Linares 2019)

1.6.3 Servicios ecosistémicos.

Los bosques de guadua durante décadas han brindado diversos beneficios ecológicos, este material de procedencia natural está en la capacidad de trabajar para mejoras directamente de los ecosistemas. Estos bosques han sido utilizados como fuente de materia prima para diferentes aplicaciones y han sido descritos como ecosistemas que proveen beneficios. Existen diversas funciones de servicios ecosistémicos, y es de suma importancia conocer las diversas funciones como lo es la provisión de agua, recursos genéticos, regulación climática, regulación del ciclo hidrológico, control de pérdidas de suelo y protección del suelo contra procesos erosivos, servicios culturales y de soporte estructurales ya mencionados, el estudio de los servicios eco sistémicos proporciona bienes y servicios esenciales para el desarrollo económico y social.(Muñoz López, Camargo garcía y Romero ladino 2017).

➤ Captura y almacenamiento de carbono.

El ciclo de carbono está determinado por el almacenamiento y la transferencia entre la atmósfera, biósfera, litósfera y océanos de moléculas constituidas por el elemento carbono, reduciendo emisiones de carbono, este se produce determinando la biomasa total. Las problemáticas de calentamiento global son producidas por varios factores, uno de los productores de este, son los gases de efecto invernadero; el dióxido de carbono (CO₂) es uno de los más influyentes debido a que su concentración representa el 66% y el 70 % del total de dichos gases. El CO₂ es generado por grandes industrias, la deforestación impide que el CO₂ no realice fotosíntesis, permitiendo que incremente la concentración de gas. . La solución más económica y natural está en los arboles su contribución a mitigar el efecto invernadero lo hacen a través de su procesos, donde una de las materias primas es el CO₂, que es transformado en productos más complejos como la celulosa, los almidones, etc. Mediante este proceso, el dióxido de carbono que entraría como componente de la atmosfera queda fijado en la biomasa total de la planta conformada por raíces, tallos, ramas, hojas y frutos. (Escamilla, Habert y Wohlmuth 2016).

➤ Regulación Hídrica.

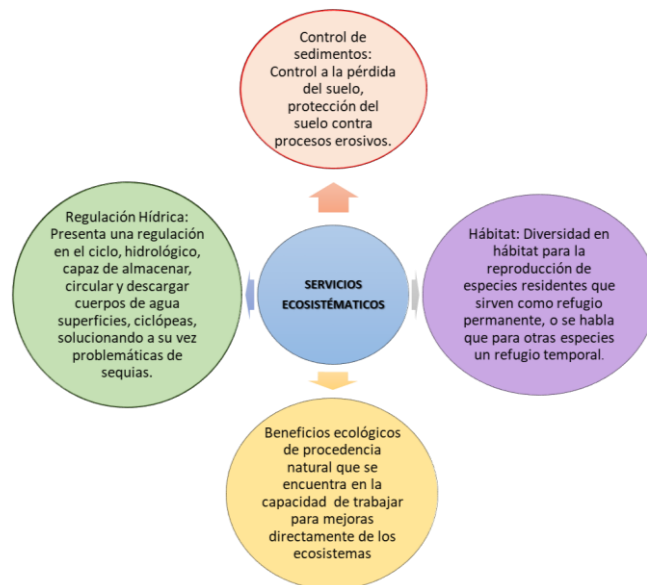
Según un estudio de priorización de los servicios ecosistemáticos la regulación hídrica es la función principal de la guadua (Valencia E et al. 2017). Este servicio desempeña la función de regulación de fluido, su proceso se basa en extraer agua del suelo, retenerla y almacenarla para librarla cuando las condiciones del suelo y el terreno lo necesiten. Por otra parte los tallos logran almacenar agua entre los nodos para regresarla al suelo gradualmente, un tallo de agua puede almacenar

hasta 10 litros de agua, para un periodo de tiempo determinado. Se destaca esta función por que conserva recursos hídricos como caudales, quebrabas o ríos.

➤ Regulación de sedimentos.

El control y retención de este servicio, protege del suelo contra procesos susceptibles de erosión, brindando a su vez control de materiales contaminantes que puedan ser transportados a una fuente hídrica. La regulación de sedimentos comprenden la disposición del habitat para polinizadores naturales, ya que transportan el polen al lugar adecuado de la platina para que germine o produzca más semillas; conserva y restaura condiciones de suelo para proteger el suelo de procesos erosivos. (Calderon Valbuena 2018).

Figura 4 Servicios ecosistemáticos



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos 2017)

1.6.4 Impactos ambientales.

El impacto ambiental es una problemática mundial, producida por diferentes factores negativos que produce la actividad humana en las industrias. La guadua es una materia prima de gran abundancia en el país, es por ello que a través de este material se quiere suplir los grandes impactos ocasionados. Existe un número limitado de estudios similares o informes relacionados con la producción masiva de Guadua, la falta de conocimiento es la principal motivación para desarrollar el presente estudio basado en el estudio se los servicios ecosistemáticos que pueda producir esta planta, con el fin de contribuir a los impactos ambientales. (Savastano et al. 2016)

El agotamiento de las fuentes y las nuevas resoluciones sobre la tala en los bosques naturales han dado lugar a la necesidad sustitutos renovables, respetuoso del medio ambiente y disponibles. El bambú es una planta que alcanza su tamaño óptimo y resistencia mecánica dentro de pocos años, que hace que el bambú un material ventajoso en comparación con la madera tradicional. (Tibaquir 2016).

1.6.5 Huella de Carbono

La huella de carbono, se define y se representa de forma general como la cantidad de gases de efecto invernaderos emitidos a la atmosfera producidos por actividades de producción o consumo de bienes y servicios, es considerada una de las más fundamentales herramientas para cuantificar y estimar las emisiones de dichos gases.

En los últimos años por la problemática de impacto ambiental, se han desarrollado diferentes métodos para estimación y cuantificación para determinar el nivel de emisión de gases. (Espíndola y Valderrama 2012).

➤ Gases de efecto invernadero:

El efecto invernadero se produce por la energía que llega del sol formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmosfera sin mucha resistencia. La energía remitida hacia el exterior, desde la tierra está formada por frecuencias bajas siendo absorbida por gases, que se convierten en el efecto invernadero.

Figura 5 Huella de Carbono



Fuente: Ecopetrol (2018)

1.7 MARCO CONCEPTUAL

1.7.1 Biotecnología vegetal

Extensión de la tradición de modificar plantas, permitiendo de una mayor variedad de información de una manera más exacta en un plan de control. Sus aplicaciones brindan una mejor productividad en aspectos de resistencia, patógenos, nutrientes entre otros; a su vez eliminando contaminantes, capaces de una mejor explotación de la diversidad natural. (Muñoz López, Camargo garcía y Romero ladino 2017).

1.7.2 Servicios ecosistemáticos

Fenómenos estrictamente ecológicos vinculados a funciones que se ejecuten con facilidad, un fin común para mitigar problemáticas ambientales, que sostienen la vida humana y mantienen la biodiversidad.(Sandoval Cardozo 2017). Los servicios ecosistemáticos son un beneficio que la sociedades reciben de los ecosistemas, dando lugar a la interdependencia del bienestar humano, manteniendo, conservando y reparando los ecosistemas, debido a su regulación, obtención y contribución a funciones clave del planeta. Se fundamentan por ser propiedades ecológicas que se incorporan en la producción y distribución de beneficios materiales e inmateriales para los seres humanos. (Calderon Valbuena 2018)

Figura 6 Servicios Ecositemáticos



Fuente: (Wwf México)

1.7.3 Dióxido de carbono

El CO₂ posee diferentes orígenes, por un lado emisiones que realiza las diferentes industrias que utilizan como materia prima el petróleo, y por otro lado deforestaciones, evitando procesos de fotosíntesis, el CO₂ se concentra en la atmósfera incrementando el volumen de gases, produciendo un aumento negativo en el efecto invernadero, que como resultado se obtiene el calentamiento global. (Shlegel 2001)

1.7.4 Guadua Angustifolia kunt

La guadua es una especie forestal que brinda múltiples beneficios económicos, ecológicos, sociales y culturales, usada en la construcción y elaboración de artesanías. Por otra parte es una plata de origen americano, se encuentra en estado natural en Colombia, especialmente en zonas tropicales, reúne diversos beneficios ambientales. Planta de crecimiento rápido, en Colombia existen 28 especies de bambúes herbáceos, con 11 géneros y 47 especies distribuidas en 7 géneros. (Ramirez Correa, Granados Moreno y Carreño González 2006).

Figura 7 Guadua Angustifolia kunt en Calarcá



Fuente :(Linares 2019)

1.7.5 Captación de carbono natural

De manera natural los árboles se encuentran en la capacidad de absorción de carbono, investigaciones científicas sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, durante los últimos 10 años, ven una solución en área de bosques ya que precisan investigaciones exactas de las cantidades de carbono que puede absorber un árbol.

1.7.6 Material de Construcción

La función de cualquier material como elemento estructural exige fundamentalmente el conocimiento y propiedades físicas y mecánicas, con el fin de conocer la resistencia y la capacidad del material. Para ser un elemento óptimo de construcción debe presentar características que sean capaces de resistir diferentes cargas a la estructura será sometida (Sánchez y Medrano Mújica 2010).

Figura 8 Casa en Guadua Calarcá Quindío



Fuente :(Linares 2019)

1.8 MARCO CONCEPTUAL

1.8.1 Biotecnología vegetal

Extensión de la tradición de modificar plantas, permitiendo de una mayor variedad de información de una manera más exacta en un plan de control. Sus aplicaciones brindan una mejor productividad en aspectos de resistencia, patógenos, nutrientes entre otros; a su vez eliminando contaminantes, capaces de una mejor explotación de la diversidad natural. (Muñoz López, Camargo garcía y Romero ladino 2017).

1.8.2 Servicios ecosistemáticos

Fenómenos estrictamente ecológicos vinculados a funciones que se ejecuten con facilidad, un fin común para mitigar problemáticas ambientales, que sostienen la vida humana y mantienen la biodiversidad.(Sandoval Cardozo 2017). Los servicios ecosistemáticos son un beneficio que las sociedades reciben de los ecosistemas, dando lugar a la interdependencia del bienestar humano, manteniendo, conservando y reparando los ecosistemas, debido a su regulación, obtención y contribución a funciones clave del planeta. Se fundamentan por ser propiedades ecológicas que se incorporan en la producción y distribución de beneficios materiales e inmateriales para los seres humanos. (Calderon Valbuena 2018)

1.8.3 Dióxido de carbono

El CO₂ posee diferentes orígenes, por un lado emisiones que realizan las diferentes industrias que utilizan como materia prima el petróleo, y por otro lado deforestaciones, evitando procesos de fotosíntesis, el CO₂ se concentra en la atmósfera incrementando el volumen de gases, produciendo un aumento negativo en el efecto invernadero, que como resultado se obtiene el calentamiento global. (Shlegel 2001)

1.8.4 Guadua Angustifolia kunt

La guadua es una especie forestal que brinda múltiples beneficios económicos, ecológicos, sociales y culturales, usada en la construcción y elaboración de artesanías. Por otra parte es una plata de origen americano, se encuentra en estado

natural en Colombia, especialmente en zonas tropicales, reúne diversos beneficios ambientales. Planta de crecimiento rápido, en Colombia existen 28 especies de bambúes herbáceos, con 11 géneros y 47 especies distribuidas en 7 géneros. (Ramírez Correa, Granados Moreno y Carreño González 2006).

1.8.5 Captación de carbono natural

De manera natural los árboles se encuentran en la capacidad de absorción de carbono, investigaciones científicas sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, durante los últimos 10 años, ven una solución en área de bosques ya que precisan investigaciones exactas de las cantidades de carbono que puede absorber un árbol.

1.8.6 Material de Construcción

La función de cualquier material como elemento estructural exige fundamentalmente el conocimiento y propiedades físicas y mecánicas, con el fin de conocer la resistencia y la capacidad del material. Para ser un elemento óptimo de construcción debe presentar características que sean capaces de resistir diferentes cargas a la estructura será sometida (Sánchez y Medrano Mújica 2010).

ESTADO DEL ARTE

Tabla 1 Estado del Arte

Ubicación	Título del Proyecto	Año del estudio	Descripción	Conclusiones	Referencias
Colombia	Evaluación del uso de guadua angustifolia como material principal alternativo en la construcción de una edificación tipo, frente al uso de la mampostería estructural con materiales convencionales	2008	Realizar un estudio confiable que aporte información para la implementación de soluciones de vivienda de buena calidad y bajo costo en la región del eje cafetero y que sea insumo para nuevas investigaciones.	Con base en el seguimiento realizado al proceso de construcción y el análisis de precios unitarios de la cabaña en guadua angustifolia, desde la cimentación hasta los acabados de la misma, se puede concluir que el costo directo es inferior a una construcción de mampostería estructural, así como los tiempos de ejecución.	(Arango Nader y Mendez Sanz 2008)

Continuación Tabla 1

<p>Colombia</p>	<p>Beneficios de los bosques de guadua como una aproximación a la valoración de servicios ecosistémicos desde la “Jerarquización y Calificación</p>	<p>2017</p>	<p>El propósito de realizar una aproximación a la valoración de estos servicios, desde la dimensión sociocultural se utilizó la herramienta de análisis multicriterio conocida como “Jerarquización y Calificación” para determinar la percepción de productores, técnicos, científicos y funcionarios de instituciones de carácter ambiental sobre los beneficios de estos ecosistemas.</p>	<p>El estudio permitió evidenciar que los servicios ecológicos son los más relevantes para los actores, especialmente para los expertos en servicios ecosistémicos, teniendo en cuenta la importancia que representan para la generación de beneficios relacionados con la provisión de agua y hábitat para la fauna.</p>	<p>(Muñoz lópez, Camargo garcía y Romero ladino 2017)</p>
-----------------	---	-------------	--	---	---

Continuación tabla 1

Colombia	Experimental and numerical modeling of shear behavior of laminated Guadua bamboo for different fiber directions.	2017	La resistencia al corte y el patrón de grietas del bambú laminado de Guadua se estudian en este trabajo, mediante pruebas experimentales y simulación numérica, considerando las diferentes direcciones	Cuando la fibra es paralela a la dirección de carga, o cuando la fibra es perpendicular a la dirección de la carga sin cruzar el plano del área reducida, cada configuración podría representar el comportamiento de corte de un punto material dentro de diferentes miembros estructurales.	(Takeuchi, Estrada y Linero 2018)
----------	--	------	---	--	-----------------------------------

MARCO LEGAL

Para la realización del presente trabajo, y como textos de normatividad, se consultaron las normas de construcción y cálculo de huella de aplicables como se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2 Marco Legal

NORMA	NOMBRE DE LA NORMA	OBJETO
Titulo G Nsr-10	Estructuras de madera y Guadua	Bases para el diseño estructural, diseño de elementos solicitados por flexión, diseño de elementos solicitados por fuerza, diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial, uniones, diafragmas horizontales y muros de armaduras, sistemas estructurales preparación, fabricación, construcción, montaje y mantenimiento en estructuras de guadua. (NSR-10 1997)
ISO 14067	Huella de carbono	Esta nueva norma se basa en gran medida en las normas ISO existentes para el análisis del ciclo de vida (ISO 14040/44) y las etiquetas y declaraciones ambientales (ISO 14025) y está previsto que se publique en marzo de 2012. (SGS 2012)

Continuación tabla 2

<p>ISO 14064-1:2012</p>	<p>Organización, proceso y actividad para la mitigación de gases de efecto invernadero</p>	<p>Ofrece un marco para el diseño y gestión de los inventarios de GEI en las organizaciones. Incluye los requisitos para la gestión de la calidad del inventario, determinando límites y requisitos para la cuantificación de emisiones y absorciones de GEI. Establece orientaciones para la identificación de acciones específicas en la mejora de la gestión de GEI.</p>
<p>ISO 14064-2:2012</p>	<p>Organización, proceso y actividad para la mitigación de gases de efecto invernadero Parte 2</p>	<p>Se centra en proyectos de reducción de emisiones o incrementos de absorción. Incluye los requisitos para determinar escenarios de referencia en el proyecto, vigilar e informar sobre los resultados del proyecto proporcionando las bases para su validación.</p>
<p>ISO/TS 14067:2013</p>	<p>Especificación técnica de cuantificación para la huella de carbono</p>	<p>Establece cuales han de ser los principios para la cuantificación y comunicación de la HC durante el ciclo de vida de un producto o servicio. Establece como determinar los límites asociados al ciclo de vida y los requisitos de información para declarar públicamente o comunicar a los consumidores los resultados a través de un informe verificado por tercera parte.</p>

6. ALCANCES Y LIMITACIONES

Las actividades que requiere el estudio, y que constituyen sus principales componentes parten del estudio experimental de caracterización biofísica de servicios ecosistémicos. Para esta investigación se debe tener en claro conceptos generales en los que será empleado el material, por ello se recopila y analiza información disponible, de esta manera se acopia y se caracteriza con la materia prima almacenada en el laboratorio de la Universidad Católica de Colombia. Por otra parte se ejecuta un estudio preliminar del material a estudiar, enmarcando una zona de estudio y se precisa esta información para desarrollar el protocolo para la estimación nacional y sub nacional del IDEAM con el fin de evaluar la huella de carbono que puede almacenar la planta de Guadua.

La tarea con los mayores traumatismos y limitaciones fue la carencia de información en el estudio experimental de la guadua como material ecológico y estructural, en el ámbito de caracterización de servicios ecosistémicos en Colombia. Al margen de esta limitación se recopilaron estudios de investigación preliminares realizados en zonas no enmarcadas a la investigación, con el fin de obtener diagnósticos ya evaluados que se puedan tener en cuenta como referencia, paralelo a esto se solicita información a entidades nacionales estatales con la limitación en disponibilidad de tiempo para dichas entregas de parte de estas instituciones.

Por otra parte, cabe resaltar que dentro del análisis de localización se asume la necesidad de realizar una salida de campo, con una barrera de alcance por factores de costos que son indispensables para los desplazamientos al municipio de Calarcá- Quindío, así como costos adicionales para especialistas en la vereda y gastos personales. Adicionalmente a esto fue necesario realizar un análisis óptimo del culmo de guadua a partir de prácticas, y dichas muestras se tomaron en zonas

tropicales, el análisis de este material fue indispensable examinarlo en el laboratorio de materiales de la Universidad Católica de Colombia presentando una contrariedad y dificultad con los espacios para la solicitud de practica libre, la disponibilidad de estos son directamente perjudiciales para los tiempos entrega planteados.

7. METODOLOGIA


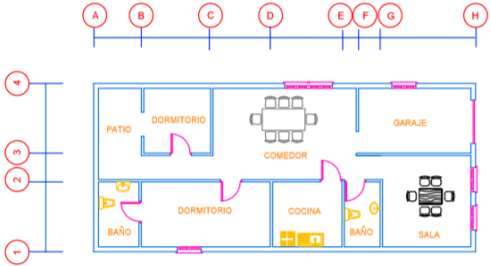
El estudio se estructura con base en un procedimiento metodológico evolutivo, que inicia con la consulta de la información secundaria y con la recopilación de la primaria. Éstas se examinan, se procesan y se evalúan, con el fin de establecer similitudes y discrepancias entre sí, de tal forma que faciliten el diagnóstico del problema y conduzcan a la construcción de los modelos ecológicos, al análisis de estabilidad y al planteamiento de las medidas de mitigación; dentro del marco técnico, social, ambiental y económico.

Para tal fin se dispone del desarrollo de un protocolo para la estimación de carbono nacional y sub nacional del IDEAM. Se procede a analizar a través de los resultados obtenidos de captación de Co₂, una comparación de huella de carbono de la guadua, con materiales comúnmente utilizados como el concreto y el acero, por unidad de material.

Tabla 3 Actividades de metodología

BENEFICIOS ECOLOGICOS DE LA GUADUA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION		
Actividad	Descripción	Registro Visual
Priorizar Área de Estudio	<ul style="list-style-type: none">✓ Investigación preliminar✓ Consulta de fichas técnicas de parte del proveedor	


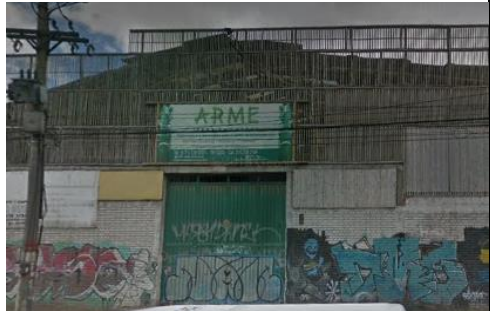

Continuación tabla 3

<p>Identificar servicios ecosistemáticos de la Guadua</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigación de información y antecedentes. ✓ Prácticas de laboratorio para la aproximación de contenido de carbono en la Guadua. 	
<p>Comparación de huella de carbono</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo de cantidad de obra y presupuestos en material de Guadua, acero y concreto. ✓ Análisis de captación de huella de carbono por m². 	

Fuente: (Linares 2019)

1.9 Primera Etapa

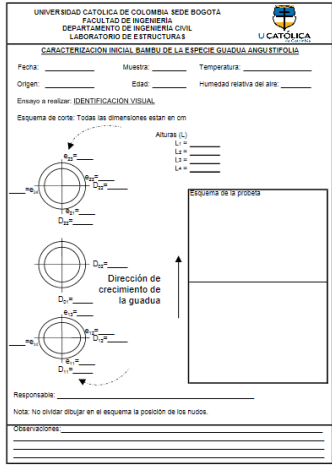

Tabla 4. Primera Etapa metodología

ZONA DE ESTUDIO		
Actividad	Descripción	Registro Visual
Identificación	Esta etapa permite en primer lugar la obtención de información secundaria y asimilación de las características de la zona de estudio	
Investigación	El estudio se estructura con base en un procedimiento de localización, mediante el cual se realiza una consulta exhaustiva de la localización de terreno por parte del proveedor ARME IDEAS Y GUADUA.	
Cartografía	El objeto es realizar el mapa base de localización de la zona enmarcada de estudio, la interpretación cartográfica del Ideam bajo la aplicación de un modelo de interpretación dirigida	


Fuente: (Linares 2019)

1.10 Segunda Etapa

Tabla 5 Segunda etapa de la metodología

PRACTICAS DE LABORATORIO		
Actividad	Descripción	Registro Visual
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificación y clasificación mediante, rótulos en las muestras de ensayo de laboratorio 	 <p>Ver: Anexo A</p>
Practica de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigación de información y antecedentes. ✓ Prácticas de laboratorio para la aproximación de contenido de carbono en la Guadua. 	

Continuación tabla 5

<p>Comparación de huella de carbono</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo de cantidad de obra y presupuestos en material de Guadua, acero y concreto. ✓ Análisis de captación de huella de carbono por m². 	
---	--	--



Fuente: (Linares 2019)

1.11 Tercera etapa

Tabla 6 Metodología tercera etapa

COMPARACIÓN																																																																																																																																																																																																		
Actividad	Descripción	Registro Visual																																																																																																																																																																																																
<p>Diseño de vivienda de uso residencial</p>	<p>Estructuración y diseño de plan de vivienda residencial. Con directriz en el análisis de cantidades de obra en m² para los muros estructurales y divisorios.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="1047 1371 1198 1402">UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</th> <th colspan="4" data-bbox="1214 1371 1360 1402">FORMATO DE MEMORIAS DE CALCULO CANTIDADES DE OBRA</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1047 1423 1198 1455">Ubicación Planos</th> <th data-bbox="1198 1423 1247 1455">L</th> <th data-bbox="1247 1423 1295 1455">H</th> <th data-bbox="1295 1423 1360 1455">AREA</th> <th data-bbox="1360 1423 1409 1455">UNIDAD</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Muros estructurales</td><td>A-D-1</td><td>200</td><td>230</td><td>46000</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>B-D-1</td><td>550</td><td>230</td><td>126500</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>D-E-3</td><td>300</td><td>230</td><td>69000</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>E-G-1</td><td>160</td><td>230</td><td>36800</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>G-H-1</td><td>380</td><td>230</td><td>87700</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>A-B-5</td><td>200</td><td>230</td><td>46000</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>B-C-5</td><td>300</td><td>230</td><td>69000</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>C-F-5</td><td>610</td><td>230</td><td>140300</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>F-H-5</td><td>490</td><td>230</td><td>112700</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>1-2-A</td><td>300</td><td>230</td><td>69000</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>2-5-A</td><td>400</td><td>230</td><td>92000</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>1-3-H</td><td>410</td><td>230</td><td>94300</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>3-5H</td><td>290</td><td>230</td><td>66700</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>1-2-B</td><td>270</td><td>230</td><td>62100</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>1-2-D</td><td>270</td><td>230</td><td>62100</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>1-2-E</td><td>270</td><td>230</td><td>62100</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>1-2-G</td><td>270</td><td>230</td><td>62100</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>3-4-B</td><td>280</td><td>230</td><td>64400</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>3-4-C</td><td>280</td><td>230</td><td>64400</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>4-5-F</td><td>180</td><td>230</td><td>41400</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>A-B-2</td><td>170</td><td>230</td><td>39100</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>B-D-2</td><td>540</td><td>230</td><td>124200</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>D-E-2</td><td>290</td><td>230</td><td>66700</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>E-G-2</td><td>150</td><td>230</td><td>34500</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>B-C-3</td><td>280</td><td>230</td><td>64400</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>F-H-3</td><td>480</td><td>230</td><td>110400</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>Area cm²</td><td>1915900</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>Area en m²</td><td>191.59</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>Area m² carp.</td><td>15.21</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>Area total m²</td><td>176.38</td><td></td></tr> </tbody> </table>	UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia		FORMATO DE MEMORIAS DE CALCULO CANTIDADES DE OBRA				Ubicación Planos	L	H	AREA	UNIDAD		Muros estructurales	A-D-1	200	230	46000	cm		B-D-1	550	230	126500	cm		D-E-3	300	230	69000	cm		E-G-1	160	230	36800	cm		G-H-1	380	230	87700	cm		A-B-5	200	230	46000	cm		B-C-5	300	230	69000	cm		C-F-5	610	230	140300	cm		F-H-5	490	230	112700	cm		1-2-A	300	230	69000	cm		2-5-A	400	230	92000	cm		1-3-H	410	230	94300	cm		3-5H	290	230	66700	cm		1-2-B	270	230	62100	cm		1-2-D	270	230	62100	cm		1-2-E	270	230	62100	cm		1-2-G	270	230	62100	cm		3-4-B	280	230	64400	cm		3-4-C	280	230	64400	cm		4-5-F	180	230	41400	cm		A-B-2	170	230	39100	cm		B-D-2	540	230	124200	cm		D-E-2	290	230	66700	cm		E-G-2	150	230	34500	cm		B-C-3	280	230	64400	cm		F-H-3	480	230	110400	cm				Area cm ²	1915900					Area en m ²	191.59					Area m ² carp.	15.21					Area total m ²	176.38	
UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia		FORMATO DE MEMORIAS DE CALCULO CANTIDADES DE OBRA																																																																																																																																																																																																
Ubicación Planos	L	H	AREA	UNIDAD																																																																																																																																																																																														
Muros estructurales	A-D-1	200	230	46000	cm																																																																																																																																																																																													
	B-D-1	550	230	126500	cm																																																																																																																																																																																													
	D-E-3	300	230	69000	cm																																																																																																																																																																																													
	E-G-1	160	230	36800	cm																																																																																																																																																																																													
	G-H-1	380	230	87700	cm																																																																																																																																																																																													
	A-B-5	200	230	46000	cm																																																																																																																																																																																													
	B-C-5	300	230	69000	cm																																																																																																																																																																																													
	C-F-5	610	230	140300	cm																																																																																																																																																																																													
	F-H-5	490	230	112700	cm																																																																																																																																																																																													
	1-2-A	300	230	69000	cm																																																																																																																																																																																													
	2-5-A	400	230	92000	cm																																																																																																																																																																																													
	1-3-H	410	230	94300	cm																																																																																																																																																																																													
	3-5H	290	230	66700	cm																																																																																																																																																																																													
	1-2-B	270	230	62100	cm																																																																																																																																																																																													
	1-2-D	270	230	62100	cm																																																																																																																																																																																													
	1-2-E	270	230	62100	cm																																																																																																																																																																																													
	1-2-G	270	230	62100	cm																																																																																																																																																																																													
	3-4-B	280	230	64400	cm																																																																																																																																																																																													
	3-4-C	280	230	64400	cm																																																																																																																																																																																													
	4-5-F	180	230	41400	cm																																																																																																																																																																																													
	A-B-2	170	230	39100	cm																																																																																																																																																																																													
	B-D-2	540	230	124200	cm																																																																																																																																																																																													
	D-E-2	290	230	66700	cm																																																																																																																																																																																													
	E-G-2	150	230	34500	cm																																																																																																																																																																																													
	B-C-3	280	230	64400	cm																																																																																																																																																																																													
	F-H-3	480	230	110400	cm																																																																																																																																																																																													
			Area cm ²	1915900																																																																																																																																																																																														
			Area en m ²	191.59																																																																																																																																																																																														
			Area m ² carp.	15.21																																																																																																																																																																																														
			Area total m ²	176.38																																																																																																																																																																																														

Continuación tabla 6

<p>Análisis de cantidad de obra</p>	<p>✓ Proceso de cálculo para la actividad constructiva de muros, mediante la cubicación con base en un plano de especificaciones técnicas y un informe de listado de actividades constructivas que componente el proyecto de edificación.</p>	
<p>Comparación de cantidad de almacenamiento y emisión de carbono</p>	<p>✓ Revisión de estudios previos de la información disponible de huella de carbono para los tres materiales de análisis. Con el fin de definir un estado de captación o contrastación de carbono.</p>	

Fuente: (Linares 2019)

8. RESULTADOS

1.12 Localización

Se realizó un análisis de localización de la procedencia de la guadua, mediante un proceso metodológico evolutivo que inicia con la consulta de la información secundaria y recopilación de la primera. Estas se examinan se procesan y se evalúan, con el fin de establecer similitudes y discrepancias entre sí, de tal forma que faciliten una referenciación y un planteamiento de la zona del cultivo.

1.12.1 Recopilación y análisis de información existente

Se refiere a la obtención de información secundaria: estudios previos en el cultivo de geología, climatología, usos de suelo, geotecnia, duración del cultivo, etc., disponibles en la entidad ARME GUADUA Y BAMBU.

Esta etapa permitió en primer lugar, la asimilación de la procedencia de la guadua obtenida como materia prima en el laboratorio de la Universidad católica de Colombia, se analizan las características morfológicas del terreno, condiciones operacionales, técnicas ambientales y sociales. Y en segundo lugar, es realizó la documentación detallada de la procedencia de las guaduas.

1.12.2 Elaboración de la cartografía base

Con el objeto de conseguir la localización del cultivo, se visitó al proveedor de la Guadua adquirida, dicho depósito se encuentra ubicado en la carrera 3 B # 20 A - 14 enmarcado por el municipio de Soacha (Cundinamarca), se realizó una investigación a través de software de Google Earth y Maps Idiger (expuesto gráficamente).

La interpretación cartográfica se efectúa con el empleo del software ArGis de la página web del Idiger bajo la aplicación de modelo de interpretación dirigida. Es decir, se definen y respetan las barreras físicas actuales y se condiciona a la interpretación de estas, sin permitir el desempeño del software a su libre esquema de triangulación.

1.12.3 Consulta de reconocimiento

Siendo el eje cafetero uno de los lugares con gran cantidad de guaduales, de los cuales cumplen con permisos de aprovechamiento correcto (corte), que pueden brindar un abastecimiento del recurso y disminuir los costos de la construcción de la vivienda sin tener afectaciones problemáticas en el medio ambiente, con un favorecimiento eco-sostenible.

Gracias al proceso de certificación de la FSC (Forest Stewardship Council), entidad que es encargada de salvaguardar el manejo ambientalmente apropiado, socialmente benéfico y económicamente viable de los bosques del mundo, que cuenta con esta certificación con resolución 1740 desde el 24 de octubre de 2016 y ofrece para la venta productos de guadua rolliza y guadua galvanizada (Arme 2018).

En este estudio de caso se determina la huella de carbono producida por cada muestra de Guadua, ubicada en la vereda Quebradanegra, municipio de Calarcá,

departamento de Quindío (Colombia). Con el fin de determinar la cantidad de carbono; se identifican las etapas de los procesos: extracción, transporte y entrega de guadua en la puerta del cliente (Universidad Católica de Colombia). De acuerdo al resultado de la investigación se encontraron diversos guaduales del Eje cafetero, esta finca cuenta con 24,8 ha en bosques naturales de Guadua certificados encontrándose a una elevación de 1573 msnm, con una temperatura promedio de 20°C -26°C y una precipitación anual de 2000 -2500 mm.(Alcaldía Municipal 2018)

Figura 9 Mapa Localización Quindío



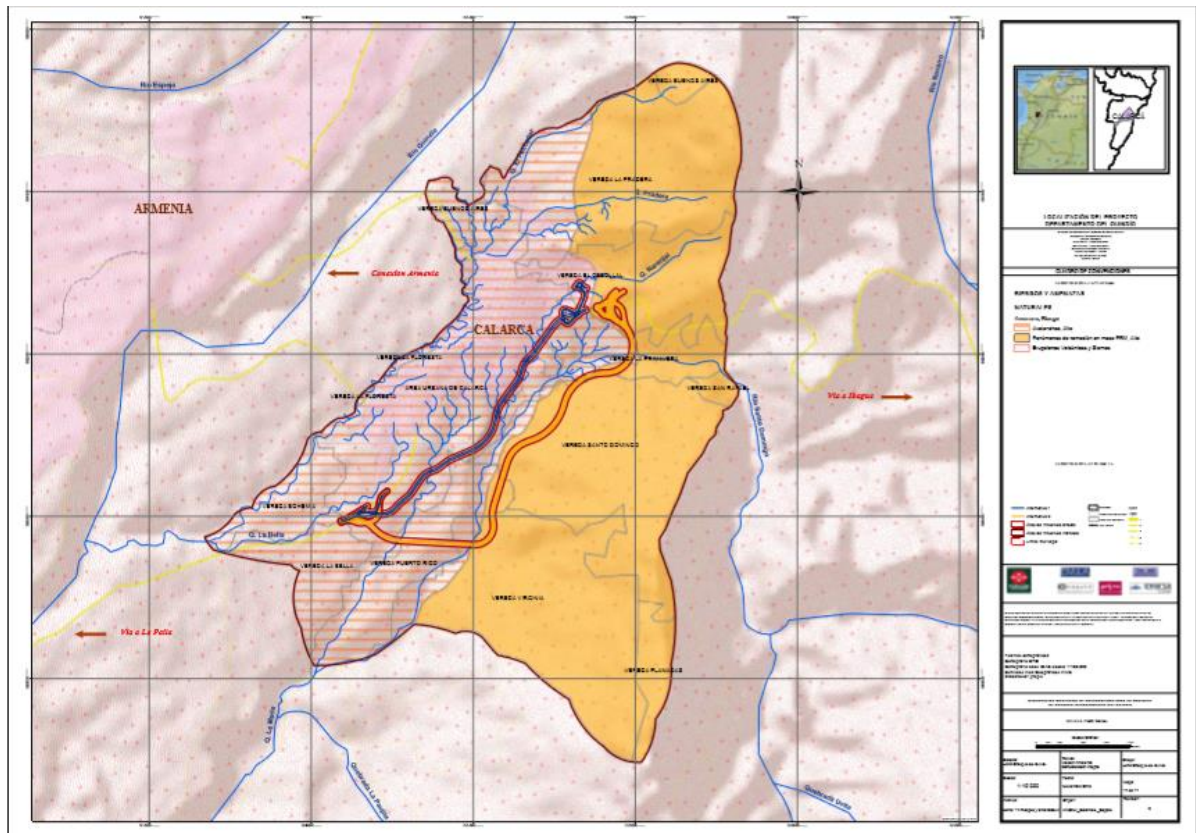
Fuente: (Linares 2019)

Calarcá Quindío

El municipio de Calarcá se encuentra ubicada entre los 4°20'40" y los 4°33'50" de latitud norte entre los 75°33'40" y los 75°48'10" de longitud oeste. Se sitúa en zona Andina, flanco de cordillera central de los andes centro-occidente y al oriente del departamento del Quindío, en la zona popularmente denominado el eje cafetero.

Calarcá cuenta con una población de aproximadamente 73.500 habitantes, presenta por su topografía de 3 pisos térmicos: cálidos, fríos y paramo.

Figura 10 Mapa Localización Calarcá



Fuente: IGAC (2013)

➤ Características del manejo del Guadual

Cosecha: La primera etapa del proceso del cultivar inicia en la adquisición de la materia prima (culmos de Guadua) en el que se realiza el corte de la Guadua Angustifolia Kunt de diámetro 7-9, 8-10,

10-13, 13-16, 16-20. Estos diámetros no son de dimensiones exactas puesto que el material es de procedencia natural y contiene un porcentaje de diferencia por las características de la planta. Las herramientas para el corte se utilizan una motosierra y elementos de seguridad para el personal encargado de esta actividad.

Figura 11 Corte del culmo en campo



Fuente: (Arme 2018)

Post cosecha: En segunda instancia a la cosecha, se manejan diferentes procesos para la Guadua tipo *Angustifolia* Kunth, dentro de los que se encuentra: La selección de la Guadua, limpieza, pre-secado (oreado), preservado (inmunización), perfilado (corte en las orillas con sierra).

Figura 12 Guadua Oreada



(Arme 2018)

➤ Fichas técnicas del material

Tabla 7. Condiciones óptimas de la guadua

CONDICIONES OPTIMAS		
Temperatura	20°C-26°C	Fuente
Asnm	900-1700	(Arme 2018)
Precipitación	2000-2500 mm/año	
Latitud	4 ° Latitud N	
Brillo solar	1800 – 2000 Horas/luz/año	
Nubosidad	1-4 octas	
Humedad	75 – 85 %	

Tipo de suelo	Arenosos/fértiles	
Ph	5.5-5.8 /Acido	
Vientos	15.8 km/hora Brisas débiles	

Tabla 8. Propiedades físico-mecánicas de la Guadua.

Propiedades físico-mecánicas		
Compresión	710 kg/cm ²	(Arme 2018)
Flexión	3100 kg/cm ²	
Tensión	3100 kg/cm ²	

Elaboración Propia

Tabla 9 Cultivo de Guadua Calarcá Quindío



Fuente: (Linares 2019)

Tabla 10 Culmo de Guadua Calarcá Quindío



Fuente: (Linares 2019)

1.13 Servicios eco-sistemáticos de la Guadua producidos en el área de estudio.

Dentro de la zona enmarcada de estudio, se realizó la investigación y adquisición de información de fichas técnicas del cultivo, donde se resalta la Guadua como la especie forestal nativa más importante del occidente colombiano por sus propiedades como: reguladora de aguas, protectora de suelos, además de sus cualidades físico-mecánicas que la hacen apropiada para los múltiples usos. Uno de los mayores traumatismos que presenta la sociedad son las emisiones de

Carbono y en consonancia a la vulnerabilidad de esta se resume y contrarresta dichas emisiones a partir de la captación de carbono.

Los territorios boscosos antiguamente han sido ocupados poco a poco por la vida humana. Cuando el territorio es de muy baja productividad y a su vez son abandonados luego de la explotación, la vegetación acumula en su biomasa componentes aéreos y subterráneos.

Los bosques de guadua pueden actuar como sumideros de carbono, y es por esta razón que es indispensable estudiar este tipo de flujos, y la cantidad almacenada de carbono su capacidad de captación, liberación y concentración en la atmosfera. (Camargo, Rodríguez y Arango 2001).

Figura 13 Muestras de Guadua



Fuente: (Linares 2019)

Figura 14 Muestras de Guadua de tres tipos de diámetro



Fuente: (Linares 2019)

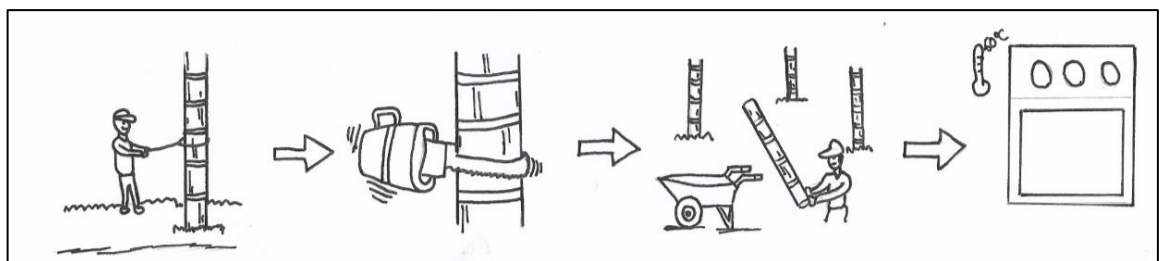
- Ensayo experimental de los servicios ecosistemáticos.

Este estudio determina una aproximación en la cantidad de carbono almacenado en una muestra de guadua, realizando muestreos destructivos que permitieron cosechar el material en un área determinada y analizar dicho elemento. Mediante una práctica de laboratorio se estimó la cantidad de carbono almacenado a través de unos modelos matemáticos relacionados directamente con los pesos secos de las muestras. (Ver Anexo A)

- Procedimiento de ejecución

El material seleccionado y el ya talado se deben pesar en campo para posteriormente determinar el contenido de humedad, se recomienda cortar las muestras hasta que se estime una longitud de 30 cm, para poder ser analizadas en el laboratorio. Las muestras deberán ser rotuladas según un número y su clasificación (# Numero de muestra- CN (Con nodo) / SN (Sin nodo) – Diámetro.

Figura 15 Grafico de obtención de la Guadua en el cultivo



Fuente: (Linares 2019)

Para el cálculo y la aproximación del contenido de carbono se efectuó en primer lugar el cálculo de la materia seca, esta se estimó tomando el peso inicial del

material y posteriormente en el laboratorio luego de la práctica de secado se calculó un peso seco.

- **Biomasa seca del material**

$$BS = \left(\frac{PS \text{ muestra}}{PH \text{ muestra}} \right) * 100$$

BS: Biomasa seca del material cosechado en el campo (kg)

PS: Peso seco de la muestra (kg)

PH: Peso húmedo de la muestra (kg)

- **Cantidad de carbono del material cosechado**

$$[C \text{ Muestra}] = BS * CF$$

C Muestra: Cantidad de carbono en la biomasa de la muestra Kg*C*cm²

BS: Biomasa seca del material cosechado en el campo.

CF: Fracción de carbono kg*C (determinada en el laboratorio)

CF: Determinada en el laboratorio se utiliza un factor de conversión de 0,5 para la estimación de la biomasa seca.

➤ **Equipos y herramientas**

Flexómetro

Balanza

Horno de secado

Calibrador

➤ **Procedimiento experimental**

1. Se define y se rotula las muestras de Guadua utilizadas.
2. Se clasificaron las muestras de guadua, de diferentes diámetros con nodo o sin nodo.
3. Se estimó su peso inicial como el peso de la muestra húmeda
4. Se estimó altura y diámetro.
5. Se ingresó la muestra en un horno a una temperatura a 60°C hasta alcanzar un peso seco constante.
6. Se consignan lo datos en la tabla de resultados, en la que se establece fecha, hora y día.
7. Se tomaron pesos de las muestras cada 24 horas, y se ingresaron nuevamente al horno.
8. Se repitió el proceso de registro de datos tomados en cada muestra hasta conocer un peso constante. Anexo B

Figura 16 Muestras en laboratorio



Fuente: (Linares 2019)

Figura 17 Muestra en balanza



Fuente: (Linares 2019)

Figura 18 Muestra en horno



Fuente: (Linares 2019)

Figura 19 Horno secador



Fuente: (Linares 2019)

1.13.1 Datos iniciales para peso húmedo

El precedente de la práctica es la elaboración de una caracterización de la Guadua. Anexo B. En la primera lectura de datos iniciales, se logró observar el color ocre amarillo (pictórico) del material, las muestras tienen una textura lisa y una calidad óptima sin fisuras ni irregularidades.

Tabla 11 Registro de dato peso húmedo

REGISTRO DE DATOS PESO HUMEDO						
Φ 5 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr- Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)

1	22/04/2019	4:00:16	259,1	54,82	38,81	31
2	22/04/2019	4:00:16	211,1	56,68	42,79	30.14
3	22/04/2019	4:00:16	227,1	56,60	44,07	30
4	22/04/2019	4:00:16	313,9	60,49	42,76	30
5	22/04/2019	4:00:16	285,5	55,30	39,84	30

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 12 Registro de dato peso húmedo

REGISTRO DE DATOS PESO HUMEDO						
Φ 10 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr- Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
6	22/04/2019	4:00:16	697,7	103,33	79,36	29,9
7	22/04/2019	4:00:16	548,6	105,62	79,28	30,1
8	22/04/2019	4:00:16	610,1	102,80	83,69	32
9	22/04/2019	4:00:16	595,0	108,23	73,63	30,2
10	22/04/2019	4:00:16	518,6	104,57	73,11	30,1

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 13 Registro de dato peso húmedo

REGISTRO DE DATOS PESO HUMEDO						
Φ 15 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr- Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
11	22/04/2019	4:00:16	1465,9	152,60	116,76	30,1
12	22/04/2019	4:00:16	1218,0	138,52	112,63	29,8

Continuación tabla 13

13	22/04/2019	4:00:16	1080,7	147,83	111,87	30,5
14	22/04/2019	4:00:16	1353,6	155,80	96,04	30
15	22/04/2019	4:00:16	1379,8	152,95	100,73	29,7

Fuente: (Linares 2019)

Se logró visualizar que los diámetros del material varían aunque sus medidas estándares sean de 5,10 y 15 cm, debido a que es un material totalmente natural y posee un porcentaje de irregularidad.

1.13.2 Registro a 24 horas de horno de secado

Figura 20 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 21 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 22 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 23 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 24 Muestra expuesta a 60° después de 24 horas



Fuente: (Linares 2019)

Tabla 14 Registro de dato 24 horas

REGISTRO DE DATOS A 24 Horas							
Φ 5 cm							
# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)	Temperatura °C
1	23/04/2019	20:01:10	248,0	53,24	37,0	31,1	62,7
2	23/04/2019	20:01:10	202,1	54,39	41,5	30,4	
3	23/04/2019	20:01:10	216,0	55,60	42,53	30,1	
4	23/04/2019	20:01:10	299,5	58,7	40,65	30,1	
5	23/04/2019	20:01:10	271,5	53,13	37,31	30	

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 15 Registro de dato a 24 horas

REGISTRO DE DATOS A 24 Horas							
Φ 5 cm							
# Mues tra	Fecha	Hora (Hr- Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)	Temperatura °c
6	23/04/2019	20:01:10	687,9	101,80	76,98	29,8	62,7
7	23/04/2019	20:01:10	524,9	103,1	78,74	30,1	

Continuación tabla 15

8	23/04/2019	20:01:10	583,3	99,64	82,57	30,1	
9	23/04/2019	20:01:10	567,2	108,44	74,76	30	
10	23/04/2019	20:01:10	487,7	98,55	77,07	30	

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 16. Registro de dato a 24 horas

REGISTRO DE DATOS A 24 Horas							
Φ 5 cm							

# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)	Temperatura °c
1	23/04/2019	20:01:10	1413,4	150,61	116,59	30	62,7
2	23/04/2019	20:01:10	1169,9	136,31	111,88	30	
3	23/04/2019	20:01:10	1032,4	145,40	109,79	30,4	
4	23/04/2019	20:01:10	1308,2	153,01	95,12	29,9	
5	23/04/2019	20:01:10	1328,6	150,61	97,20	29,7	

Fuente: (Linares 2019)

Dentro de las primeras 24 horas se logró visualizar un deterioro en el material, con presencia de grietas de forma vertical, adicional a esto un desvanecimiento en el color original de la muestra.

Las Guaduas al ser sometidas a una temperatura de 60°C, presentan un comportamiento de contracción en su diámetro y altura de la muestra.

1.13.3 Registro a 48 horas de horno de secado

Figura 25 Muestra expuesta a 60° después de 48 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 26 Muestra expuesta a 60° después de 48 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 27 Muestra expuesta a 60° después de 48 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 28 Muestra expuesta a 60° después de 48 horas



Fuente: (Linares 2019)

Tabla 17 Registro de dato 48 horas

REGISTRO DE DATOS A 48 Horas

Φ 5 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
1	24/04/2019	17:32:10	241,6	52,25	37,39	31
2	24/04/2019	17:32:10	197,5	55,53	41,01	30,4
3	24/04/2019	17:32:10	211,1	55,05	43,66	30,3
4	24/04/2019	17:32:10	293,0	58,87	41,32	30
5	24/04/2019	17:32:10	267,0	53,95	36,57	30

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 18 Registro de dato a 48 horas

REGISTRO DE DATOS a 48 horas						
Φ 10 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
6	24/04/2019	17:32:10	654,4	100,68	76,58	29
7	24/04/2019	17:32:10	515,7	102,56	77,31	30
8	24/04/2019	17:32:10	574,4	100,39	82,46	30,1
9	24/04/2019	17:32:10	558,3	111,45	77,00	30
10	24/04/2019	17:32:10	482,4	101,93	70,87	29,9

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 19 Registro de dato a 48 horas

REGISTRO DE DATOS A 48 HORAS						
Φ 15 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
11	24/04/2019	17:32:10	1398,5	151,12	115,47	29,9
12	24/04/2019	17:32:10	1154,1	136,87	111,92	29,9

Continuación tabla 19

13	24/04/2019	17:32:10	1014,4	144,50	108,87	30,3
14	24/04/2019	17:32:10	1292,7	152,48	90,94	29,9
15	24/04/2019	17:32:10	1310,2	144,36	95,99	29,6

Fuente: (Linares 2019)

1.13.1 Registro a 108 horas de horno de secado

Transcurridas las 48 horas se evidenció el agrietamiento y rotura del material, la muestra numero 10 presento una gran fisura de 3,51 cm. Las propiedades de resistencia del material se van deteriorando, debido a la perdida de humedad.

Figura 29 Registro fotográfico 108 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 30 Registro fotográfico 108 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 31 Registro fotográfico 108 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 32 Registro fotográfico 108 horas



Fuente: (Linares 2019)

1.13.1 Registro a 108 horas de horno de secado

Figura 33 Registro de dato a 108 horas

REGISTRO DE DATOS A 108 Horas						
Φ 5 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr- Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
1	26/04/2019	20:10:00	236,0	52,30	37,33	30,7
2	26/04/2019	20:10:00	193,2	55,32	42,05	30,1

Continuación tabla 33

3	26/04/2019	20:10:00	207,3	54,82	43,12	30
4	26/04/2019	20:10:00	286,4	58,90	41,37	30
5	26/04/2019	20:10:00	260,2	53,82	36,77	30

Fuente: (Linares 2019)

Figura 34 Registro de dato a 108 horas

REGISTRO DE DATOS a 108 horas						
Φ 10 cm						

# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
6	26/04/2019	20:10:00	639,2	99,86	76,50	29,8
7	26/04/2019	20:10:00	506,4	102,32	77,25	29,9
8	26/04/2019	20:10:00	563,5	99,81	81,60	30,1
9	26/04/2019	20:10:00	547,6	115,68	79,44	30,2
10	26/04/2019	20:10:00	474,9	101,36	70,26	30,1

Fuente: (Linares 2019)

Figura 35 Registro de dato a 108 horas

REGISTRO DE DATOS A 108 HORAS						
Φ 15 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
11	26/04/2019	20:10:00	1370,2	141,83	114,05	29,8
12	26/04/2019	20:10:00	1130,1	136,65	110,94	29,8
13	26/04/2019	20:10:00	993,3	143,41	108,52	30,4
14	26/04/2019	20:10:00	1269,5	153,60	91,59	30,2

15	26/04/2019	20:10:00	1285,7	150,04	94,86	29,7
----	------------	----------	--------	--------	-------	------

Fuente: (Linares 2019)

Tras 108 horas del material expuesto a una temperatura de 60°C, se observa el material con un color amarillento, las propiedades físicas del material han variado, debido al comportamiento de contracción.

Las grietas del material son evidentes 9 de ellas presentan este comportamiento, 4 sufren de fisuras leves, en general presentan deterioro y desgaste.

1.13.1 Registro a 132 horas de horno de secado

Figura 36 Registro fotográfico 132 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 37 Registro fotográfico 132 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 38 Registro fotográfico 132 horas



Fuente: (Linares 2019)

Figura 39 Registro fotográfico 132 horas



Fuente: (Linares 2019)

Tabla 20 Registro de datos a 132 horas

REGISTRO DE DATOS A 132 Horas						
Φ 5 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
1	27/04/2019	11:10:00	235,6	52,30	37,33	30,7
2	27/04/2019	11:10:00	193,0	55,32	42,05	30,1
3	27/04/2019	11:10:00	206,6	54,82	43,12	30
4	27/04/2019	11:10:00	285,8	58,90	41,37	30
5	27/04/2019	11:10:00	259,7	53,82	36,77	30

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 21 Registro de dato a 132 horas

REGISTRO DE DATOS a 132 horas						
Φ 10 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
6	27/04/2019	11:10:00	637,7	99,86	76,50	29,8
7	27/04/2019	11:10:00	505,4	102,32	77,25	29,9
8	27/04/2019	20:10:00	561,3	99,81	81,60	30,1
9	27/04/2019	20:10:00	545,7	115,68	79,44	30,2
10	27/04/2019	20:10:00	473,7	101,36	70,26	30,1

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 22 Registro de dato a 108 horas

REGISTRO DE DATOS A 132 HORAS						
Φ 15 cm						
# Muestra	Fecha	Hora (Hr-Min-seg)	Peso (gr)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Altura (Cm)
11	27/04/2019	20:10:00	1366,1	141,83	114,05	29,8
12	27/04/2019	20:10:00	1126,4	136,65	110,94	29,8
13	27/04/2019	20:10:00	990,2	143,41	108,52	30,4
14	27/04/2019	20:10:00	1266,1	153,60	91,59	30,2
15	27/04/2019	20:10:00	1282,0	150,04	94,86	29,7

Fuente: (Linares 2019)

La totalidad de las muestras sufrieron deterioro por la pérdida de humedad, aunque todas presentan fisuras se logró evidenciar que la muestra 6, 9,10 presentan agrietamiento de hasta 6,51 cm, las pérdidas en las propiedades del material son evidentes.

1.13.2 Análisis de resultados obtenido en la práctica de laboratorio

El cálculo del peso húmedo del material se estimó a partir del peso inicial tomado a la muestra. Este valor se evidenciara reflejado en unidad de gramos.

Tabla 23 Peso Húmedo para una Guadua de 5 cm

PESO HUMEDO			
# Muestra	Diametro	Peso Humedo(gr)	Altura (Cm)
1	5 cm	259,1	31
2	5 cm	211,1	30.14
3	5 cm	227,1	30
4	5 cm	313,9	30
5	5 cm	285,5	30

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 24 Media de peso Húmedo para una Guadua de 5 cm

Σ Peso (gr)	1296,7
Media Peso (gr)	259,34

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 25 Peso Húmedo para una Guadua de 10 cm

REGISTRO DE DATOS PESO HUMEDO			
# Muestra	Diametro	Peso Humedo(gr)	Altura (Cm)
6	10 cm	697,7	29,9
7	10 cm	548,6	30,1
8	10 cm	610,1	32
9	10 cm	595	30,2
10	10 cm	518,6	30,1

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 26 Media de peso Húmedo para una Guadua de 10 cm

Σ Peso (gr)	2970,00
Media Peso (gr)	594,00

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 27 Peso Húmedo para una Guadua de 15 cm

REGISTRO DE DATOS PESO HUMEDO			
# Muestra	Diametro	Peso Humedo(gr)	Altura (Cm)
11	15 cm	1565,9	30,1
12	15 cm	1218	29,8
13	15 cm	1080,7	30,5
14	15 cm	1353,6	30
15	15 cm	1379,8	29,7

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 28 Media de peso Húmedo para una Guadua de 15 cm

Σ Peso (gr)	6598
Media Peso (gr)	1319,6

Fuente: (Linares 2019)

La estimación del peso seco, se realizó mediante el proceso evolutivo de la toma constante de los gramajes de las muestras. Durante 132 horas las guaduas estuvieron expuestas al horno a una temperatura de 60°C, con la toma de datos cada 24 horas, el tercer día (72 horas) de la práctica se presentó una discrepancia en los datos por la limitación en el acceso al laboratorio debido a un paro escolar, es por esta razón que en las transcurridas 108 horas se tienen los datos de 4 lecturas. El peso seco se determinó cuando se evidenció el valor constante en los pesos tomados.

Tabla 29 Peso seco de la muestra

PESO SECO DE LA MUESTRA						
# Muestra	PH (gr)	PS (24 hrs)	PS (48 hrs)	PS (96 hrs)	PS (108 hrs)	PS (132)
1	259,1	248	241,6	236	235,6	235,5
2	211,1	202,1	197,5	193,2	183	182,9
3	227,1	216	211,1	207,3	206,6	206,4
4	313,9	299,5	293	286,4	285,8	285,7
5	285,5	271,5	267	260,2	259,7	259,5
6	697,7	687,9	654,4	639,2	637,7	637,6
7	548,6	524,9	515,7	506,4	505,4	505,3
8	610,1	583,3	574,4	563,5	561,3	561,1
9	595	567,2	558,3	547,6	545,7	545,6
10	518,6	487,7	482,4	474,9	473,7	473,6
11	1565,9	1413,4	1398,5	1370,2	1366,1	1366
12	1218	1169,9	1154,1	1130,1	1126,4	1126,2
13	1080,7	1032,4	1014,4	993,3	990,2	990,1
14	1353,6	1308,2	1292,7	1269,5	1266,1	1266
15	1379,8	1328,6	1310,2	1285,7	1282	1281,8

Fuente: (Linares 2019)

El cálculo de la cantidad de carbono se establece con base a la estimación de la biomasa seca del material. Este se efectuó en la relación del peso seco y el peso húmedo del material.

$$BS = \left(\frac{PS \text{ muestra}}{PH \text{ muestra}} \right) * 100$$

Tabla 30 Biomasa seca para una muestra de $\phi = 5 \text{ cm}$

	# Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	Bs
$\Phi = 5\text{cm}$	1	259,1	235,5	90,8915477
	2	211,1	182,9	86,6414022
	3	227,1	206,4	90,8850727
	4	313,9	285,7	91,0162472
	5	285,5	259,5	90,8931699

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 31 Biomasa seca para una muestra de $\phi = 10 \text{ cm}$

	# Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	Bs
Φ= 10cm	6	697,7	637,6	91,3859825
	7	548,6	505,3	92,1071819
	8	610,1	561,1	91,9685297
	9	595	545,6	91,697479
	10	518,6	473,6	91,3227921

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 32 Biomasa seca para una muestra de $\varnothing = 15 \text{ cm}$

	# Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	Bs
Φ= 15 cm	11	1465,9	1366	93,185074
	12	1218	1126,2	92,4630542
	13	1080,7	990,1	91,6165448
	14	1353,6	1266	93,5283688
	15	1379,8	1281,8	92,8975214

Fuente: (Linares 2019)

$$C_{muestra} = Bs * 0,5$$

Posteriormente al cálculo de la biomasa seca, se procede a calcular la cantidad de carbono y se efectuó a través de un factor de conversión 0,5 que es utilizado cuando no se conocen las fracciones de carbono específicos. Se ha determinado este factor de conversión general debido a que en promedio la materia vegetal o biomasa contiene un 50% de carbono después de removida el agua, es decir, después del proceso de secado motivo por el cual la biomasa se multiplica por 0,5 para obtener carbono. (Ipcc 2014)

Tabla 33 Cantidad de carbono para una muestra de $\varnothing = 5 \text{ cm}$

# Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	Absorvencia	Bs	C Muestra
1	259,1	241,6	17,5	93,245851	46,6229255
2	211,1	197,5	13,6	93,5575557	46,7787778
3	227,1	211,1	16	92,9546455	46,4773228
4	313,9	293	20,9	93,3418286	46,6709143
5	285,5	267	18,5	93,5201401	46,7600701
Media C muestra			46,66200209	Kg*C*cm ²	

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 34 Cantidad de carbono para una muestra de $\varnothing=5\text{cm}$

# Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	Absorvencia	Bs	C Muestra
6	697,7	654,4	43,3	93,7938942	46,8969471
7	548,6	515,7	32,9	94,0029165	47,0014583
8	610,1	574,4	35,7	94,1485002	47,0742501
9	595	558,3	36,7	93,8319328	46,9159664
10	518,6	482,4	36,2	93,0196683	46,5098342
Media C muestra			46,87969121	Kg*C*cm ²	

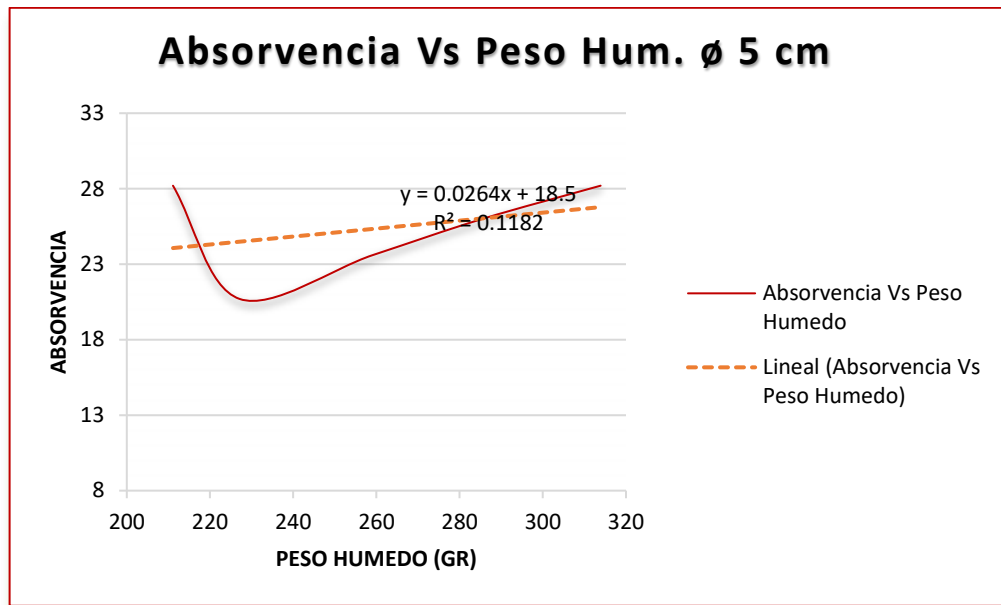
Fuente: (Linares 2019)

Tabla 35 Cantidad de carbono para una muestra de $\varnothing=5\text{cm}$

# Muestra	Peso Humedo	Peso Seco	Absorvencia	Bs	C Muestra
11	1465,9	1398,5	67,4	95,402142	47,701071
12	1218	1154,1	63,9	94,7536946	47,3768473
13	1080,7	1014,4	66,3	93,8650874	46,9325437
14	1353,6	1292,7	60,9	95,5008865	47,7504433
15	1379,8	1310,2	69,6	94,9557907	47,4778953
Media C muestra			47,44776013	Kg*C*cm ²	

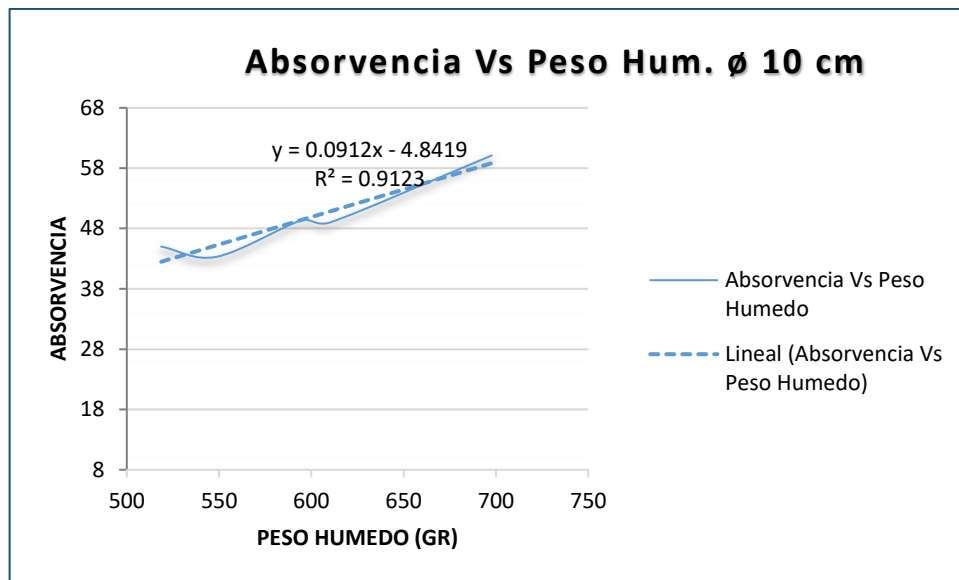
Fuente: (Linares 2019)

Graficas 1 Absorbencia Vs Peso Húmedo de $\varnothing= 5\text{cm}$



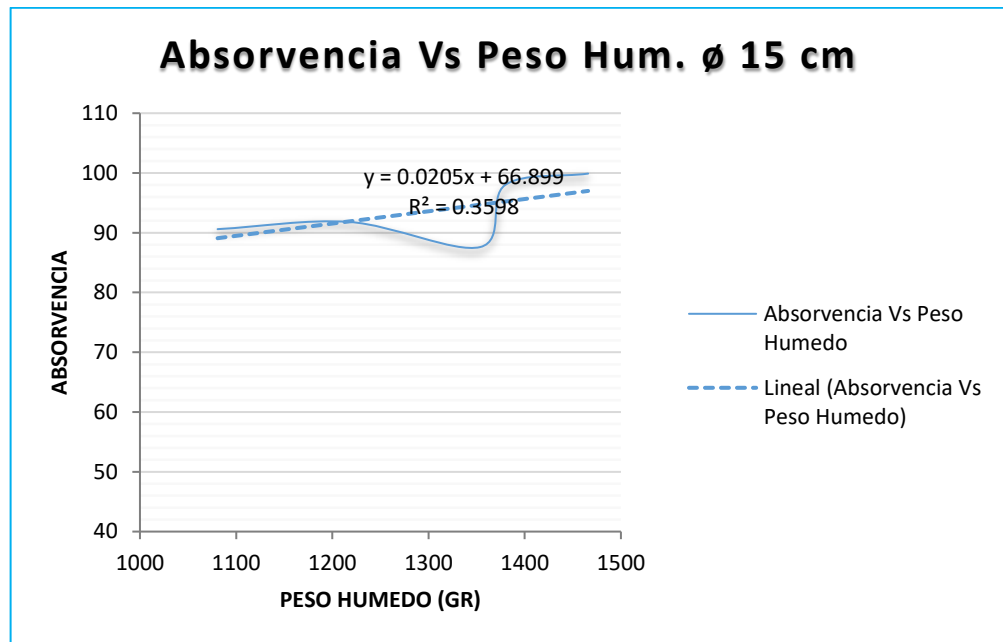
Fuente: (Linares 2019)

Graficas 2 Absorbencia Vs Peso Húmedo de $\phi = 10$ cm



Fuente: (Linares 2019)

Graficas 3 Absorbencia Vs Peso Húmedo de $\phi = 15$ cm



Fuente: (Linares 2019)

En las gráficas se logró identificar la proporción de absorbencia, si el material posee una dimensión mayor, su índice de absorbencia será superior. La capacidad de carbono almacenado será más evidente para culmos con diámetros grandes.

El objetivo de la práctica es determinar la cantidad de carbono por culmo de Guadua, los resultados obtenidos hacen referencia a la cantidad de carbono de diámetros 5, 10 y 15 por una longitud de 30 cm, la Guadua distribuida en el depósito está conformada por una longitud promedio de 3 metros.

*Tabla 36 Cantidad de carbono almacenado por 3 Mts * 5 Diámetro*

ø = 5cm					
# Muestra	Altura (Cm)	Promedio Altura (cm)	C Muestra	Prod. Deposito (cm)	Cantidad de Carbono por Und
1	31	30,228	46,6620021	300	463,100457 Kg*C*cm2
2	30,14				
3	30				
4	30				
5	30				

Fuente: (Linares 2019)

*Tabla 37 Cantidad de carbono almacenado por 3 Mts * 10 Diámetro*

ø = 10cm					
# Muestra	Altura (Cm)	Promedio Altura (cm)	C Muestra	Prod. Deposito (cm)	Cantidad de Carbono por Und
6	29,9	30,46	46,8796912	300	461,717248 Kg*C*cm2
7	30,1				
8	32				
9	30,2				
10	30,1				

Fuente: (Linares 2019)

*Tabla 38 Cantidad de carbono almacenado por 3 Mts * 15 Diámetro*

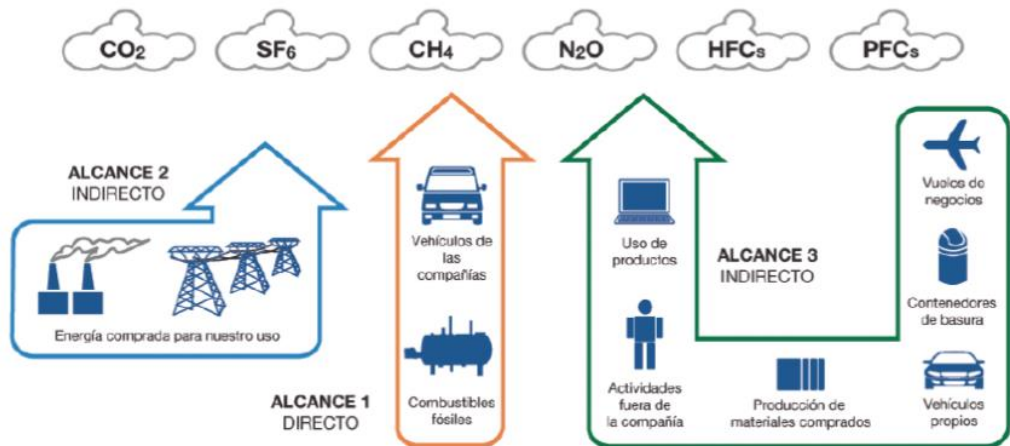
ø = 15cm					
# Muestra	Altura (Cm)	Promedio Altura (cm)	C Muestra	Prod. Deposito (cm)	Cantidad de Carbono por Und
11	30,1	30,02	47,4477601	300	474,161494 Kg*C*cm2
12	29,8				
13	30,5				
14	30				
15	29,7				

Fuente: (Linares 2019)

1.14 Comparación de huella de carbono para un proceso constructivo

Generalmente la huella de carbono en concepto se define como la cantidad de emisión de gases significativos al cambio climático.

Para la captación de huella de carbono como unidad de referencia para el cálculo en la guadua se utilizaron 15 piezas de guadua de aproximadamente 25 cm de altura esas 15 probetas se clasifican en: 5 de diámetro de 5cm, 5 de diámetro de 10 cm y finalmente 5 de diámetro de 15 cm para el correspondiente análisis de la huella de carbono en la guadua por m² para la elaboración de muros estructurales y muros divisorios. La huella de carbono para los materiales convenciones de construcción como el acero y el concreto serán consultados de la revista construdata.



Fuente: AEC, 2006

En el presente trabajo de grado, se busca evaluar y documentar la cantidad de carbono que puede almacenar esta planta como material de construcción y analizar la huella de carbono por m².

El elemento principal de este trabajo radica en comparar el resultado obtenido en una construcción con el mismo diseño pero con diferente método constructivo y

materiales, la comparación de los muros estructurales y muros diafragma. Se realizaron un sistema tradicional de mampostería estructural con especificaciones generales para la construcción de muros.


Las comparaciones mencionadas se desarrollaron en dos formas, la primera en la elaboración de cantidades de obra con el fin de obtener una comparación en huella de carbono por m². Y en segunda instancia realizando una comparación de precios unitarios para los dos diseños de vivienda tradicional y vivienda eco-sostenible. Con base en estos requerimientos se procede a la ejecución de un diseño de una vivienda familiar de una planta que puede observar en el anexo C (planos de la edificación en Guadua).

1.14.1 Costos directo de construcción casa vivienda familia

Las cantidades de obra se realizaron a partir del plano diseñado (Anexo C) para el uso de vivienda familiar en mampostería y el detalle de las cantidades en m² de muros estructurales y divisorios se visualizara en la tabla 8-27.

Una vez establecidos las cantidades de obra para los muros se estimó la cantidad de carbono almacenado por m² para material de mampostería estructural y vivienda eco-sostenible en Guadua

Tabla 39 Calculo de cantidades de obra

 UNIVERSIDAD CATÓLICA <i>de Colombia</i> <small>Dirección Control de Investigaciones</small>		FORMATO DE MEMORIAS DE CALCULO CANTIDADES DE OBRA			
	Ubicación Planos	L	H	AREA	UNIDAD
Muros estructurales	A-B-1	200	230	46000	cm
	B-D-1	550	230	126500	cm
	D-E-3	300	230	69000	cm
	E-G-1	160	230	36800	cm
	G-H-1	390	230	89700	cm
	A-B-5	200	230	46000	cm
	B-C-5	300	230	69000	cm
	C-F-5	610	230	140300	cm
	F-H-5	490	230	112700	cm
	1-2-A	300	230	69000	cm
	2-5-A	400	230	92000	cm
	1-3-H	410	230	94300	cm
	3-5H	290	230	66700	cm
Muros Divisorios	1-2-B	270	230	62100	cm
	1-2-D	270	230	62100	cm
	1-2-E	270	230	62100	cm
	1-2-G	270	230	62100	cm
	3-4-B	280	230	64400	cm
	3-4-C	280	230	64400	cm
	4-5-F	180	230	41400	cm
	A-B-2	170	230	39100	cm
	B-D-2	540	230	124200	cm
	D-E-2	290	230	66700	cm
	E-G-2	150	230	34500	cm
	B-C-3	280	230	64400	cm
	F-H-3	480	230	110400	cm
			Area cm ²	1915900	
			Area en m ²	191,59	
			Area m ² carp.	15,21	
			Area total m ²	176,38	

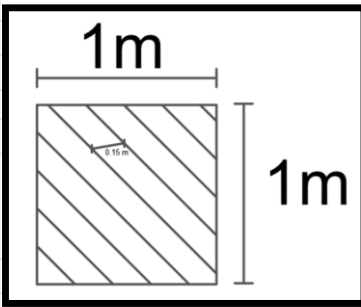
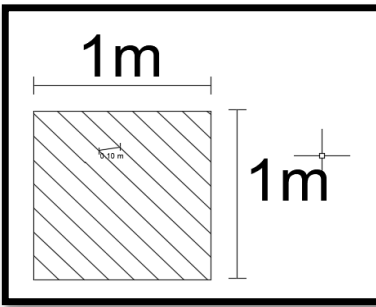
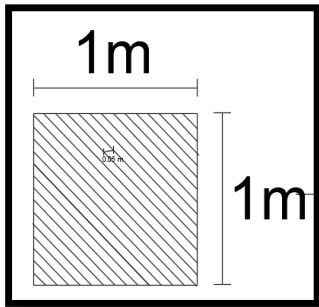
Fuente: (Linares 2019)

Tabla 40 Calculo de cantidades de obra de la carpintería

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Dirección Central de Investigaciones		FORMATO DE MEMORIAS DE CALCULO CANTIDADES DE OBRA PARA CARPINTERIA					
Detalle	Cantidad	Dimensiones		Area	Area * Cantidad	Unidad	
		Alto	Ancho				
Ventana 1	4	90	100	9000	36000	cm	
Ventana 1	1	90	100	9000	9000	cm	
Ventana 2	1	90	200	18000	18000	cm	
Puerta 1	1	190	90	17100	17100	cm	
Puerta2	2	200	180	36000	72000	cm	
					Area cm2	152100	
					Area m2	15,21	

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 41 Cálculo de cantidades de Guadua por m²

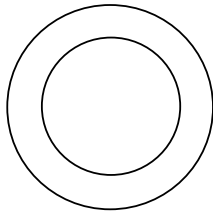
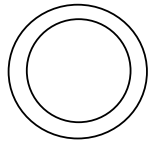
UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Dirección Central de Investigaciones		FORMATO DE CANTIDAD POR CALCULO M ²			
					
Φ (m)	Longitud total Guadua (m)	Long. de Guadua deposito	Und * m ²	% Perdidas	
0.15	6,72	0.15 * 3 mts	7,728	10%	
0.10	9,3	0.10 * 3 mts	10,695	10%	
0.05	19,86	0.05 * 3 mts	22,839	10%	

Fuente: (Linares 2019)

Con la elaboración de un plano de vivienda de uso familiar, se logró contabilizar las cantidades de obra para muros que conforma la estructura residencial; se calculan por medio de unidad m^2 , se debe realizar un análisis posterior en Guadua para la comparación por m^2 , ya que la unidad de la Guadua es adquirida por metro lineal. Lo anterior se precisa con el fin de determinar la cantidad de carbono almacenado por m^2 .

Si bien las medidas diseñadas y la cantidad de carbono almacenado por m^2 presuponen aumentar la vida útil y disminuir los GEI, en consonancia con la evaluación de utilidad de material se determina que es conveniente utilizar la guadua con un diámetro amplio para el aprovechamiento del material.

Tabla 42 Especificación de precios Guadua

Guadua					Valor metro Lineal	
					\varnothing 10 cm* 3 mts	\$ 7.200,00
					\varnothing 5 cm* 2 mts	\$ 5.475,00
					Transporte de Material	\$ 70.000,00
	\varnothing	15 cm	\varnothing	10 cm	Valores con Iva	
	Muros Estructurales		Muros Divisorios			

(Arme 2018)

*Tabla 43 Cantidad de carbono * cantidad de obra*

Cantidad de Carbono por Und	Cantidad de Und * m^2	Cantidad de Carbono para un m^2	\varnothing 5 cm
463,100457	8,4	3890,04384 Kg*C* cm^2	

Fuente: (Linares 2019)

*Tabla 44 Cantidad de carbono * cantidad de obra*

Cantidad de Carbono por Und	Cantidad de Und *m2	Cantidad de Carbono* m ²	ø 10 cm
461,717248	11,625	5367,463 Kg*C*cm2	

Fuente: (Linares 2019)

*Tabla 45 Cantidad de carbono * cantidad de obra*

Cantidad de Carbono por Und	Cantidad de Und *m2	Cantidad de Carbono* m ²	ø 15 cm
474,161494	24,825	11771,0591 Kg*C*cm2	

Fuente: (Linares 2019)

Tabla 46 Comparación de huella de carbono

Cuantificación de Captación de Co2 (KgCO ₂ /m ²) para muros estructurales				
No.	ACTIVIDAD	KgCo ₂ /m ²	Cantidad	Captación CO ₂ * Cant.
1	ESTRUCTURAEN GUADUA			
1.1	Vigas de amarre Guadua	10.160	6.8	69
1.2	Muros Estructurales de Guadua	73.144	73.12	5,348
1.3	Muros Divisorios de Guadua	45.669	103.26	4,716
1.4	Columnas en Guadua	10.160	20	203
Cantidad total de Captación de Co ₂ (KgCo ₂ /m ²)				10,336.36

Fuente: (Linares 2019)

La emisión de Co2 se cuantifico con base a una información secundaria en la recopilación de antecedentes de estudio. El objeto de esta investigación es elaborar la cuantificación de la captación de carbono, y es por tal razón que se opta a buscar datos exactos y precisos para elementos como el concreto, mortero y acero de refuerzo.

Tabla 47 Comparación de huella de carbono


Cuantificación de Emisión de Co2 (KgCO ₂ /m ²) para muros estructurales				
No.	ACTIVIDAD	KgCO ₂ /m ²	Cantidad	Emisión CO ₂ * Cant.
1	MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL			
1.1	Muro mamposteria estructura	12.09	176.38	2,132.43
1.2	Grouting de muros	20.81	2.70	56.19
1.3	Acero de refuerzo	86.13	581.29	50,066.51
1.4	Columna de concreto	12.09	20	241.80
Cantidad total de Emisión de Co ₂ (KgCo2/m2)				52,496.93

Fuente: (Linares 2019)

El propósito de este trabajo es estimar la captación y emisión de carbono, con un análisis de cantidad de obra para los muros de una vivienda residencial. La finalidad es proponer una estructura de vivienda que sea capaz de mitigar, la problemática ambiental derivada de la emisión de gases.

1.14.2 Costos directos y precios unitarios de una construcción de vivienda de uso residencial


Tabla 48 Costos Directo de mampostería estructural

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Dirección Central de Investigaciones		FORMATO DE COSTOS DIRECTOS DE LA CASA VIVIENDA FAMILIAR PARA LA VIVIENDA DE USO FAMILIAR EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL.			
No.	ACTIVIDAD	Und	CANTIDAD	V/UNITARIO	V TOTAL
1 MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL					
1,1	Muro mamposteria estructura	m ²	176,38	25.464	\$ 4.491.340,32
1,2	Grouting de muros	m ²	2,70	321.950	\$ 869.265,00
1,3	Acero de refuerzo	kg	581,29	3.740	\$ 2.174.024,60
1,4	Columna de concreto	m ²	7,60	29.887	\$ 227.141,20
2 REVOQUE ESTUCO Y PINTURA					
2,1	Revoque de muros	m ²	176,38	13.475	\$ 2.376.720,50
2,2	Estuco y pintura de muros	m ²	176,38	15.542	\$ 2.741.297,96
2,3	Pintura de barniz para tablilla	m ²	150,39	9.850	\$ 1.481.341,50
3 CARPINTERIA METALICA					
3,1	Puerta en lamina cal 20 de 2.0*1.8m Marco y Chapa	Un	1,0	380.516	\$ 380.516,00
3,2	Puerta en lamina cal 22 de 0.9*1.9 m Marco y Chapa	Un	2,0	365.320	\$ 730.640,00
3,3	Ventana en lamina galvanizada y vidrio bronce 4mm 0.9*1.0m	Un	5,0	227.927	\$ 1.139.635,00
3,4	Ventana en lamina galvanizada y vidrio bronce 4mm 0.9*2.0m	Un	1,0	450.054	\$ 450.054,00
COSTO DIRECTO					\$ 17.061.976,08
COSTO INDERECTO					\$ 2.559.296,41
COSTO TOTAL					\$ 19.621.272,49

Fuente: (Linares 2019)

*Los precios de valor unitario para los materiales de mampostería estructural fueron tomados del análisis de valor unitario del municipio de Risaralda. (Gobernación de Risaralda 2018).

Tabla 49 Costos Directo de construcción en Guadua

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Dirección Central de Investigaciones		FORMATO DE COSTOS DIRECTOS DE LA CASA VIVIENDA FAMILIAR PARA LA VIVIENDA DE USO FAMILIAR EN GUADUA			
No.	ACTIVIDAD	Und	CANTIDAD	V/UNITARIO	V TOTAL
1 MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL					
1,1	Vigas de amarre Guadua	ml	176,38	8.900	\$ 1.569.782,00
1,2	Muros de Guadua	m ²	2,7	68.779	\$ 185.703,84
1,3	Columnas en Guadua	ml	24	8.900	\$ 213.600,00
2 REVOQUE ESTUCO Y PINTURA					
2,1	Revoque de muros	m ²	176,38	21.831	\$ 3.850.551,78
2,2	Pintura de muros	m ²	176,38	5.053	\$ 891.248,14
2,3	Pintura de barniz para tablilla	m ²	150,39	934	\$ 140.464,26
3 CARPINTERIA METALICA					
3,1	Puerta en madera 2.0*1.8m	Un	1,0	401.234	\$ 401.234,00
3,2	Puerta en madera 2 de 0.9*1.9	Un	2,0	401.234	\$ 802.468,00
3,3	Ventana en madera y vidrio	Un	5,0	193.472	\$ 967.360,00
3,4	Ventana enmadera y vidrio	Un	1,0	414.562	\$ 414.562,00
COSTO DIRECTO					\$ 9.436.974,02
COSTO INDERECTO					\$ 2.359.243,51
COSTO TOTAL					\$ 11.796.217,53

Fuente: (Linares 2019)

9. ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados tienen como finalidad definir, analizar y calcular la cantidad de carbono de una muestra de Guadua. En la que se logró visualizar las características físicas del material, que indica que los diámetros varían aunque sus medidas estándares sean de 5,10 y 15 cm, debido a que es un material totalmente natural y posee un porcentaje de irregularidad.

Dentro de las primeras 24 horas del material expuesto a una temperatura de 60°C, se logró observar un deterioro, con presencia de grietas de orientación vertical, adicional a esto un desvanecimiento en el color original de la muestra., presentan un comportamiento de contracción en su diámetro y altura de la muestra.

Transcurridas las 48 horas se evidenció el agrietamiento y rotura del material, la muestra numero 10 presento una gran fisura de 3,51 cm. Las propiedades de resistencia del material se van deteriorando, debido a la perdida de humedad

Tras 108 horas del material expuesto al horno, se observa el material con un color amarillento, las propiedades físicas del material han variado, debido al comportamiento de contracción.

Las grietas del material son evidentes 9 de ellas presenten este comportamiento, 4 sufren de fisuras leves, en general presentan deterioro y desgaste.

En las gráficas se logró identificar la proporción de absorbencia, si el material posee una dimensión mayor, su índice de absorbencia será superior. La capacidad de carbono almacenado será más evidente para culmos con diámetros grandes.

Si bien las medidas diseñadas y la cantidad de carbono almacenado por m² presuponen aumentar la vida útil y disminuir los GEI, en consonancia con la evaluación de utilidad de material se determina que es conveniente utilizar la guadua con un diámetro amplio para el aprovechamiento del material.

CONCLUSIONES

El estudio permitió evidenciar e identificar Calarcá Quindío como la zona de estudio, donde se seleccionó el guadua del material obtenido; se reconocieron las condiciones climáticas entre 20 a 26 °c, donde se concluye que las condiciones óptimas para el nacimiento y crecimiento del material son las zonas tropicales. El municipio y sector cafetero se caracteriza por poseer el mayor número de guaduales en el país. Calarcá cuenta con unas condiciones de terreno excelentes, a su vez por la participación de la guadua como material, ya que aporta múltiples beneficios a la tierra como regulación de sedimentos, captación de carbono y el cooperar con una regulación hídrica. Se seleccionó este cultivo por el sencillo proceso en la compra de los culmos de Guadua, por sus bajos costos y por que constan con la resolución de la administración forestal que certifica y permite el uso y corte de la guadua en los cultivos.

El cálculo de la huella de carbono permitió identificar y cuantificar la cantidad de captación de carbono, se utilizaron 15 muestras que se clasificaron en 5 unidades por diámetro de 5, 10 y 15 cm. La captación de carbono para las guadua de 5 cm fue 46,66 Kg*C*cm², las de 10 cm con una captación de 46,87 Kg*C*cm² y finalmente la del mayor diámetro de 15 cm fue 47, 44 Kg*C*cm², donde se concluye que la mayor capacidad de captación de CO₂ se presenta en culmos con grandes diámetros, la estimación de captación total para esta práctica fue 140,97 Kg*C*cm². Como gran solución la captación de Co₂ permite una reducción en los gases de efecto invernadero que traduce a un ahorro y una herramienta para la mitigación de las problemáticas ambientales. La guadua es un recurso amigable al medio ambiente que contribuye a la transformación de la vida continua del ser humano haciéndola más orgánica.

El método de construcciones eco-sostenibles en guadua puede ser una buena opción para la construcción de viviendas, pues la Guadua es un material de fácil obtención con muy bajos costos sin afectar al medio ambiente.

Con base en el seguimiento y el ensayo de laboratorio realizado se logró estimar la cantidad de carbono para una vivienda de uso familiar con una cantidad de obra en muros de 176,38 m², se analizó previamente la cantidad de carbono emitido por m², para una construcción en guadua con culmos de 15 cm, se selecciona el diseño con este diámetro debido a su rendimiento.

La estimación de cantidad de captación de carbono para una vivienda de 176,38 m² en material de Guadua fue de 10,336.36 Kg*C*cm², y a través de información preliminar se calculó que la emisión de carbono para la misma vivienda con materiales de concreto y acero emite 52.357,01 Kg*C*cm². Concluyendo que este recurso natural, se puede desplazar con industrialización a nuevos métodos de construcción eco-sostenibles, siendo una estructura liviana y flexible que ofrece cualidades de: sismoresistencia, duración, economía, y ecología.

El rendimiento de la elaboración de muros en guadua es mayor en un xx% frente al observado para mampostería estructural, y se ve directamente involucrado al bajo coste del material analizado en el costo directo de la elaboración de los muros.

La construcción de la vivienda en guadua es un 57% más económica que la de mampostería estructural, puesto que tiene un costo de \$ 11.305.495 frente a un costo de \$19.621.272, es decir existe una diferencia de \$8.315.77, valor suficiente para construir (elementos de perimetrales de guadua: columnas, vigas, muros).

Finalmente se concluye aportar nuevas técnicas de construcción bajo estudios de costos a profundidad, con las normativas estructurales para la edificación en materiales de guadua por sus beneficios ecosistematicos, su bajo coste, y su gran contribución al medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- ALCALDIA MUNICIPAL, C.Q., 2018. Datos Generales. , pp. 1-18.
- ALVARADO ROJAS, J., 2013. Análisis de las propiedades mecánicas de la guadua *Angustifolia* mediante técnicas estadísticas y redes neuronales. ,
- ARANGO NADER, N. y MENDEZ SANZ, A.L., 2008. EVALUACIÓN DEL USO DE LA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN TIPO. , vol. 1, pp. 142.
- ARME, G. y B., 2018. *Arme Ideas En Guadua*. 2018. S.l.: s.n.
- CALDERON VALBUENA, O.E., 2018. Caracterizacion de servicios ecosistemicos de la Guadua *Angustifolia*. , pp. 1-62.
- CAMARGO, J.C., RODRÍGUEZ, J.A. y ARANGO, A.M., 2001. Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. ,
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO, 2017. El Centro Nacional para el Estudio del Bambú – Guadua vuelve a abrir sus puertas. C,
- ECHEVERRY, J., MARTIN, G., CAMARGO, J.C. y MOSQUERA, M., 2017. Características de los culmos de Guadua de acuerdo al sitio y su estado de madurez. *Colombia Forestal* [en línea], vol. 20, no. 2, pp. 171-180. ISSN 0120-0739. DOI <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a06>. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/index>.
- ECOPETROL, 2016. *Calculadora huella de carbono*. 2016. S.l.: s.n.
- ESCAMILLA, E.Z., HABERT, G. y WOHLMUTH, E., 2016. When CO₂ counts : Sustainability assessment of industrialized bamboo as an alternative for social housing programs in the Philippines. *Building and Environment* [en línea], vol. 103, pp. 44-53. ISSN 0360-1323. DOI 10.1016/j.buildenv.2016.04.003. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.04.003>.
- ESPÍNDOLA, C. y VALDERRAMA, J.O., 2012. Huella del Carbono . Parte 1 : Conceptos , Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas Carbon Footprint . Part 1 : Concepts , Estimation Methods and Methodological Complexities. , vol. 23, no. 1, pp. 163-176. DOI 10.4067/S0718-07642012000100017.
- GOBERNACIÓN DE RISARALDA, 2018. basados en precios del mercado están sujetos a las variaciones del mismo , las cuales se aplicarán sin previo Análisis Unitarios de referencia Gobernación de Risaralda Análisis Unitarios de referencia Gobernación de Risaralda. , pp. 1-140.

- HORMILSON, C.R., 209d. C. *Bosques Naturales en Colombia y Plantaciones Comerciales en México*. 209d. C. S.l.: s.n.
- INBAR, 2014. *Bambù is promoted for the restoration of land in the UNCCD*. 2014. S.l.: s.n.
- IPCC, 2014. *Informe de síntesis Cambio Climático 2014*. S.l.: s.n. ISBN 9789291693436.
- JIMÉNEZ, R., 2001. INVESTIGACIONES SOBRE *Guadua angustifolia* Kunth REALIZADAS EN COLOMBIA. *Investigaciones En Colombia Sobre La Guadua Angustifolia Kunth*,
- MINAMBIENTE, 2016. *resolucìòn1619 2016 minambiente*. 2016. S.l.: s.n.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE E INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS, 2017. Biodiversidad y servicios ecosistemicos. ,
- MUÑOZ LÓPEZ, J., CAMARGO GARCÍA, J.C. y ROMERO LADINO, C., 2017. Beneficios de los bosques de guadua como una aproximación a la valoración de servicios ecosistémicos desde la “ Jerarquización y Calificación ” of ecosystem services from the “ Ranking and Rating ” perspective. , vol. 20, no. 2, pp. 222-231.
- NSR-10, 1997. *Guadua, Estructuras D E*. ,
- RAMIREZ CORREA, L.A., GRANADOS MORENO, J.E. y CARREÑO GONZÁLEZ, N.E., 2006. desinfección con hipoclorito de sodio sobre segmentos nodales de *Guadua angustifolia* Kunth para el establecimiento del cultivo in vitro Evaluation of the effect of disinfection treatments with sodium hypochlorite over nodal segments present in *Guadua angu*. , pp. 155-169.
- SÁNCHEZ, A. y MEDRANO MÚJICA, J., 2010. *Revista Electrónica Nova Scientia* El bambú como elemento estructural : la especie *Guadua amplexifolia* Bamboo as a structural element : species *Guadua amplexifolia*. ,
- SANDOVAL CARDOZO, D., 2017. Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva para productos agroindustriales y artesanales en guadua. ,
- SAVASTANO, H., SANTOS, S.F., FIORELLI, J. y AGOPYAN, V., 2016. *Sustainable use of vegetable fibres and particles in civil construction* [en línea]. Second Edi. S.l.: Elsevier Ltd. ISBN 978-0-08-100995-6. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081003701000196>.
- SHAH, D.U., SHARMA, B. y RAMAGE, M.H., 2018. Processing bamboo for structural composites: Influence of preservative treatments on surface and interface properties. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 85, no. May, pp. 15-22. ISSN 01437496. DOI 10.1016/j.ijadhadh.2018.05.009.

SHLEGEL, 2001, 2001. Estimacion de la biomasa y carbono en bosques del tipo florestal siempre verde. , pp. 1-13.

TAKEUCHI, C.P., ESTRADA, M. y LINERO, D.L., 2018. Experimental and numerical modeling of shear behavior of laminated Guadua bamboo for different fiber directions. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 177, pp. 23-32. ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2018.05.040. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.040>.

TIBAQUIR, J.E., 2016. Energetic and carbon footprint analysis in manufacturing process of bamboo boards in Colombia. , vol. 126, pp. 563-571. DOI 10.1016/j.jclepro.2016.02.144.

VALENCIA E, J., RODRÍGUEZ P, J.-M., ARIAS MENDOZA, J.J. y CASTAÑO R, J.-M., 2017. *Valoración De Los Servicios Ecosistémicos De Investigación Y Educación Como Insumo Para La Toma De Decisiones Desde La Perspectiva De La Gestión Del Riesgo Y El Cambio Climático* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. ISBN 9788578110796. Disponible en: http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul45_3.pdf.