
WOOD CONSTRUCTION

ESTRUCTURA EN MADERA LAMINADA EN LA ORINOQUIA

Luisa Fernanda Guzmán Cobos, Leiber Estiven Linares Morera



Arquitectura, Facultad de Arquitectura

Universidad la Gran Colombia

Bogotá D.C

2023

Wood construction

estructura en madera laminada en la Orinoquia

Luisa Fernanda Guzmán Cobos, Leiber Estiven Linares Morera

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de arquitecto

Arq. Mg. Juan Carlos Román Vargas. Director



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Arquitectura, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C

2023

Agradecimientos

Queremos agradecer a nuestros familiares que nos han apoyado desde principios en nuestro proceso académico, al director del proyecto de grado por su paciencia y apoyo en todo este año y a nuestros jurados que sin sus correcciones y comentarios aportaron a que el proyecto siga surgiendo; también a nuestros compañeros por dar motivación y comentarios para que este proyecto se hiciera lo mejor posible.

Tabla de contenido

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
FORMULACIÓN	13
JUSTIFICACIÓN	14
OBJETIVOS	16
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
MARCOS REFERENCIALES.....	17
MARCO HISTÓRICO	17
MARCO CONCEPTUAL.....	19
MARCO NORMATIVO	21
MARCO REFERENCIAL	23
METODOLOGÍA.....	31
CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DEL SECTOR	31
CAPÍTULO 2: LA MADERA.....	35
CAPÍTULO 3: COMPARACIONES ESTRUCTURALES	39
CAPÍTULO 4: PRODUCCIÓN DE LA MADERA LAMINADA EN ESTRUCTURAS	42
CAPÍTULO 5: PROCESO DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA LAMINADA	48
ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	57
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA.....	63

ANEXOS 66

Lista de figuras

Figura 1 Datos de la utilización y producción de la madera	14
Figura 2 Región y ciudades principales de la producción de madera.....	15
Figura 3 Línea del tiempo de la madera	18
Figura 4 Tall Wood caso 1	23
Figura 5 Tall Wood caso 2.....	23
Figura 6 Edificio the tree.....	24
Figura 7 Fuerzas de tracción y compresión generado en un muro en madera.....	25
Figura 8 Bloqueos a paneles	26
Figura 9 Fotografía de Inicio entramado con zapatas corridas	27
Figura 10 Fotografía de pilar en madera laminada.....	27
Figura 11 Fotografía escalera de madera	28
Figura 12 Fotografía de viga con pilar en madera laminada	28
Figura 13 Ejemplo de construcción en paneles contrachapados	30
Figura 14 Temperatura máxima anual.....	31
Figura 15 Precipitación máxima anual.....	32
Figura 16 Estructura ambiental	32
Figura 17 Estructura Funcional y de Servicios	34
Figura 18 Estructura Socio-económica	34
Figura 19 Producción de la madera	35
Figura 20 Producción de madera.....	36
Figura 21 Maderas utilizadas	37
Figura 22 Proceso de reforestación Sika.....	38
Figura 23 Proceso de reforestación del árbol.....	39

Figura 24 Comparación de material constructivo	40
Figura 25 Principales procesos de la madera.....	43
Figura 26 Elaboración de lámina de madera	44
Figura 27 Lamina comercial de madera.....	44
Figura 28 Finger Joint.....	45
Figura 29 Pegado y elaboración de anclajes.....	46
Figura 30 Concepto Palma Moriche.....	48
Figura 31 Dimensión de columna con pedestal.....	49
Figura 32 Estructura en madera laminada pilar y viga	49
Figura 33 Cimentación	50
Figura 34 Formación de entramado muro y piso	51
Figura 35 Formación de entrepiso.....	51
Figura 36 Formación de muro.....	52
Figura 37 Pedestal para cubierta verde.....	53
Figura 38 Implementación de ménsula en vigas	54
Figura 39 Amarre de envolvente a viga en madera laminada.....	55
Figura 40 Estructura completa madera laminada	55
Figura 41 Implementación de estructura nivel 1 diseño arquitectónico.....	58
Figura 42 Implementación de estructura nivel 2 diseño arquitectónico.....	58
Figura 43 Implementación de estructura nivel 3 diseño arquitectónico.....	60
Figura 44 Implementación de estructura nivel 4 diseño arquitectónico.....	61

Lista de tablas

Tabla 1 Norma NSR 10 título G, Tolerancia de madera acerrada de uso estructural.....	21
Tabla 2 Ventajas de construcción en madera.....	29
Tabla 3 Desventajas de construcción en madera	29
Tabla 4 Datos de los materiales constructivos	41
Tabla 5 Emisiones netas del CO2 en materiales	41
Tabla 6 Ejemplo de construcción en CO2 y costos	42
Tabla 7 Proceso de la madera.....	43
Tabla 8 Anclajes metálicos utilizados	47

Glosario

Estructura: Es la armadura interna de un edificio, la cual cumple la función de mantener los cimientos del edificio en pie.

Madera laminada: Es una madera que funciona estructuralmente como varios pliegues de la misma materia arbórea, la cual tiene alta resistencia a la humedad.

Sistema estructura: Son los elementos que son los encargados de resistir las cargas de los edificios o las construcciones, para que estos repartan equilibradamente el peso del mismo.

Paneles: Superficie de diferentes formas que se acoplan unas a otras.

Estructura liviana: Es un tipo de estructura la cual su principal característica es que cuenta con materiales livianos o pocos pesados, donde su principal componente es el acero galvanizado.

Termoaislante: sistema protector que se crea para evitar el paso del calor a través de una estructura.

Resistencia a compresión: peso propio de la estructura, como sus muros o forjados y es un esfuerzo a la que está la madera.

Innovación tecnológica: es una mejora o características de un cierto producto y la innovación se presenta también mejorando un sistema, es decir el cambio de un material o un proceso.

Impacto ambiental: organismos que mantienen un equilibrio ambiental o un equilibrio en la vida cotidiana como también en una nueva construcción.

Aserrado: Es el proceso en el cual la madera se corta formando tabloncillos o trozas de madera.

Fenilpropílicos: es un alcohol que se le aplica a la madera para darle dureza y protección.

Resumen

En el mundo se está utilizando la madera como un potencial constructivo, donde ayuda a formar grandes luces teniendo en cuenta que es un único material natural y renovable, esta genera mucho confort y regenera la vida natural. Su mayor problema es la tala indefinida de árboles que se utiliza para esto, ya que llevan diferentes procesos para poder utilizarla en la construcción. La NSR - 10, título G nos especifica el método de empleo de la madera y como esta se puede utilizar en la construcción.

En la Orinoquia se están implementando lugares para la reforestación de árboles, lo cual ayuda a mantener un ciclo de uso y composición con el medio ambiente. La investigación de la madera laminada parte de un proyecto tecnológico que busca el mejoramiento de estructuras no contaminables, partiendo en que este generara la reducción de los recursos económicos y el aprovechamiento de los recursos naturales, por medio de un diseño constructivo con madera laminada para interior para ello el proyecto se plantea en la Región Orinoquia, permitiendo que la comunidad pueda utilizar su cultura y elementos naturales, ya que es uno de los mayores productores en la ganadería.

Palabras clave: madera laminada, sistema estructural, innovación tecnológica, bajo impacto ambiental.

Abstract

In the world, wood is being used as a construction potential, where it helps to form large spans taking into account that it is a unique natural and renewable material, this generates a lot of comfort and regenerates natural life. Its biggest problem is the indefinite felling of trees used for this, since they involve different processes to be able to use it in construction. The NSR - 10, title G specifies the method of using wood and how it can be used in construction.

In the Orinoquia, places are being implemented for tree reforestation, which helps maintain a cycle of use and composition with the environment. The investigation of laminated wood is part of a technological project that seeks to improve non-polluting structures, based on the fact that this will generate the reduction of economic resources and the use of natural resources, through a construction design with laminated wood for interior use. . For this, the project is proposed in the Orinoquia Region, allowing the community to use its culture and natural elements, since it is one of the largest producers in livestock farming..

Keywords: *laminated wood, structural system, technological innovation, low environmental impact.*

Introducción

La región Orinoquia es una de las más ilustres en Colombia por sus llanos orientales, esta es representativa por su cultura y diversidad como: el coleo, exposición equina, como el baile y su música representativa es el Joropo. Sin embargo, las construcciones existentes se han degradado y se quiere implementar las nuevas formas constructivas en madera, que dan un enfoque hogareño y sensible para esa comunidad tan representativa del país.

La principal importancia de este trabajo es el enfoque en el campo de la construcción y la implementación de estructuras tecnológicas que se muestre las nuevas formas en la realización de estructuras livianas y termoaislantes, las cuales reducen los tiempos y los costos en la construcción. Ya que en la arquitectura tradicional se suelen utilizar estructuras pesadas que aumentan los costos y tiempos en la elaboración de dichas construcciones.

Este problema en la construcción se basa en la poca capacitación que reciben las personas y que no se cuenta con la suficiente experiencia y conocimiento para la elaboración de estas, esto lleva a el miedo a arriesgar y explorar nuevas formas de construcción que se base en nuevas tecnologías donde se implementen materiales livianos para el uso en la estructura e implementación de acabados finales para tener un ambiente adecuado, el proyecto también pretende dar a conocer a las personas en la elaboración de estas estructuras en madera laminada y paneles termoaislantes, y que estas encuentren en la construcción oportunidades de trabajo para la población de la región y sus alrededores, el departamento de Casanare esta entre los 10 departamentos con más desempleo del país. Gracias a este proyecto no solo se verá beneficiado los habitantes del municipio sino toda la región ya que integra su cultura y residuos de su trabajo como la ganadería y proyectando por medio de una reforestación una estructura en madera laminada, dando empleo y experiencia a personas que por alguna razón no cuentan con los estudios necesarios.

Formulación

El consumo de madera se presenta en el gremio de la construcción, en Colombia por cada metro cuadrado construido se consume 0,030 (Ministerio de ambiente y ONF, 2016, p. 2.1) metros cúbicos de madera en troza, en donde en la construcción se utiliza un 37,98% y un 62,02 % (Ministerio de ambiente y ONF, 2016, p. 2.1) se utiliza en los acabados de la construcción. La madera se utiliza hoy en día para los terminados en obra, ya que en la construcción generaban más costos y desperdicios de esta. El problema es la tala injustificada de árboles que se utiliza para obras estructurales, EIA presenta un volumen que equivale a la afectación forestal en metros cúbicos por hectárea; este es obtenido al dividir el volumen total solicitado por la afectación de hectáreas del proyecto.

Los materiales de construcción ayudan a mitigar el CO₂ el cual la madera en 1m² de construcción mitiga 1,1%, entre los más altos están cerámica 20,3%, el acero 18,7% y cal 7,9%. (Ministerio de ambiente y ONF, 2016, p. 2.9), la principal idea es que con la utilización de madera en construcciones ayuden a mitigar el CO₂ y mejore la calidad del aire dentro de un espacio por eso la implementación de cuero se realizará con el desperdicio que esto genera en la ganadería. El departamento de Casanare solo cuenta con el 19% (Universidad de los Llanos, 2022, p. 3.4) de ha totales de la región Orinoco, lo cual reduce la producción de madera para los diferentes usos, lo cual dificulta la elaboración de construcciones donde se implemente este material como la madera. Es por ello que la población no encuentra oportunidades en los trabajos en madera, ya que no se cuenta con las alternativas necesarias para el buen funcionamiento y tratamiento de la madera y sus propiedades, lo cual nos hace preguntar **¿Cómo mediante la implementación de la construcción en madera se logra mitigar el impacto ambiental y la reducción los tiempos en la elaboración de cualquier obra, y como esta se puede implementar en cualquier espacio?**

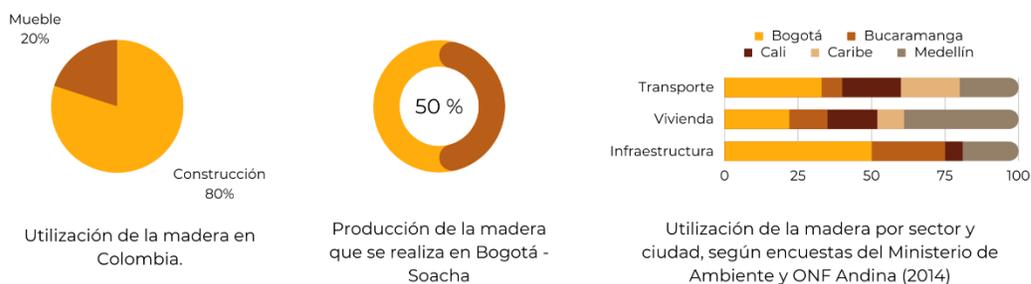
Justificación

La producción de la madera tiene una producción mínima de CO2 en comparación con otros materiales en su producción, además la madera es un material que ayuda a resistir sismos, ya que reduce el volumen a los cimientos, también ayuda a purificar el aire y aísla el calor, las piezas estructurales de gran volumen resisten a fuegos altos un tiempo más prolongado que una estructura metálica. La gran facilidad de construcción se da por su bajo costo y peso para un ensamblado rápido y fácil.

En Colombia hay un mayor amplio campo forestal donde se define que se utiliza legalmente el 2,06 % (Ministerio de ambiente y ONF, 2015, P.10). La región más productora de madera es la pacífica según el ministerio de ambiente y la ONF Andina, esta es utilizada para construcción de casas, mobiliarios y elementos artesanales. Las ciudades principales de realizan producción, transporte, transformación de la madera son Bogotá, Cali, Medellín y Bucaramanga como se presenta en la Figura 2.

Figura 1

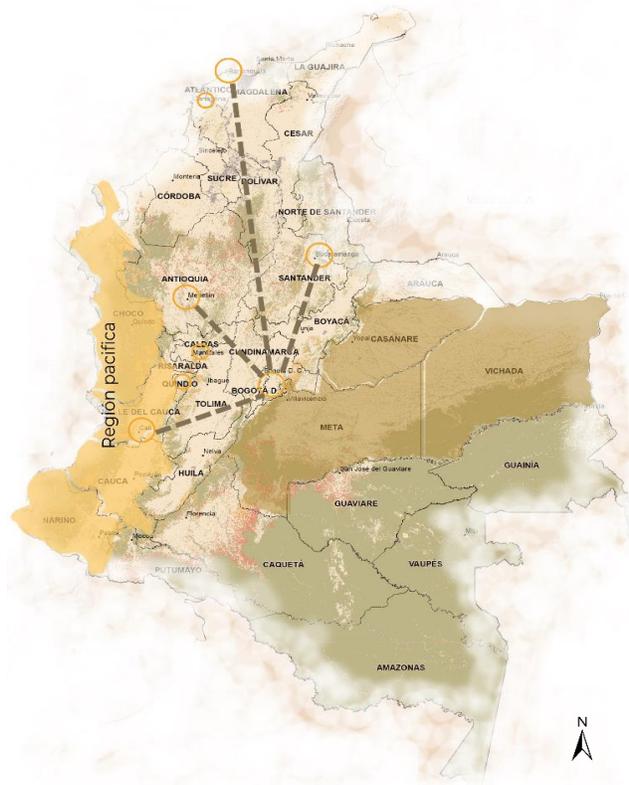
Datos de la utilización y producción de la madera



Nota: Se muestran los datos tomados del documento uso y legalidad de la madera en Colombia. Adaptado de "Estudio de estimación y caracterización del consumo de la madera" por Ministerio de ambiente y ONF Andina realizado. 2015. (<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Estudio-de-Estimacion-y-caracterizacion-del-consumo-de-madera.pdf>)

Figura 2

Región y ciudades principales de la producción de madera



Nota: la región pacífica es la mayor productora de madera Mangle, pero el 50% de esta producción se realiza en Bogotá y ciudades principales. Adaptado de “Mapa de cambio de bosque Colombia” por Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de la República de Colombia [IDEAM]. 2012. (<http://www.ideam.gov.co/web/bosques/deforestacion-colombia>)

En la Figura 2 se identifica parte de la región Orinoquia, lo que lleva Meta, Vichada y Casanare, ya que en esos lugares hay poca producción de madera, pero sea un refuerzo a esa comunidad de generar ingresos a sus familias y por parte de la Universidad La Gran Colombia se van a realizar 3 equipamientos en Casanare con la intención de utilizar nuevos métodos estructurales. Arauca no se resalta en el mapa ya que no cuenta con materia prima y recursos naturales según Sistema Nacional de Información Cultural (SINIC).

Objetivos

Objetivo General

Adaptar el sistema constructivo porticado en madera laminada para edificios no mayores a cinco pisos, aplicándolo como una nueva tecnología de construcción sostenible para las edificaciones, reduciendo el impacto ambiental constructivo y que este sea más asequible para la población.

Objetivos Específicos

1. Identificar el proceso de manufactura de la la madera laminada, para la correcta construcción del y elaboración de las edificación que implementen este tipo de estructura
2. Aprovechar los recursos naturales de la region, con el fin de reducir los costos en transporte y mano de obra que se lleve a cabo en la elaboración del sistema constructivo.
3. Compararlos diferentes sistemas constructivos utilizados en Colombia, para encontrar las ventajas y desventajas del sistema de construcción en madera laminada sobre los demás sistemas de construcción convencionales.
4. Generar nuevas oportunidades laborales, a partir de la capacitación, con el fin de instruir en la elaboración y la implementación de este sistema constructivo.

Marcos referenciales

Marco Histórico

Historia de la madera: el hombre ha utilizado mecanismos de supervivencia durante muchos años y el primero de estos es la utilización de ramas secas a la luz del sol para crear el fuego, en la edad de piedra en el periodo mesolítico se comenzaron a fabricar herramientas de materiales naturales con huesos, piedra y madera; la madera era para construir arcos y lanzas, después se crearon refugios constituidos como villas residenciales hechas de madera y paja.

Otros elementos transitorios para los humanos fue la necesidad de descubrir otros lugares por medio de la navegación se utilizaban trozos de madera, luego se producen embarcaciones con madera dentadas que eran sostenidas durante su curso por medio de sogas. En la edad de hierro se utilizaba la madera como fabricación para moldes además de la invención de la grúa de madera que ayuda a levantar y edificar más alto y con mucho más peso.

La edad media se desarrolló la madera en un nivel alto, los carpinteros ya eran pronunciados como artistas u oficios con muchas habilidades, las vigas de madera se fueron concediendo por los romanos en el siglo 50, en la modernidad los lujos eran producidos como mobiliarios en madera para la realeza europea y se fue estableciendo una relación entre la madera y la arquitectura.

Historia de la madera laminada encolada: la madera ha tenido diferentes referencias sobre esta, en dibujos de Leonardo Da Vinci (1452 – 1519) se veía reflejada la madera por medio de láminas unidas con cuerdas y objetos metálicos, las primeras intenciones en construcción se mostraron en la Basílica de Nuestra Señora de la Salud en Patzacuaro en México (1872 – 1883) fue donde se utilizó la técnica de dar curvas por medio de planos horizontales de madera sujetadas con bridas metálicas.

La madera laminada encolada surgió en el siglo XX por Otto Karl Freiderich Hetzer (1846 – 1911) obtuvo la patente del material, esta se refería a vigas rectas compuestas de varias sujetadas por medios adhesivos, este producto fue muy producido en Suiza, donde ya en 1920 existían muchos edificios utilizando la patente de Hetzer, después de la primera guerra mundial el arquitecto Edgar A. Stubenrauch el edificio Pittsville Wis, donde la estructura de la cubierta fue pensada en arcos metálicos, pero por medio de una empresa Unit Structures hizo considerar que los arcos deberían hacerse en madera.

Cuando Estados Unidos entro a la Segunda Guerra Mundial, el gobierno exigió que para parte de la guerra se utilizara la madera laminada en colada en donde en 1942 se ahorraron más de 700 mil libras, un artículo de la revista Scientific American donde se escribió la opinión de Carter en 1944 “pocos materiales han jugado un papel más importante o versátil en el programa de construcción de la guerra en América que la madera” (Madera laminada encolada, 2016, p.3). En 1952 las empresas que realizaban estructuras en madera crearon la empresa American Institute of Timber Construction [AITC], esto fue creado para la supervisión y promulgación.

Figura 3

Línea del tiempo de la madera



Nota: por el transcurso del tiempo se demuestra que la madera fue una importante evolución para la humanidad. Tomado de “historia de la madera” por Arkiplus. 2018. (www.arkiplus.com/historia-de-la-madera)

Marco conceptual

Construcción avilesa: se necesitan impulsos del pasado para identificar estrategias ágiles de construcción, como soluciones o innovaciones ya pasadas que se ofrece en un material tan antiguo como es la madera, no es volver a lo que ya era si no las nuevas construcciones con nuevas tecnologías viendo con nuevos ojos. La arquitectura se ha vuelto a escuchar por medio de los paneles de madera contralaminada (CLT), como el ejemplo a mostrar es el edificio en medio de París construido en un tiempo inimaginable para el estudio (MAO) Mobile Architectural Office.

Las estructuras de madera laminadas ayudan a reducir tiempos constructivos hasta un 60 %, el gran atractivo de este método de construcción es su estructura, habitabilidad en otros sentidos con espacios elegantes. La madera aporta calidez al lugar y al proyecto en donde este material como principal funcionamiento se puede dejar a la vista en temas estructurales, paredes o escaleras, también es de suma importancia recalcar que las construcciones en madera ayudan a capturar el CO₂ que se encuentra cerca del lugar, los paneles de madera ayudan a identificar un confort térmico y psicológico claro.

La madera también se puede deducir como material a futuro, por sus cualidades aislantes y su resistencia, ya que se busca la sostenibilidad en cada proyecto; para realizar proyectos de este calibre es necesario haber materia prima cerca y regenerar la productividad de este, Michael Green arquitecto que cambia el juego con sus rascacielos de madera nos constata su teoría de “Los árboles absorben dióxido de carbono. Si se utiliza madera en un edificio, éste también lo hará” (Sostenibilidad y futuro, 2021, p.4).

En madera, otra forma de construir: las generaciones están viendo el agotamiento de recursos no renovables, que son producto de residuos contaminantes por medios industriales y esto causa una falta de sostenibilidad, la calidad ambiental del momento se basa en tener diseño de estructura, seguridad y diseño. Las edificaciones del momento representan un 35% (En madera: otra forma de construir, 2018, p.24) de emisiones efecto invernadero, se entiende que la madera durante el proceso de fotosíntesis funciona como captador de CO₂ y cuando pasa a un edificio se comporta como almacén de carbono y esto ayuda como una acción al cambio climático.

La extracción de la madera es renovable, su fabricación consta de baja energía, su construcción es de baja toxicidad, absorbe el CO₂ y se puede reciclar, para que esto sea de productos naturales también es importante identificar sus complementos de una base natural como lo son los adhesivos y preservantes. La madera a comparación con otros materiales constructivos se determina que con su ligereza tiene la menor cantidad de material utilizado por unidad de superficie. Una de las debilidades es entender que la humedad puede producir una menor vida en la madera, pero su diseño constructivo se tiene que emplear de forma que esta no reciba humedad directamente y también depende de la especie utilizada y las características que tenga.

Madera en arquitectura, construcción y obras: la arquitectura en madera es un arte, así lo denomina Pau Seguí, los materiales siguen siendo los mismo pero las técnicas utilizadas para las nuevas construcciones se están utilizando las tablas, según esta la nueva construcción que se esta utilizando difiere que “el 80% de la población del mundo, habita en viviendas construidas en madera” (Pegui,2018, p.5)

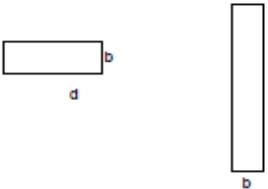
La madera se utiliza y se maneja para dar comodidad y confort que otros materiales no lo hacen y son inalcanzables para dar confort de hogar, arquitectos ya están utilizando este tipo de modelo de construcción para casas pequeñas y amobladas con la misma madera, como el arquitecto australiano Jackson Clements Burrows, que ha ganado muchos premios y ofrece otra perspectiva a la

arquitectura; se define que la casa en madera puede ser una arquitectura prefabricada ya que se está utilizando los mismos tablones para su utilización pero de diferentes formas, y se destaca que la madera tiene más ventajas que desventajas.

Marco normativo

Tabla 1

Norma NSR 10 título G, Tolerancia de madera acerrada de uso estructural

	Defecto	Estructural Selecta (E.S)	Estructural Normal (E.N) (2)	Observaciones
1	Dimensión real - En sección transversal - Longitud	- 2 mm, L < 150 + 4 mm, L > 150 -5 mm +5 mm	- 5 mm +5 mm -8 mm +8 mm	
2	Alabeos - Abarquillado - Arqueadura - Encorvadura - Torcedura	< 0.01d < 0.003L < 0.003L < 0.003L	0.015d 0.005L 0.005L 0.005L	Torcedura en una sola arista.
3	Arista faltante (una sola cara)	Máx. 0.25d Máx. 0.25L	Máx. 0.30d Máx. 0.30L	En una sola arista, con reducción de esfuerzos.
4	Duramen quebradizo	No	No	
5	Escamaduras (una sola cara)	< 0.1b < 0.25b	< 0.1b < 0.25b	No se permite en las aristas
6	Falla de compresión	No	No	
7	Grano inclinado	Máx. 1:8	Máx. 1:8	Con reducción de resistencia según (G2.2.3.7)
8	Grieta superficial	Suma < 0,25 b	Suma < 0,30 b	
9	Medula	No	No	
10	Nudos (1 m entre nudos) Nudo sano Nudo hueco Nudos arracimados	Máx. 0,25 b/m, <4mm Máx. 0,12 b/m, <4mm No	Máx. 0,25 b/m, <4mm Máx. 0,12 b/m, <4mm No	Distancia entre nudos mayor a 1 m, no se permite en tercio central, ni en zona de tracción. Nudos huecos deben ser sellados con igual material y adhesivos
11	Perforaciones selladas (no alineadas ni pasantes) Pequeñas Grandes	Máx. 6 perf/100 cm ² 3 perf/m	Máx. 10 perf/100 cm ² 6 perf/m	Deberán ser sellados con igual material y adhesivos. D ≤ 3mm D ≥ 3mm
12	Pudrición	No	No	
13	Rajaduras	Long. Máx. = b	Long. Máx. = 1.5b	Solo en un extremo
14	Manchas	No	Mancha azul	
<p>NOTA 1:</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>b = ancho de la pieza, la de menor dimensión d = espesor de la pieza, la de mayor dimensión L = longitud de la pieza</p> </div> </div> <p>NOTA 2: Los elementos de la clase Estructural Normal, se diseñarán con un coeficiente de reducción de esfuerzos $C_R = 0.75$, para todos los esfuerzos, excepto el módulo de elasticidad. En las memorias de cálculo se debe indicar el sistema empleado para el diseño de los elementos secundarios.</p>				

Tomado de "Norma NSR – 10 TITULO G" por Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Viceministerio de Vivienda Y Desarrollo Territorial Dirección Del Sistema Habitacional República de Colombia COMISION ASESORA PERMANENTE

PARA EL REGIMEN de CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES, 1997, p. titulo G.
(https://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_G.pdf)

Norma NSR 10, 1997, título G, Madera laminada:

Como sugiere la norma NSR 10 evidencia que:

Para su correcta realización la técnica de laminación requiere especiales condiciones de temperatura y humedad relativa, así como madera seca a un contenido de humedad del 12% y cuidadoso proceso de fresado, corte prensado y acabado ya que, normalmente la madera laminada se deja a la vista.

Los adhesivos utilizados son generalmente resistentes a la humedad, de tal manera que la madera laminada puede ser empleada en estructuras a la intemperie. En ningún caso se permitirá el uso de adhesivo del tipo PVA, para elementos estructurales, ni siquiera para las uniones tipo finger Joint La norma ICONTEC NTC 2500 regula la calidad de los adhesivos. (NSR 10, 1997, p. 100).

Como sugiere el Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Viceministerio de Vivienda Y Desarrollo Territorial Dirección Del Sistema Habitacional República de Colombia (2010), Por la responsabilidad estructural:

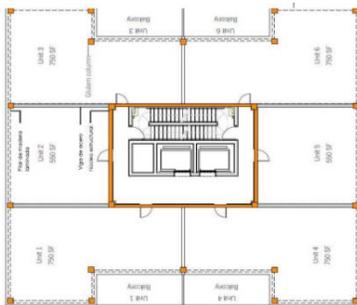
Tienen los componentes de madera laminada las plantas de fabricación deben estar certificadas y en sus defectos deben tener establecido un plan de calidad de manera tal que los procesos sean debidamente monitoreados y registrados por personal competente. Los fabricantes de madera laminada deben seguir rigurosamente las instrucciones de manejo de los equipos y de los adhesivos, así como observar las especificaciones sobre secado, inmunización, distribución del adhesivo, tiempo y presión del prensado, tiempo del curado, acabado superficial e identificación de las piezas y elementos de unión. (p. 15).

Marco Referencial

Michael Green / Tall Wood: Michael propone casos de estudio con una estructura en madera laminada, y lo denomino FFTT (finding the forest through the trees), donde el establece que se puede construir con columnas de madera laminada y paneles de madera laminada cruzada. En el primer caso, se forma una estructura de columnas en madera laminada, pero con una estructura nuclear con los paneles, definiendo que esta combinación de sistema puede soportar hasta 10 pisos de altura.

Figura 4

Tall Wood caso 1

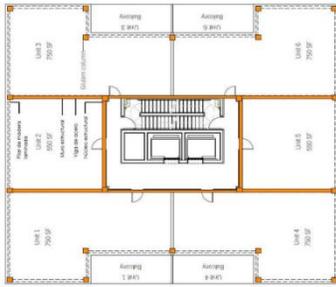


Nota: se muestra la aplicación de la estructura y su distribución para ser portante, tomado de Edificios altos de madera laminada. 2014. (<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49403/Memoria.pdf>)

El caso de estudio 2 que presenta Michael Green, es la utilización de una estructura porticada en madera laminada, pero con la utilización de muros interiores en madera laminada estructural para forzar una mejor estructura, para así seguir manteniendo la flexibilidad en el diseño de fachada.

Figura 5

Tall Wood caso 2



Nota: se muestra el diseño de estudio dos, que permite una altura de 12 pisos. Tomado de Edificios altos de madera laminada. 2014. (<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49403/Memoria.pdf>)

Treet / Bergen y Omegn Building Society: es un edificio situado en Bergen Noruega, es construido en madera laminada por medio de sistema porticado adicionándole diagonales, su cimentación si es construida en hormigón y todos sus elementos de conexión son manejados con placas de acero y clavijas, las columnas normales son utilizadas entre 40 x 65 cm y 50 x 50 cm. La envolvente del edificio será una fachada de muro cortina. Y su instalación cuenta con importantes propiedades para absorber el carbono, el costo de la edificación no fue tan económico pero la agilidad de construcción fue eficaz donde en tres días se construyeron los primeros 4 pisos; para reducir el movimiento del edificio se hicieron forjados en concreto en los niveles 0, 05, 10, 13, y 14 para mejorar su estabilidad, estos no forman parte de su estructura.

Figura 6

Edificio the tree



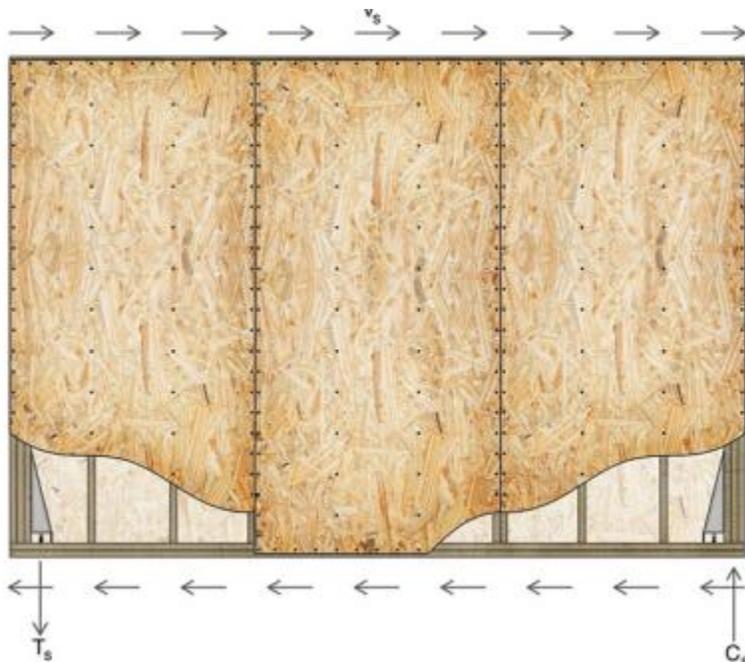
Nota: se muestra una axonometría del esqueleto estructural del edificio, junto con fotografías tomadas en el proceso constructivo. Tomado de Construibles, todo sobre construcción sostenible. 2017. ([https://www.construible.es/2017/04/18/edificio-sostenible-gran-altura-madera-prefabricada-noruega#:~:text=El%20edificio%20The%20tree%20\(EI,mediante%20un%20proceso%20de%20prefabricaci%C3%B3n](https://www.construible.es/2017/04/18/edificio-sostenible-gran-altura-madera-prefabricada-noruega#:~:text=El%20edificio%20The%20tree%20(EI,mediante%20un%20proceso%20de%20prefabricaci%C3%B3n))

Manual de diseño de estructuras en madera: los muros en madera son considerados como muros estructurales; para esto es necesario identificar el diseño arquitectónico y los muros que son completamente estructurales, por formas geométricas o anchos estructurales de una pieza de diseño, la solución de construir en madera es de acuerdo con temas, acústicos, térmicos, resistencia al fuego.

Los muros deben ayudar a soportar las fuerzas internas principales, para poder determinar una fuerza de tracción y compresión que son ocasionadas por una carga sísmica, por ende, la fuerza que se realiza en la compresión debe resistirla en entramado y así la tracción resistirla por el anclaje.

Figura 7

Fuerzas de tracción y compresión generado en un muro en madera

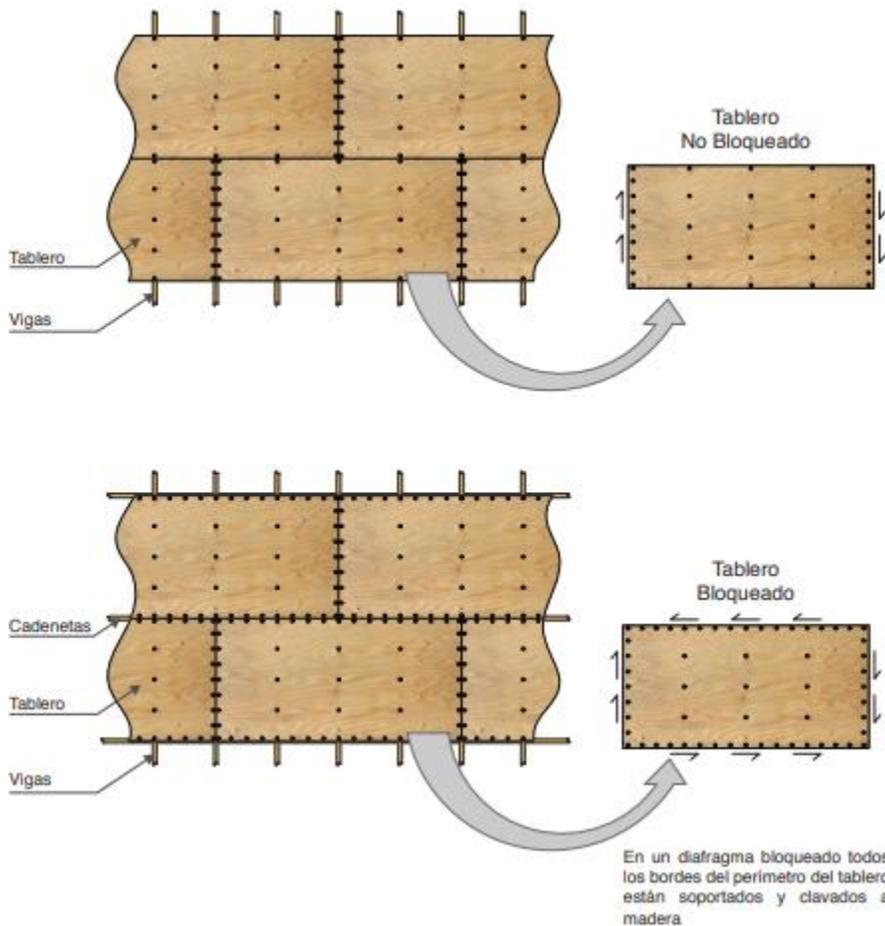


Nota: Las fuerzas que se obtuvieron de ese muro resistieron la tracción y compresión realizada por equipo de UC de innovación en madera. Tomado de "manual de diseño de estructuras en madera" por Centro UC de innovación en madera 2021. (<https://www.disenamadera.cl/templates/plantillaresponsiva/doc/Manual%20de%20Diseno%20de%20Estructuras%20en%20Madera-v8.pdf>)

Estos muros deben utilizar un patrón de bloqueo, ya que no todos soportan el mismo nivel sísmico, por ende, estos bloqueos se deben realizar en el momento de instalación de los paneles aglomerados; para esto es importante que el entrepiso tenga una losa de concreto para rigidizar el diafragma mediante la instalación. Este bloqueo se realiza por medio de cadenas arriostradas.

Figura 8

Bloqueos a paneles



Nota: Todos los paneles deben ser bloqueados por sus cuatro lados. Tomado de “manual de diseño de estructuras en madera” por Centro UC de innovación en madera, 2021.
(<https://www.disenamadera.cl/templates/plantillaresponsiva/doc/Manual%20de%20Diseno%20de%20Estructuras%20en%20Madera-v8.pdf>)

Construcción de casa en Canadá: Hector Alba Pulido profesor de la Universidad La Gran

Colombia de la facultad de arquitectura, viajó a Canadá para estudiar las nuevas formas de construcción en madera laminada, donde por medio de fotografías mostro el proceso constructivo.

Figura 9

Fotografía de Inicio entramado con zapatas corridas



Tomado de H. Alba ("comunicación personal" 3 noviembre, 2023)

Figura 10

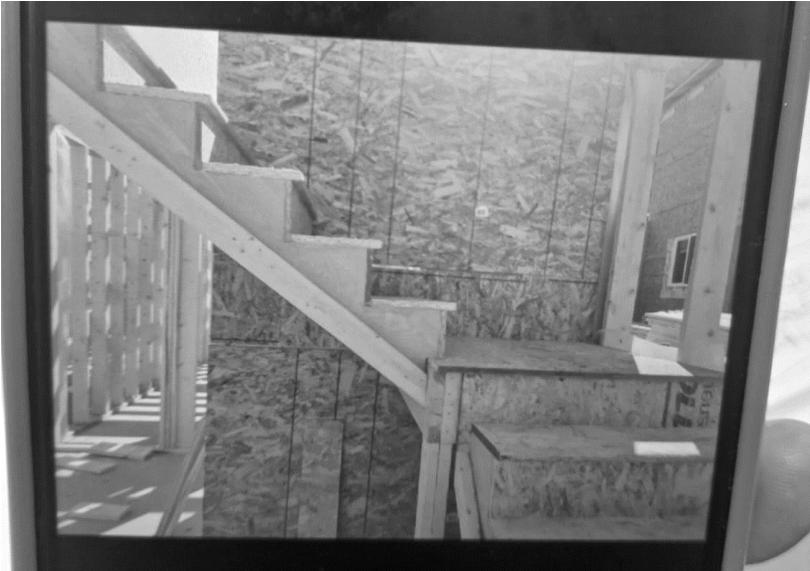
Fotografía de pilar en madera laminada



Tomado de H. Alba ("comunicación personal" 3 noviembre, 2023)

Figura 11

Fotografía escalera de madera



Tomado de H. Alba ("comunicación personal" 3 noviembre, 2023)

Figura 12

Fotografía de viga con pilar en madera laminada



Tomado de H. Alba ("comunicación personal" 3 noviembre, 2023)

Construcción en madera: técnicas, ventajas y desventajas: Maderame es una página web que se utiliza para la construcción de conceptos para la elaboración de estructuras en madera, Las ventajas que definen para construir en madera son:

Tabla 2

Ventajas de construcción en madera

VENTAJAS DE CONSTRUCCIÓN EN MADERA	
	<ul style="list-style-type: none"> • La madera es un material natural, renovable y reciclable. En estos sentidos es la materia prima de referencia.
	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene un excelente comportamiento como material aislante, tanto del ruido como de la temperatura. Por consiguiente, se reducen los gastos en energía de la casa fabricada en madera respecto a otras alternativas sin la necesidad de recurrir a aislamientos adicionales.
	<ul style="list-style-type: none"> • Es un material abundante y por tanto de un coste relativamente bajo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se reducen los tiempos de construcción y se evitan en gran medida los tiempos de secado o reposo. No solo precisan de menos mano de obra, también menos tiempo.
	<ul style="list-style-type: none"> • El consumo energético necesario para construir con madera es muy inferior.
	<ul style="list-style-type: none"> • Apta para toda clase de ambientes, incluido zonas cercanas al mar.

Nota: Maderame describe las ventajas de construcción en madera y porque estas se están implementando hoy en día para ayudar al medio ambiente. Tomado de “construcción en madera: técnicas, ventajas y desventajas” por Maderame. 2017. (<https://maderame.com/construcciones-madera/>)

Tabla 3

Desventajas de construcción en madera

DESVENTAJAS DE CONSTRUCCIÓN EN MADERA	
	<ul style="list-style-type: none"> • La madera es susceptible al ataque de hongos e insectos. Si está tratada correctamente y el mantenimiento periódico es el adecuado es un riesgo que prácticamente desaparece, aunque ahí está.
	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerabilidad frente al fuego.
	<ul style="list-style-type: none"> • Las edificaciones resultantes son a día de hoy más limitadas en dimensiones.
	<ul style="list-style-type: none"> • Si la madera no proviene de explotaciones responsables desaparece en gran parte el concepto de “material sostenible”.

Nota: se muestran las desventajas y palabra clave de organización para ser un material sostenible. Tomado de “construcción en madera: técnicas, ventajas y desventajas” por Maderame. 2017. (<https://maderame.com/construcciones-madera/>)

Para la construcción de madera es esencial los entramados, vigas o esqueletos utilizados como estructuras, estas en madera normal son muy ligeras, pero en vigas laminadas se puede manejar mayor espesor y longitud; los ligeros son ligeros para estructuras o diseños no mayores a dos pisos estos pueden ser cubiertos con tableros contrachapados o OSB, la diferencia con el pesado es la diferencia de espesor y longitud de la viga o las piezas de maderas utilizadas al construir; para construcciones de paneles contra laminados son utilizados para construir hasta edificios, estos son la construcción de capas de tablas unidas en diferentes direcciones, estos paneles son creados en fábricas, y montados en sitio con ayuda de grúas u otros elementos.

Figura 13

Ejemplo de construcción en paneles contrachapados



Nota: Las casas unifamiliares o el edificio mostrado son construcciones en paneles contrachapados. Tomado de “construcción en madera: técnicas, ventajas y desventajas” por Maderame. 2017. (<https://maderame.com/construcciones-madera/>)

Metodología

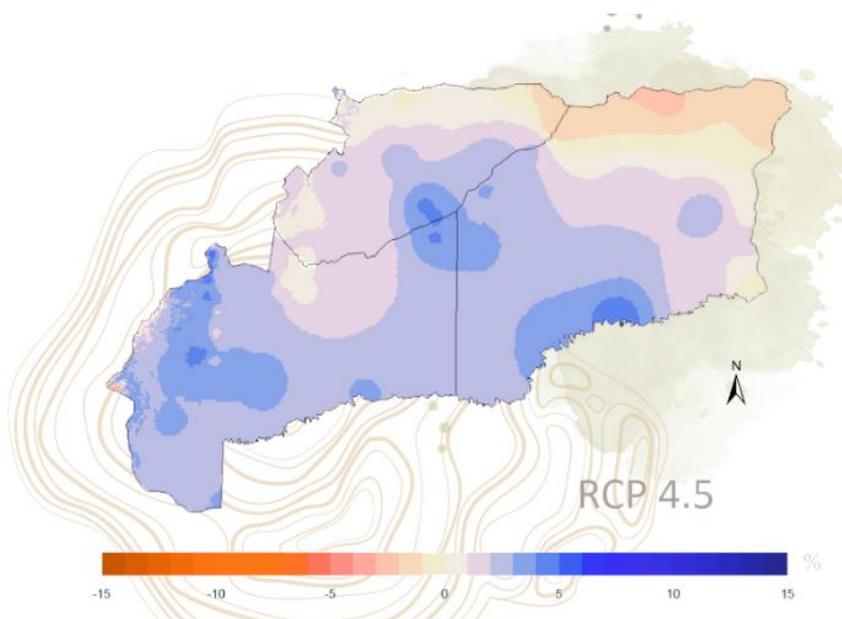
El método de análisis a utilizar en este documento es netamente comparativo, entre los sistemas de construcción más utilizados que son el hormigón, acero y madera. La conexión se hará por medio de conceptos, diseños y referencias utilizadas por medio de construcciones ya hechas; para esto los instrumentos que se investigan a continuación son el análisis del lugar a escoger la madera y la utilización de esta; y establecer el método de construcción de madera laminada utilizado en diferentes países donde no ha llegado a Colombia, y así concluir con una estructura propuesta para una quinta establecida en un lugar cálido seco de Colombia.

Capítulo 1: Análisis del sector

La región Orinoquia es conocida como la región de los llanos orientales, es importante por su gran área de reservas naturales, paisajes y gastronomía; sus bosques y parques se representan de una región turística nacional.

Figura 14

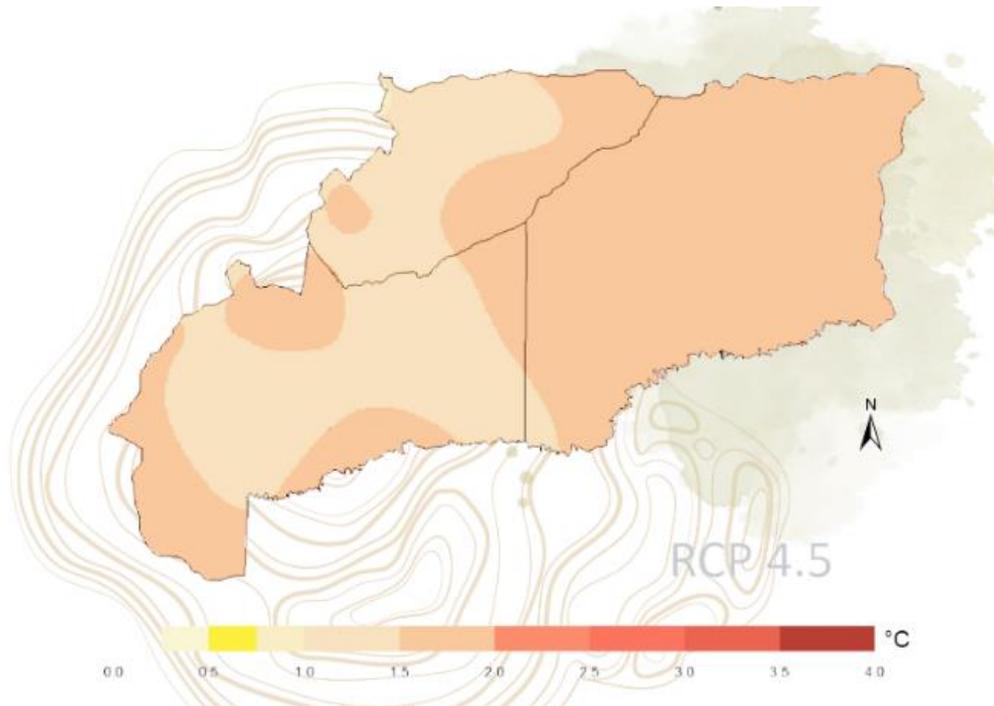
Temperatura máxima anual



Nota: Se establece la temperatura máxima anual de Meta, Vichada y Casanare, donde su temperatura máxima llega a 20°C. Adaptada de “Proyecciones del clima para la Orinoquía” por Alliance Bioversity y CIAT, 2016. (<https://alliancebioversityciat.org/stories/proyecciones-de-clima-para-la-orinoquia-2040>)

Figura 15

Precipitación máxima anual

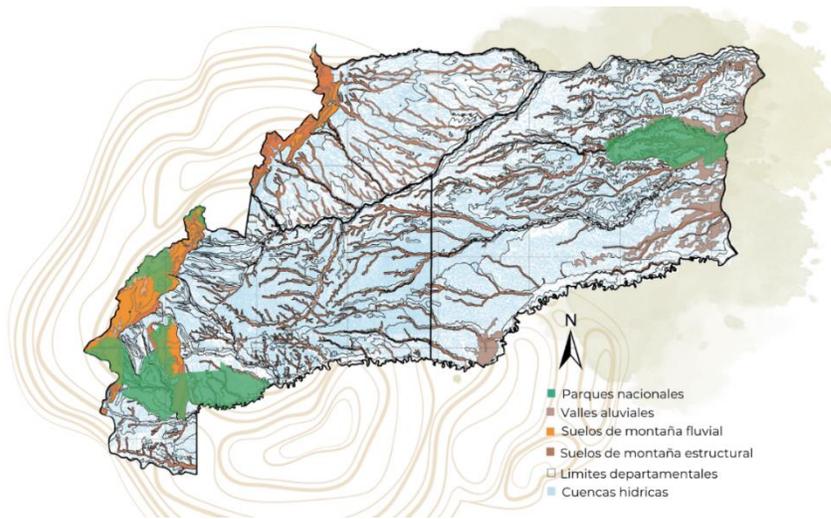


Nota: Se indica la precipitación de Meta, Vichada y Casanare y se identifica que en algunas zonas hay una alta precipitación. Adaptada de “Proyecciones del clima para la Orinoquía” por Alliance Bioversity y CIAT, 2016. (<https://alliancebioversityciat.org/stories/proyecciones-de-clima-para-la-orinoquia-2040>)

Los análisis que se iniciaron en la región se basan en las tres estructuras manejadas, que son la estructura ecológica principal, estructura funcional y de servicios y por último la estructura socio económica, se trabaja por medio mapas analizaremos Meta, Vichada y Casanare. Estos nos ayudan a determinar y poder identificar el lugar con sus zonas naturales, cascos urbanos y conexiones principales.

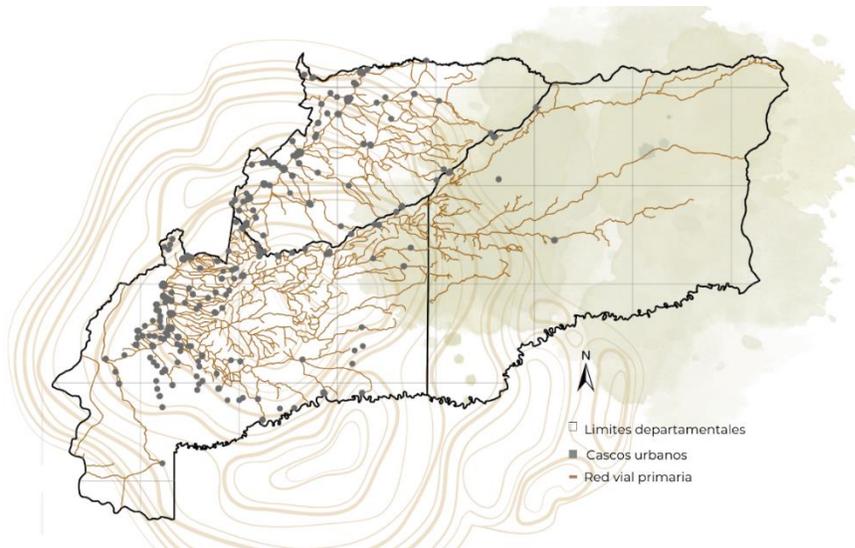
Figura 16

Estructura ambiental



Nota: se identifica tipos de suelos y cuencas hídricas que tienen estos departamentos, aunque esta región se caracterice por ser llanura, se identifican varios lagos además de los parques naturales nacionales que son 6, los cuales son: el Tuparro, Tinigua, Sierra de la Macarena, Chingaza, El Cocuy y Pisba. Adaptado de plataforma Arcgis 5.

La biodiversidad de la Orinoquia comprende de 34.614.167 hectáreas según WWF Colombia (2020), los principales ríos son: Cravo sur, Pauto, Cusiana, La Fortaleza, Casanare y Ariporo que desembocan en el Orinoco. Y en el 2010 ingresaron zonas protegidas de la región para lograr objetivos de conservación por parte del SINAP (Sistemas Nacional de Áreas Protegidas).

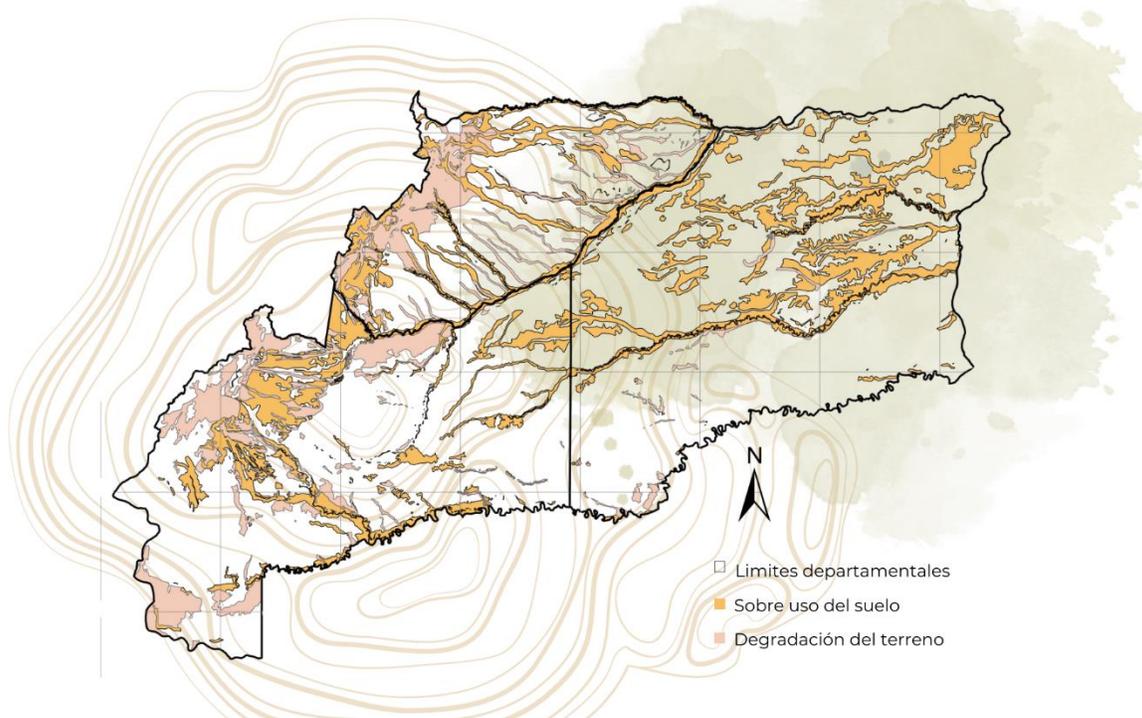
Figura 17*Estructura Funcional y de Servicios*

Nota: Se evidencia que los cascos urbanos están ubicados en el piedemonte de la cordillera oriental, y sus conexiones principales con los municipios de cada departamento. Modificado de plataforma Arcgis 5.

La población de Meta, Vichada y Casanare cuenta con 1.039.658 habitantes cifra que proporciona el DANE 2005. El departamento del meta se ha caracterizado por ser un pilar de desarrollo y un aumento de población del 88%. Los departamentos que esta el radar de menor multidimensional de pobreza es: Casanare con un 18,3%, Vichada con 72,2% datos tomados de DANE 2019.

Las pobrezas analizadas por el DANE son consecuentes a: analfabetismo, inasistencia escolar, servicios para el cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, privación por empleo formal, privación por acceso a fuente de agua e inadecuada eliminación de excretas.

Figura 18*Estructura Socio-económica*



Nota: se quiere mostrar las zonas que son modificadas ambientalmente por su función o desarrollo de actividades, además de la capacidad o disminución del terreno. Modificado de plataforma Arcgis 5.

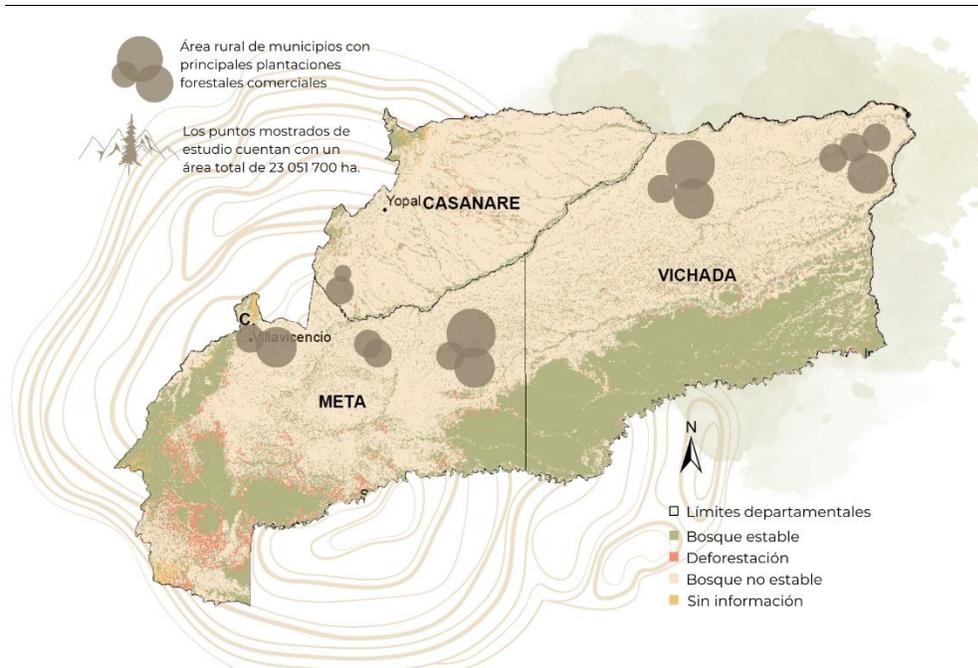
El DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística)2017. Nos da los informes del PIB (producto interno bruto) que dio Meta, Vichada y Casanare. En 2015, la región aportó el 6,06 % al PIB nacional. El mayor aporte lo hizo el departamento de Meta con 3,83 %, seguido por Casanare con 1,60 % y Vichada con 0,05 %.

Capítulo 2: La madera

El análisis siguiente es respecto a la utilización, producción y transformación de madera en el sector de Meta, Vichada y Casanare, ya que es el lugar donde se va a centrar el proyecto y donde la utilización de la estructura se puede implementar en cualquiera de los departamentos.

Figura 19

Producción de la madera



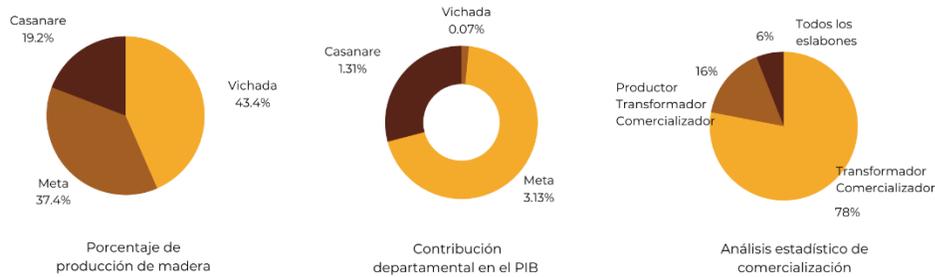
Nota: se evidencia lugares donde se realiza la producción y utilización de la madera, es lugares son certificados. Adaptado de “Mapa de cambio de bosque Colombia” por Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de la República de Colombia [IDEAM], 2012. (<http://www.ideam.gov.co/web/bosques/deforestacion-colombia>)

Vichada es uno de los departamentos con las plantaciones forestales contando con un 21%, los municipios de esta zona mostrados en el mapa son: La Primavera y Puerto Carreño; para el departamento de Casanare es Villanueva y para el departamento de Meta se establecieron Puerto Gaitán, Puerto López, y Villavicencio.

El consumo de madera es bajo comparado con otros países y regiones de Colombia, igualmente en los departamentos analizados se muestran datos que dan al Producto interno bruto hacia el departamento, alguna de estas maderas utilizadas es cortada de bosque y producidas para muebles, pisos, madera estructural o embalajes.

Figura 20

Producción de madera

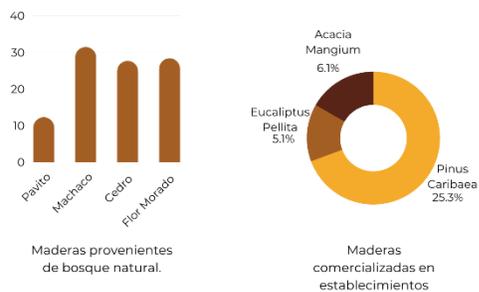


Nota: porcentajes mostrados. Adaptado de “Tipificación y caracterización de los consumidores de madera en zonas productoras de la Orinoquia Colombia” por Universidad de los Llanos, 2022. (<https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/734>)

La Universidad de los Llanos en el 2022 realizó unos datos estadísticos donde determinaron que el 78% de los establecimientos mostrados en la figura 8, se dedican a la formación y comercialización de la madera y el 16% a productor, transformación y comercializador como se mostró en la figura 9. La utilización de madera en estos establecimientos son la siguiente:

Figura 21

Maderas utilizadas



Nota: Se presentan datos de las maderas que son utilizadas en el Meta, Vichada y Casanare. Adaptado “Tipificación y caracterización de los consumidores de madera en zonas productoras de la Orinoquia Colombia” por Universidad de los Llanos, 2022. (<https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/734>)

Para este proceso se identificaron las maderas que son más resistentes para la realización de estructuras y mobiliario, estas se encontraron en la región y por ello es necesario realizar un proceso de

reforestación, donde la principal idea es plantar lo que se va a utilizar y poder seguir ayudando con la mitigación del CO₂, para eso nos guiamos en un proceso de la empresa IKEA (México).

Figura 22

Proceso de reforestación Sika.



Nota: la figura muestra los niveles y características que se deben entender para realizar una reforestación, entendiendo su tiempo y tipo de suelo donde se van a ubicar. Adaptado de “contribuir de forma positiva a los bosques” por empresa IKEA, 1999. (<https://www.ikea.com/es/es/this-is-ikea/sustainable-everyday/contribuir-de-forma-positiva-a-los-bosques-pub85b1ce40>)

Para las estructuras y paneles en madera se tiene que utilizar madera resistente, sabemos que en los llanos hay poco bosque estable, se tiene que plantear la idea de reforestación con árboles que sean de la zona y que ayuden a la formación de estas estructuras, en parte de la Orinoquia encontramos lo que es madera pino (*Pinus Caribaea*) y el cedro que los hacen parte de su cultura y elocuencia en parte de la región. Estas maderas tienen su proceso diferente en la figura 12 mostraremos sus características y su proceso de crecimiento para la producción y reutilización de este tipo de madera.

Figura 23

Proceso de reforestación del árbol



Nota: se presenta los datos importantes de una ficha técnica de estos dos tipos de árboles, lo cual a describir es su crecimiento, tipo de suelo y la utilización de esta madera. Adaptado de "Pinus Caribea" por Conabio información de árboles. 1962. (http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/55-pinac2m.pdf)

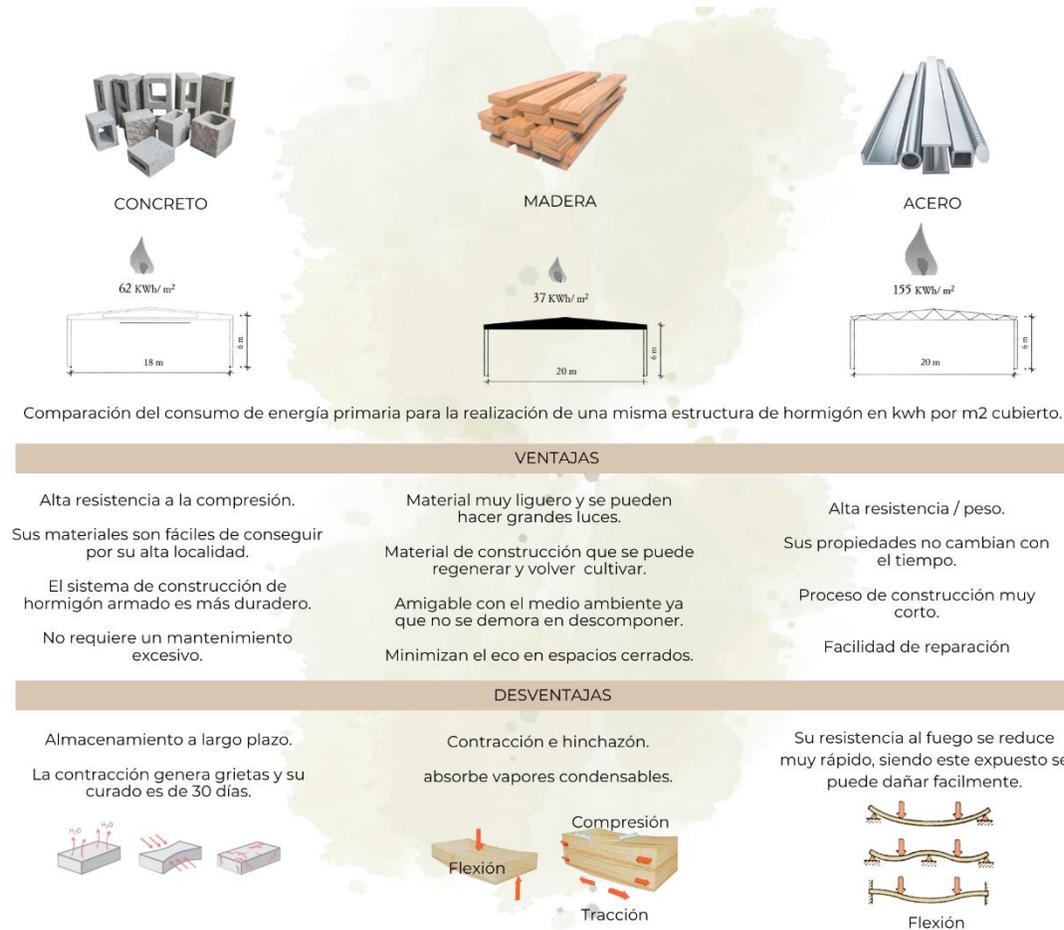
Capítulo 3: comparaciones estructurales

En el ámbito constructivo sostenible se define que la madera es un elemento potencial constructivo, ya que este se puede recuperar y biodegradar más fácilmente, además que su producción sea de bajo impacto en un proceso constructivo. Este capítulo solo se evidencia en lo cualitativo, en lo que otras empresas ya experimentadas sacaron datos y analizaron; se evidenciaran con tablas y cálculos que se han realizado con empresas constructoras.

Este tipo de construcción es tendencia en los últimos años, ya que va en la creciente de un sistema de construcción sostenible; este tiene ventajas constructivas en referencia al concreto y acero por tener un pacto bajo respecto a: renovación, fijación y absorción de CO₂, contaminación acústica, absorbe electromagnetismo y aporta un ambiente natural.

Figura 24

Comparación de material constructivo



Nota: Se muestran comparaciones con los materiales más comunes en la construcción que son: el concreto, el acero y la madera. Adaptado de “materiales de uso común en ingeniería industrial” por SkyCiv, 2019. (<https://skyciv.com/es/technical/steel-vs-timber-vs-concrete/>)

Como se muestra en la Figura 16, la madera tiene una eficiencia energética en el momento de su producción, donde se utiliza menor kilovatio por hora para una estructura en madera. También se determinan las ventajas y desventajas de cada material; según la Revista Informe en construcción. (2019) define que:

Un edificio con estructura de acero genera 40 kg de CO₂ a la atmósfera y consume 143 KW / h de energía. Similar es el caso de una estructura de hormigón, que registra 27 kg de CO₂ y 80 KW

/ h de energía por metro cuadrado. En cambio, si la estructura es de madera, un metro cuadrado de superficie plantea 4 kg de CO₂ y solo 22 KW / h de energía. Es decir, por cada metro cuadrado construido con estructuras de madera, se reducen las emisiones de CO₂ hasta en una décima, en comparación con los sistemas tradicionales de construcción (p.6).

Maderea es una empresa dedicada a la familiarización de construcción y productos en madera donde manejan todo este sistema en Madrid, España. En el año 2017 publicaron diferencias estructurales en las cuales se basaban en el almacenamiento de CO₂ y sus componentes.

Tabla 4

Datos de los materiales constructivos

	Flexión	Tracción 0° - 90°	Compresión 0° - 90°	Cortante	Modulo de elasticidad medio	Densidad	Precios
Material	(N/MM2)					(Kg/ m3)	Euros m3
Madera	24	14 - 0,5	21 - 2,5	2,5	11.000	420	300 - 400
Hormigón	--	179	25	1,79	32.000	2.500	60 - 80
Acero	275	275	275	158	210.000	7.850	8.000

Nota: En la tabla se muestran las diferencias entre madera, acero y hormigón. Tomado de "Diferencias estructurales de madera, acero y hormigón" por Maderea, 2017. (<https://www.maderea.es/diferencias-entre-estructuras-de-madera-acero-y-hormigon/>)

Tabla 5

Emisiones netas del CO₂ en materiales

	EPA "Environmental Protection Agency" de Estados Unidos del 2016 muestra las diferencias de emisiones netas de CO ₂ .	
Material	Emisiones neta (kg/CO ₂ /t)	Almacenado (kg/CO ₂ /t)
Madera	33	490
Hormigón	265	0
Acero	694	0

Nota: la tabla 3 presenta las emisiones netas de los materiales teniendo una diferencia en que la madera es el material que logra almacenar el CO2. Tomado de “Diferencias estructurales de madera, acero y hormigón” por Maderea, 2017. (<https://www.maderea.es/diferencias-entre-estructuras-de-madera-acero-y-hormigon/>)

Tabla 6

Ejemplo de construcción en CO2 y costos

Ejemplo para realizar una viga de 7,5 metros de luz con un carga permanente de 0,75 KN/m y 3 KN/m de sobrecarga de uso se necesitaría de hormigón armado 206kg/m, de acero 15 kg/m y de madera 29 kg/m. (J. Natterer)				
Material	KC viga de 7,5m	Emisiones neta (kg/CO2/t)	Almacenado (kg/CO2/t)	Precio aproximado con montaje
Madera	217,5	7,17	106,57	350
Hormigón	1.545	409,42	0	370
Acero	112,5	78,08	0	350

Tomado de “Diferencias estructurales de madera, acero y hormigón” por Maderea, 2017. (<https://www.maderea.es/diferencias-entre-estructuras-de-madera-acero-y-hormigon/>)

De acuerdo a las tablas se puede apreciar que en costos de montaje el nivel puede ser igual al acero, pero es más sostenible con el medio ambiente y sabemos que el acero y la madera son eficaces en la construcción.

Capítulo 4: Producción de la madera laminada en estructuras

El proceso de la madera proviene de la tala de árbol certificada, establecida como materia prima para utilización en tablonos por lo tanto hay gran variedad de árboles los cuales su obtención de madera en tablonos viene de diferentes medidas. Esto requiere un proceso mecánico que se obtiene por 7 pasos como se muestra en la tabla 2, luego de esto se suman pasos para la producción de estructuras en madera laminada, cada estructura es diferente de acuerdo a su diseño, pero la elaboración de esta es estándar para cualquier diseño estructural.

Tabla 7

Proceso de la madera

PRODUCCIÓN DE MADERA			
1	TALADO	Proceso realizado con sierras mecánicas, este proceso se debe realizar ordenado.	
2	PODA FORESTAL	Eliminación de las ramas del tronco talado, esto se realiza por medio de sierras mecánicas o elementos cortantes.	
3	TRANSPORTE	Para transportar esta materia prima se tiene que diseñar deslizadores de gran pendiente para acomodarlos en su medio de transporte.	
4	DESCORTEZADO	El descortezado del árbol se refiere a quitar la capa protectora del tronco dejándolo liso.	
5	ASERRADO	Después de descortezado, se realizan cortes a medidas estándares comerciales para su proceso de tablado.	
6	SECADO	La madera se seca por medio de trenzado de las laminas y su tiempo depende de la utilidad final.	
7	CEPILLADO	En este proceso se eliminan las irregularidades de cada tronco, dando un buen acabado y terminación al material.	

Nota: Se presentan los 7 procesos para la producción de la madera. Adaptado de “Proceso de Obtención de la madera” por Cafí. 2015. (<https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/mod/page/view.php?id=25062>)

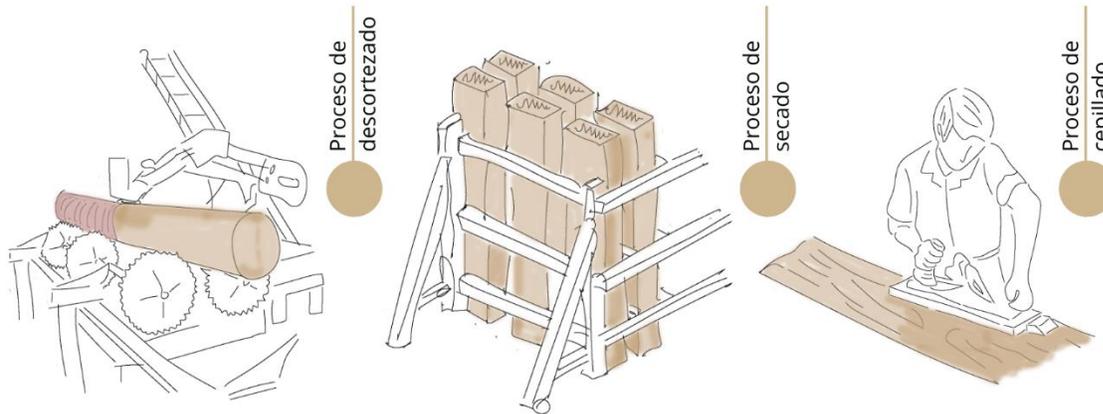
Figura 25

Principales procesos de la madera



Nota: Se presentan los 7 procesos para la producción de la madera. Adaptado de “Proceso de Obtención de la madera” por Cafí. 2015. (<https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/mod/page/view.php?id=25062>)

Figura 26

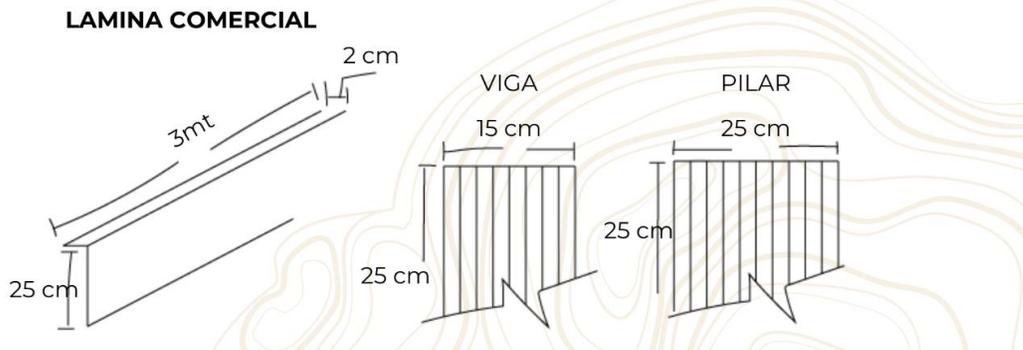
Elaboración de lámina de madera

Nota: para la elaboración de lámina es necesario quitar la corteza de los árboles, donde se realiza un aserrado para poder escoger la madera más firme y ponerla a secar, luego de que su humedad baje se realiza un cepillado para quitar defectos a la lámina de madera. Fuente propia.

Después de todo ese proceso se maneja la tabla comercial que tiene medida de 3m x 20 a 25 cm con un grosor de 2cm, para la realización de la estructura de madera laminada se necesita un pegante especial que no se caiga con el agua, y unos soportes metálicos que le dé más firmeza a la estructura; la presión que se maneja con las maquinas Finger Joint, ya que sus tiempos de ajuste son muy cortos y tiene una precisión fácil y rápido utilizando la fórmula de Newton (presión). Como se muestra en la figura 13, el proceso de dentado y pegado para resolver las medidas de la viga y pilar en madera laminada.

Figura 27

Lamina comercial de madera

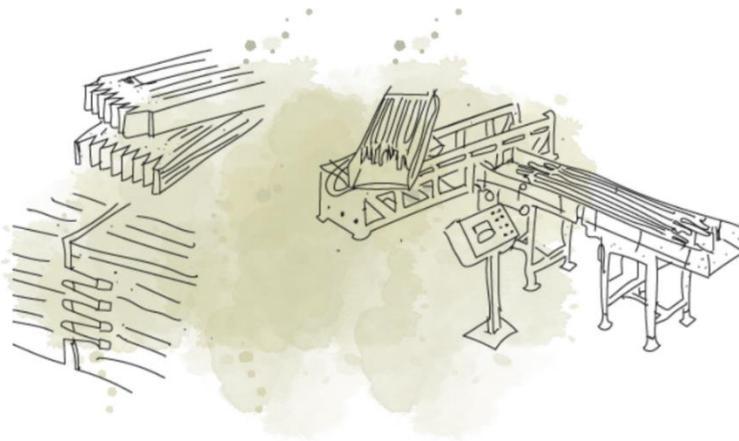


Nota: La lamina viene comercialmente en esta medida, ya para la elaboración de un pilar o viga se necesitan de 4 a 5 laminas para generar un grosor dependiendo del proyecto.

Como se explica anterior mente en la figura 13 la lámina comercial viene con esas medidas, para realizar luces más grandes se tiene que dentar en los bordes de la lámina contra la otra lamina junto con una cola las cuales son: cola de resorcina fenol formol (RFF) y la cola de melanina urea formol (MUF), estos pegantes son repelentes al agua y también a la humedad, dando más estabilidad y fuerza, la presión que se realiza a máquina es en dirección paralela a la fibra entre 2 a 5 Newton x mm² con el sistema de empalme finger joint.

Figura 28

Finger Joint

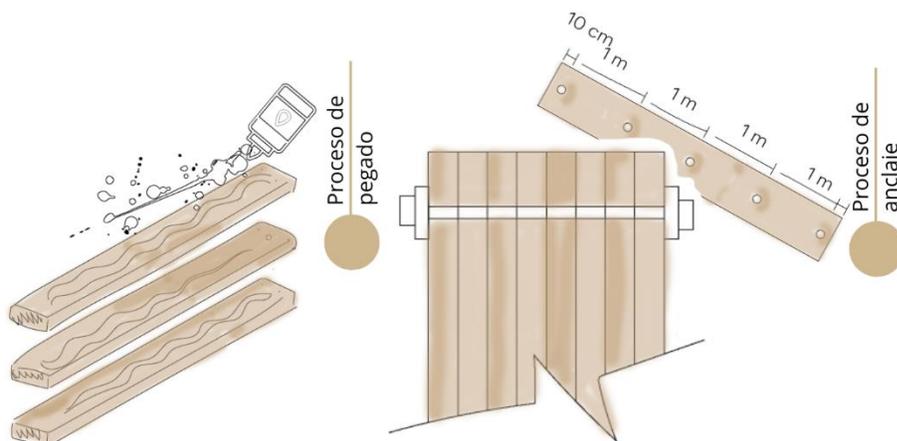


Fuente propia

Ese sistema de empalme es tanto unión vertical como horizontal, la diferencia en el pegado horizontal es que este debe ser tipo traba, las uniones no deben quedar con uniones sino parte de la lámina completa y este también es sometido a presión de acuerdo la forma que se desee, se va sujetando y colocando el pegante lamina por lamina y con la máquina que sujeta y se realiza ondulaciones se va ubicando la otra para pegarle presión y coger dureza en esta. La duración de este pegado tiene que ser de 2 a 5 días dependiendo del grosor y el tipo de estructura, después de esto se necesita su traslado y transportación al lugar donde se esté realizando el proyecto.

Figura 29

Pegado y elaboración de anclajes



Nota: cada lamina se debe pegar una junto a la otra, esta debe ser en una maquina especial junto con un sistema o presión continua, ya debes de conseguir la forma a utilizar se debe anclar con un tornillo pasante.

Los ensamblajes manejados en la estructura son metálicos para que haya más soporte y dureza, los anclajes iniciales a la parte de la zapata y viga tienen que estar a 10 cm de esta para fijar mayor su soporte, y cada metro se pone anclaje para su mayor soporte, esto se realiza de manera vertical y horizontal. Entendiendo esto se define en una comparación de consumo de energía primaria que la madera es la que menos consume en su producción.

El atributo del material “la madera” que se ha utilizado durante mucho tiempo en la construcción es en la capacidad de ahorro y prevención de la energía, según House Hábitat define que la madera:

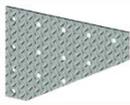
Requiere mucha menos energía en el proceso de transformación -de materia prima a material de construcción que el acero o el hormigón. Por ejemplo, la energía requerida para producir una viga de madera laminada es una sexta parte de la que se necesita para fabricar una de acero de resistencia comparable, es decir; su consumo de energía es entre un 75 y un 90% menor.

(Hábitat, 2019, p.4.).

El sistema constructivo de la madera lamina debe llevar por resistencia elementos metálicos para su unión y fijación con el mismo material de la madera, este por el largo de la lámina que es 3m, debe estar anclado a inicios y final de 10 cm y después cada metro, también para anclar el pilar con vigas es necesario la utilización de cartelas metálicas y elementos como ángulos y escuadras metálicas de acero inoxidable.

Tabla 8

Anclajes metálicos utilizados

			
Escuadra perforada de ensamble	Platina de ensamble universal	Platina de ensamble en T	Tornillo pasante 5/8 de 25 cm anticorrosivo
			
Cartela 1	Platina de anclaje pedestal en hormigón armado	Cartela 2	Tornillo 3/8
			
Soporte perforado de ancho variable	Escuadra perforada grande con orificios desiguales	Pie de pilar, regulable	Placas perforadas

Nota: Los elementos mostrados son los que se utilizan en el diseño estructural de madera laminada. Fuente propia.

Capítulo 5: Proceso de diseño de la estructura laminada

El diseño de la estructura en madera laminada es basado en el concepto de la palma moriche, dada en la región Orinoquia y es muy característica de los llanos orientales, por ende, él es en forma de cruz y termina con una ménsula en ayuda a la firmeza con la cubierta verde. Esta estructura será realizada en madera pino, ya que es la madera utilizada para estructuras; la principal idea es que se pueda utilizar en cualquier proyecto: casa, equipamiento y demás. La ménsula ayuda a los soportes de flexión en la viga y poder obtener grandes luces, teniendo una modulación adecuada con la ayuda de los paneles para sus cargas verticales.

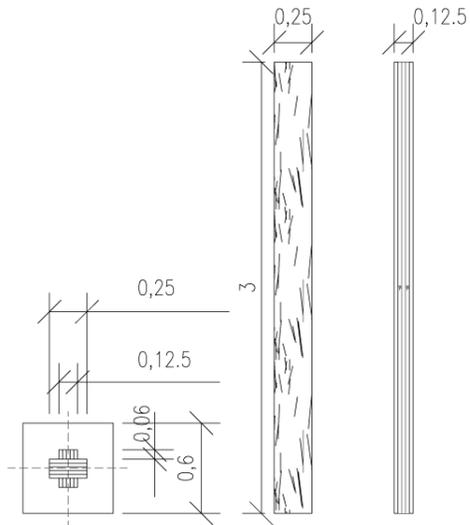
Figura 30

Concepto Palma Moriche

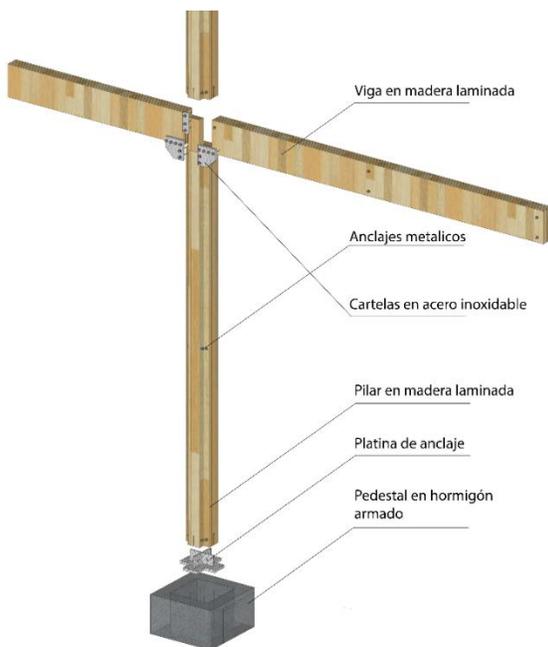


Nota: Se presenta la Palma Moriche con el diseño esquema básico. Adaptado de “Repositorio institucional de documentación científica”. 2010. (<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/729>)

La estructura en la parte de cimentación tiene que ser en hormigón armado, y el inicio de la columna tiene que tener un pedestal por protección de la madera, en la cual tiene una altura de 60 cm, y la columna empieza en los 40 cm del pedestal por su anclaje, el pedestal tiene una medida de 60 x 60 x 60, y la zapata que se une con el pedestal tiene una medida de 1.40 x 1.40 x 0.50 m.

Figura 31*Dimensión de columna con pedestal*

Fuente propia

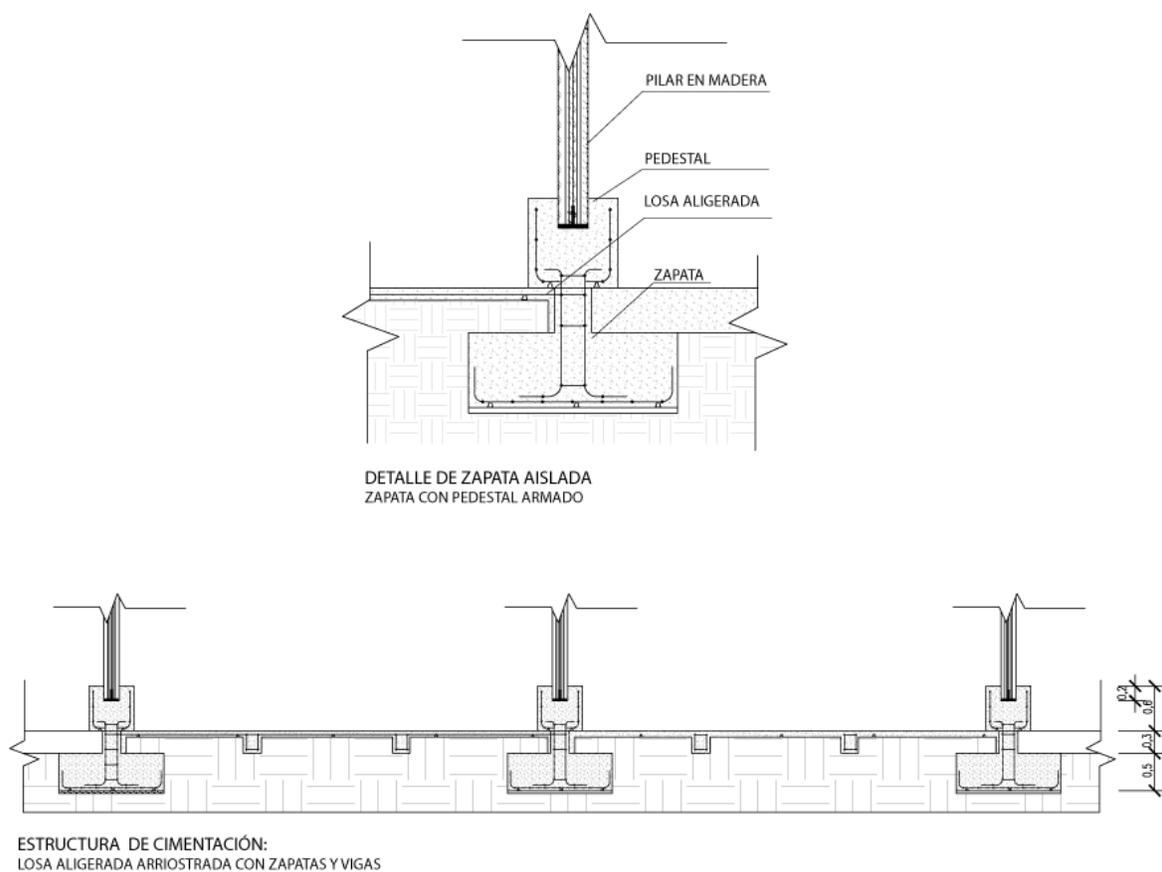
Figura 32*Estructura en madera laminada pilar y viga*

Nota: se muestra el principal diseño de la estructura, las columnas y vigas principales, junto con el pedestal de arranque de las cargas verticales. Fuente propia.

La cimentación de la estructura en madera debe ser construida normalmente con concreto armado, por temas y afectación en la madera de humedad y elementos que puedan pudrir y dañar la madera, además en Colombia no hay normativa de construcción sismorresistente para madera laminada, la cual se debe seguir manejando los suelos y cimentación como lo propone la NSR – 10.

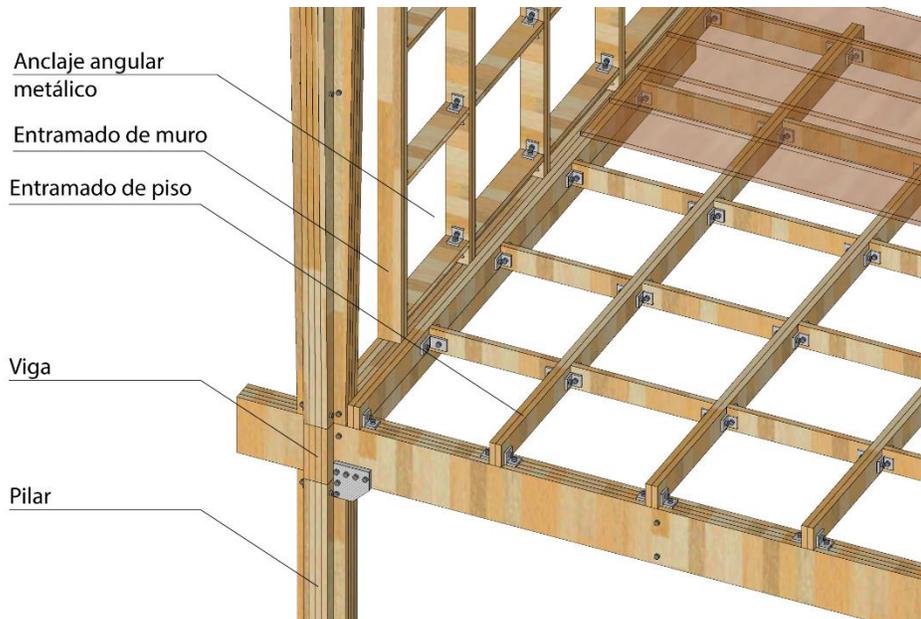
Figura 33

Cimentación



Nota: A demás de la cimentación se muestra el arranque del pilar en madera laminada, que es incrustado 20 cm en el pedestal armado. Fuente propia.

La estructura sola no trabaja, para ello es necesario la utilización de una estructura para la soportar las cargas de entrepiso y cargas verticales también como los muros, esta estructura debe ser un entramado en madera de 0.60 x 0.60 m; esta debe estar anclada a vigas y columnas.

Figura 34*Formación de entramado muro y piso*

Nota: Este entramado tiene una doble funcionalidad, soportar cargas y ayudar al anclaje de paneles aglomerados para los acabados de piso y muros, el grosor del entramado son de dos tablas lo cual es un grosor de 5 cm x 10 cm de alto y 60 de largo que es la formación del entramado. Fuente Propia.

Los paneles aglomerados son los comerciales y se deben utilizar el panel hidrofugo que ayuda a la absorción de humedad, tiene un grosor de 1.8 mm y de medidas de 1.20 x 2.50 m, además de esto los paneles son maderas de residuos también de pino, la cobertura que se utiliza sirve y funciona como acabado de muro sin necesidad de utilizar otro material, en el piso también se desarrolla lo mismo, la diferencia es que en la estructura de piso si es necesaria un afinado de 3 cm con malla electrosoldada para firmeza y rigidez de una estructura.

Figura 35*Formación de entrepiso*



Nota: Se muestra la elaboración gráfica del entrapado, este entrapado se puede duplicar 3 veces, este debe contener ángulos y seguros metálicos. Fuente propia.

Por temas termoacústicos es necesaria la implementación de una lana de fibra de vidrio o poliuretano, este debe ser contenido en el entramado, este debe estar bien puesto para no dejar conexiones entre traspaso de sonidos o calor; y este debe quedar ajustado en su instalación.

Figura 36

Formación de muro

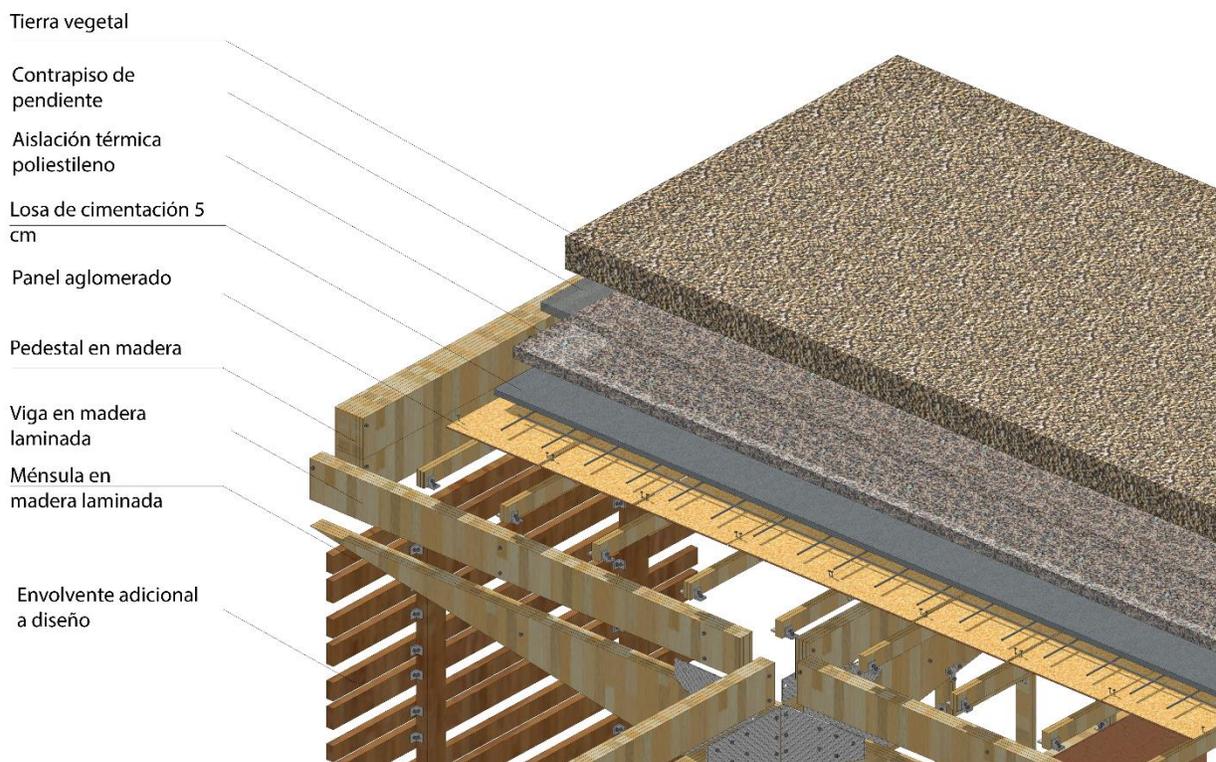


Nota: Los paneles aglomerados pueden tener acabado para no utilizar otro material y así poder dejar la estructura ligera estos tipos de muro también reciben cargas verticales y su estructura va el en la formación de todos los muros de diseño arquitectónico.

La formación de la cubierta es tipo verde también para ayudar a la calefacción del equipamiento, casa o construcción ayudará a mantener el mejoramiento interno y que las placas no se sobrecalienten, también la utilización de almacenar aguas lluvias y poder generar zonas verdes y así la utilización de huertas para consumo humano.

Figura 37

Pedestal para cubierta verde



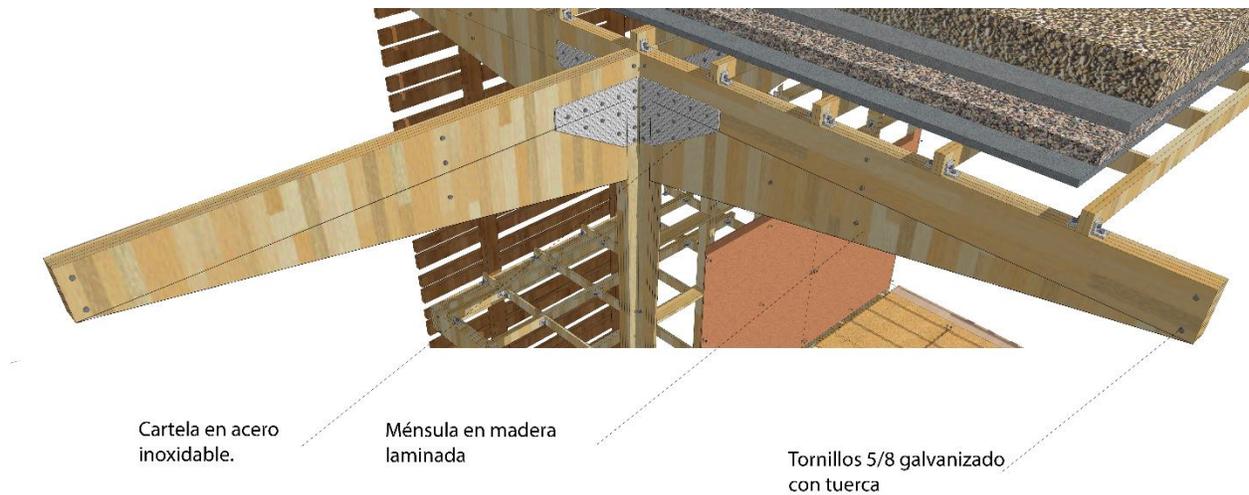
Nota: El pedestal debe estar anclado a la viga, este tiene una función para aislar las capas y tener un impermeabilizado para la fachada; cerca al pedestal debe estar el sistema de evacuación “canal” de lo que se recolecta de aguas lluvias. Fuente propia

Por el peso de la cubierta verde y las partes donde queden luces grandes es necesaria la utilización de una ménsula diseñada en madera laminada, la cual ayuda a sostener las cargas verticales y no permite la flexión en la viga, esta también puede tener un diseño decorativo de acuerdo al proyecto

arquitectónico, se establece que las ménsulas para que cumplan su función deben estar en forma de L, la cual debe ir anclada a viga y pilar.

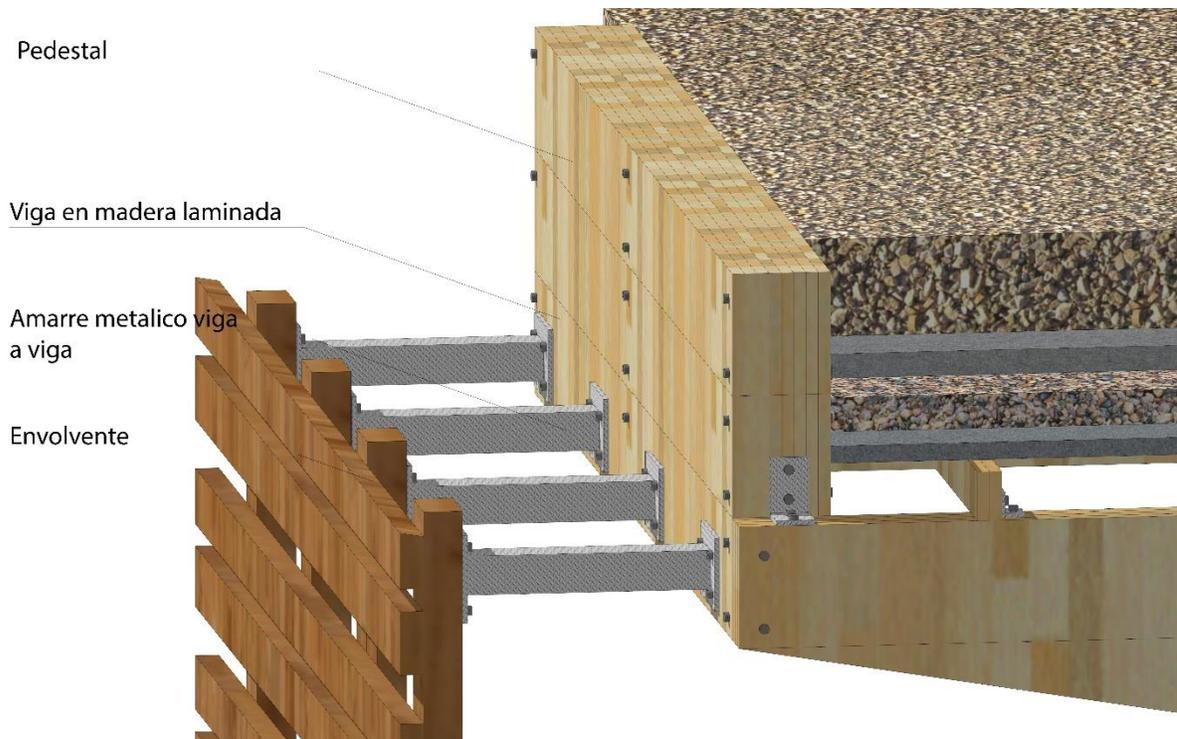
Figura 38

Implementación de ménsula en vigas



Nota: La ménsula también debe tener los primeros anclajes cada 10 cm y de ahí parte cada metro, su estructura también es formada por 4 láminas de madera laminada. Fuente propia.

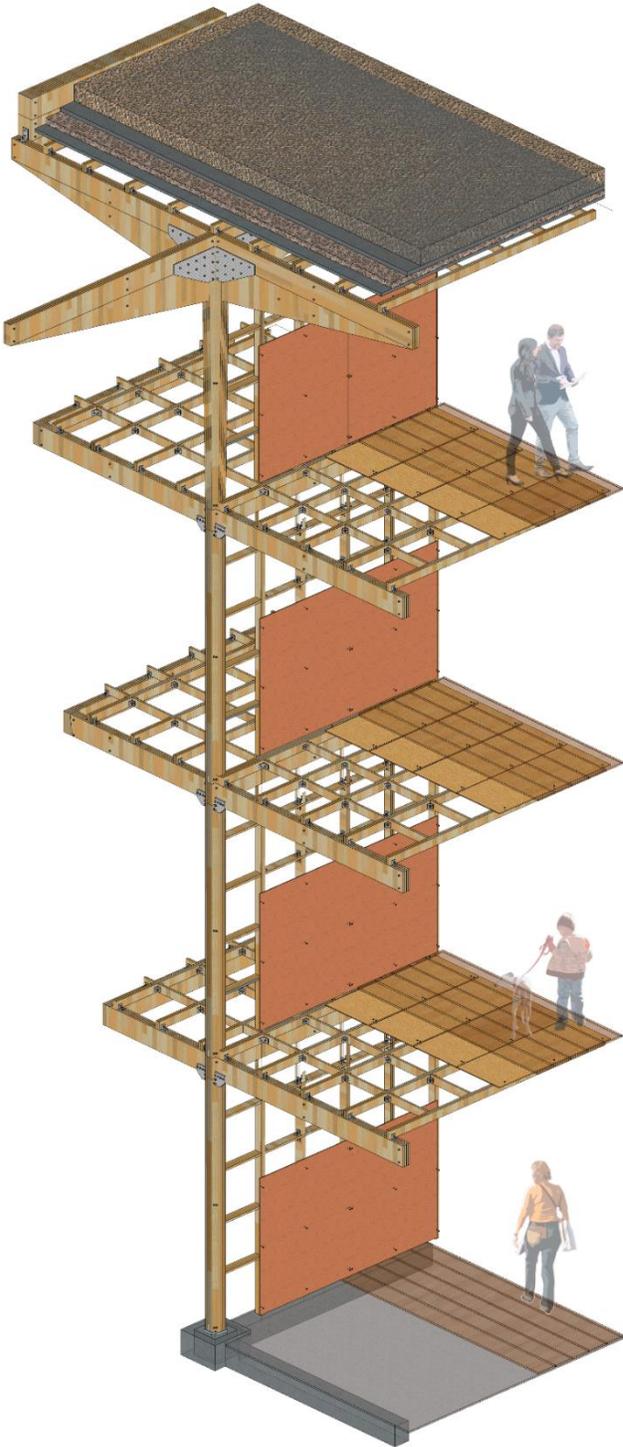
La envolvente a utilizar es planteada en madera, pero de acuerdo al diseño constructivo se puede utilizar el material a escoger, esta debe tener una dilatación de 80 cm mínimo 60, para poder realizar mantenimiento a la envolvente y ventanas de la edificación, para esto se utilizan herrajes metálicos que parte de la envolvente a un anclaje como viga o pilar que se pueda anclar a esta. La importancia de una envolvente es la protección de sol hacia el interior, una envolvente puede llegar a cubrir gran parte de la superficie donde se va a utilizar, esto también depende de la zonificación y los lugares más importantes de iluminación o no.

Figura 39*Amarre de envolvente a viga en madera laminada*

Nota: El amarre metálico es utilizado para viga a viga, pero este también es utilizado para envolventes y poder soportar sus cargas dependiendo del material. Fuente propia.

Toda lo mostrado es para la conformación de una estructura a porticada en madera laminada, con cimentación en hormigón armado a un espacio arquitectónico máximo de 4 pisos, ya se están haciendo edificios de más altura en madera laminada, pero con ayuda de vigas metálicas, este sistema también es de carácter mixto, ya que por su rigidez se necesita el hormigón armado o también el acero, por el motivo de que el material solo netamente no cumple la sismo resistencia.

Figura 40*Estructura completa madera laminada*



Fuente propia

Aspectos Metodológicos

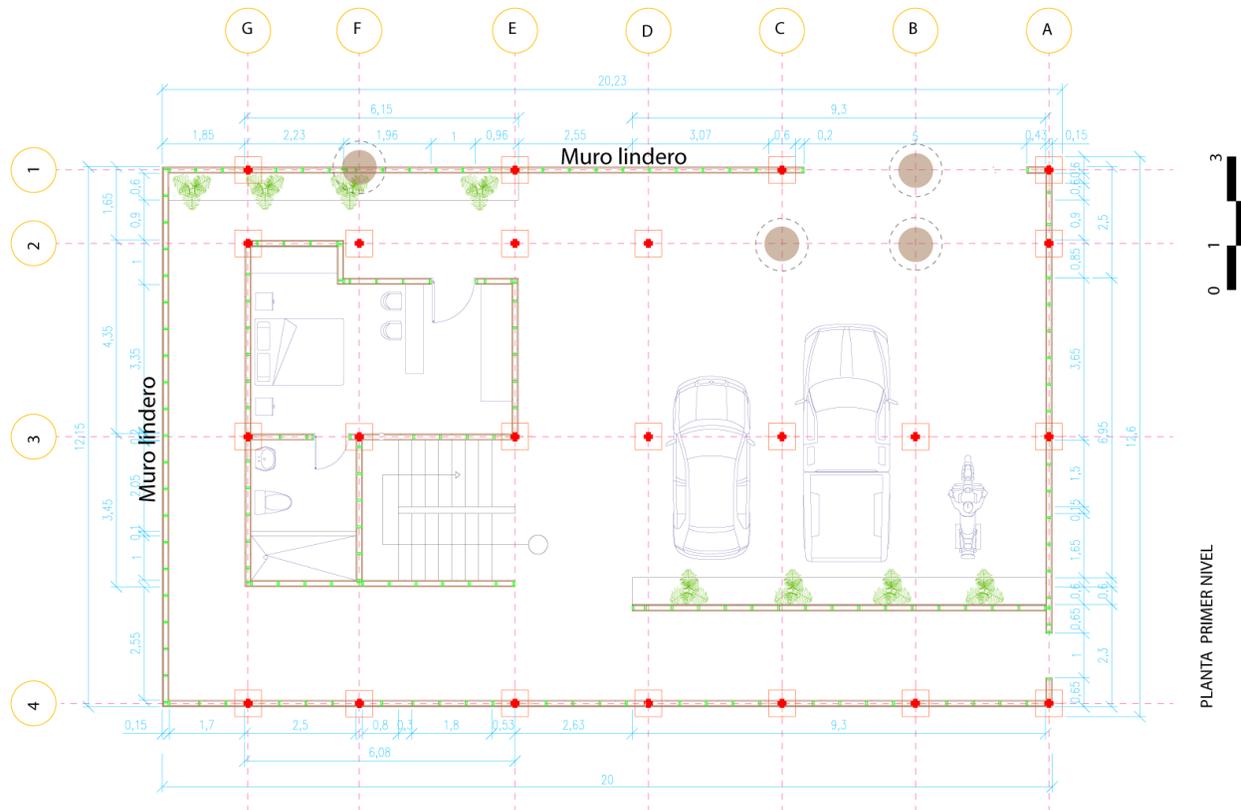
La metodología de este documento es comparativa, por tal motivo se establecieron diferencias ambientales y técnicas en madera, concreto y acero, sabemos que sus composiciones y su forma de construcción son diferentes. Este método de construcción es eficaz y más sostenible con la emisión de gases que se producen en una construcción, la ejecución en obra o la mano de obra puede ser de la misma economía que la metálica según datos de Madera, la principal función es ayudar en la contaminación para un mejor futuro y poder actuar con los ODS (Objetivos de desarrollo sostenible).

Análisis y Discusión de Resultados

Para obtener una clara representación de la estructura se diseñó una quinta de 4 pisos, en donde se hace la presentación de la estructura; como la implementación de este proyecto se realizó en la Región Orinoquia y se solucionaron temas de diseños estructurales dentro de los planos, los cuales serán explicados. Los primeros problemas que se evidencian son en el ingreso de vehículos, estamos en una zona donde se utiliza mucho la camioneta, lo cual necesita parqueaderos amplios, en algunas zonas se utilizan luces de 6, pero dependiendo del diseño es importante acotar luces por tema de cargas.

Figura 41

Implementación de estructura nivel 1 diseño arquitectónico

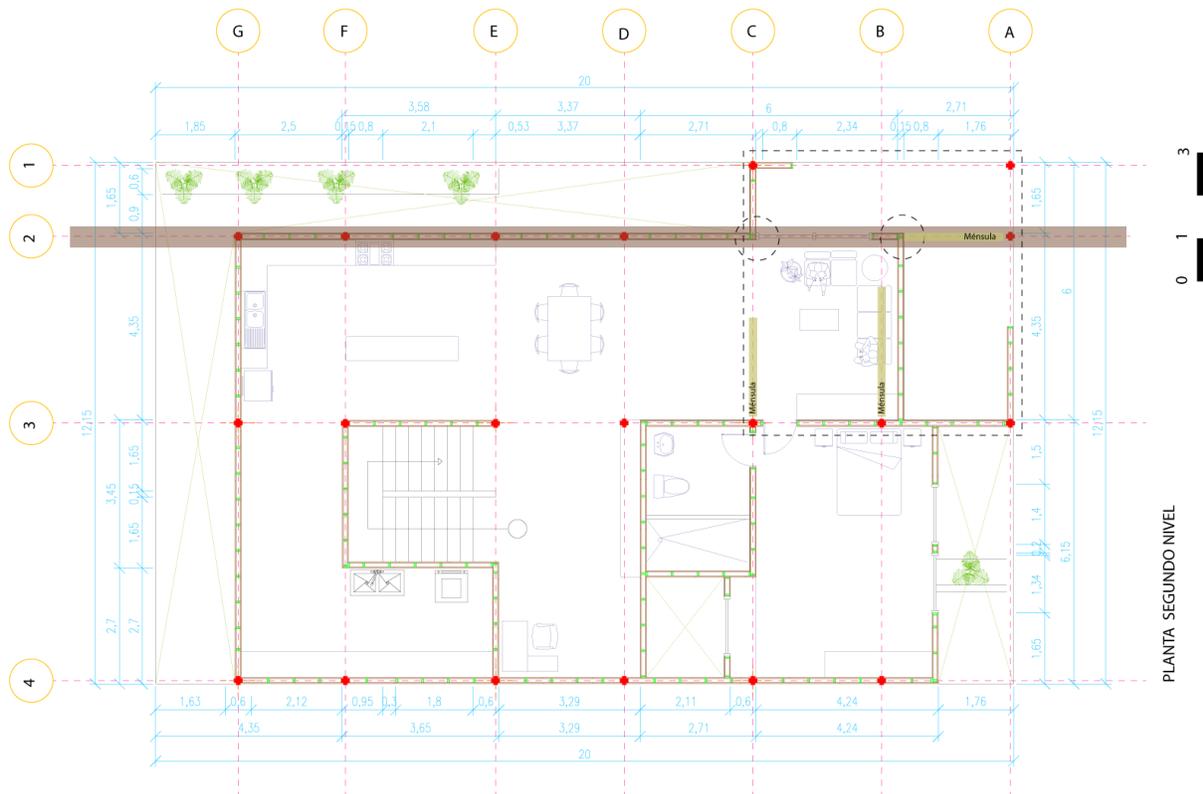


Nota: al ser los muros también portantes, estos pueden reemplazar algunos pilares dependiendo de si hay más cargas verticales, en el caso de la quinta mostrada contiene muros linderos que solo serán hacia un primer nivel, para estos no es necesario mucha la intervención de pilares. Pero si e una estructura dentro de estos muros. Fuente propia.

La quinta consta de 4 pisos con terraza, sus luces mayores no pasan de 6 metros; en el segundo piso continúan algunas de los pilares de acuerdo al diseño arquitectónico, pero en la parte del acceso, unos de los pilares deben llevar ménsula para poder soportar una carga horizontal que lleva a un voladizo como balcón en el segundo nivel.

Figura 42

Implementación de estructura nivel 2 diseño arquitectónico

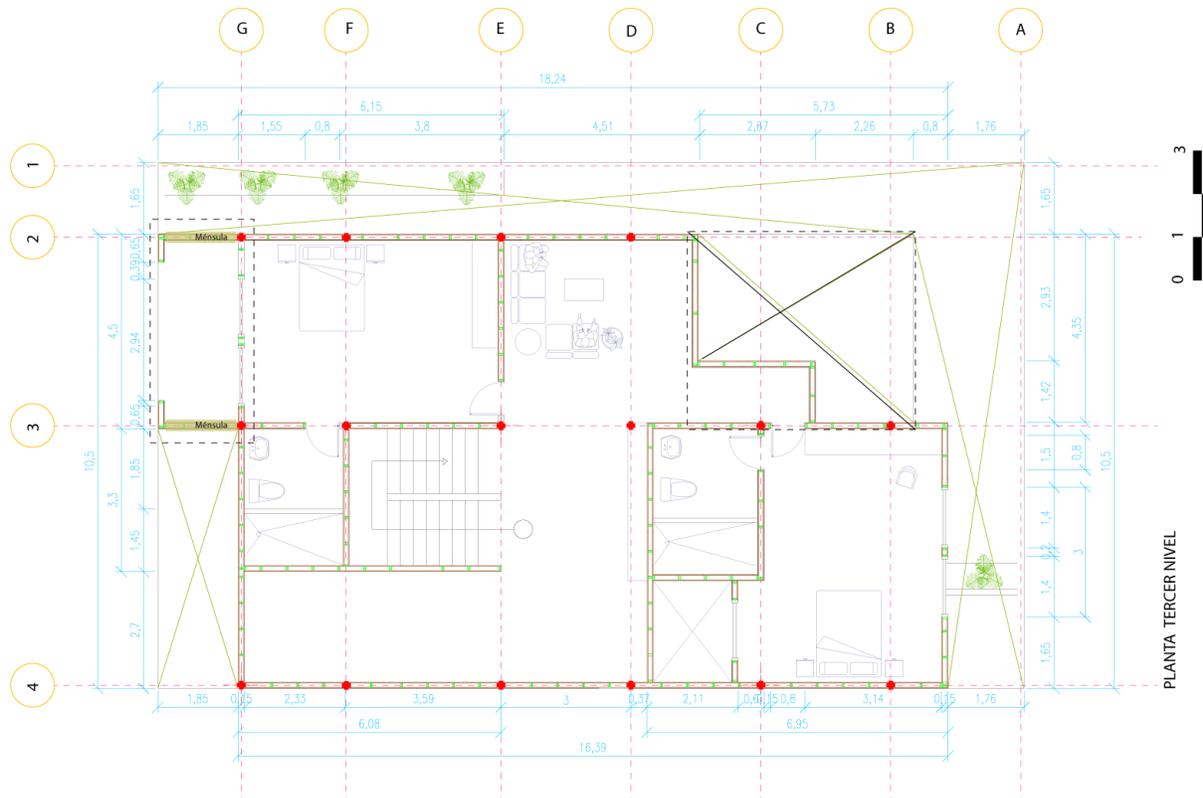


Nota: el eje 2 es propuesto para ayudar a soportar la elevación de la casa y poder ajustar el voladizo que tiene este diseño.
Fuente propia.

En el tercer nivel el diseño ya establece cargas normales hacia la fachada frontal, por motivo de diseño de un vacío, pero hacia la fachada posterior es necesario utilizar dos ménsulas para soportar otro balcón, la idea de estos balcones es poder ventilar y tener diferentes ángulos de vista y percepción de donde se implante el diseño arquitectónico.

Figura 43

Implementación de estructura nivel 3 diseño arquitectónico

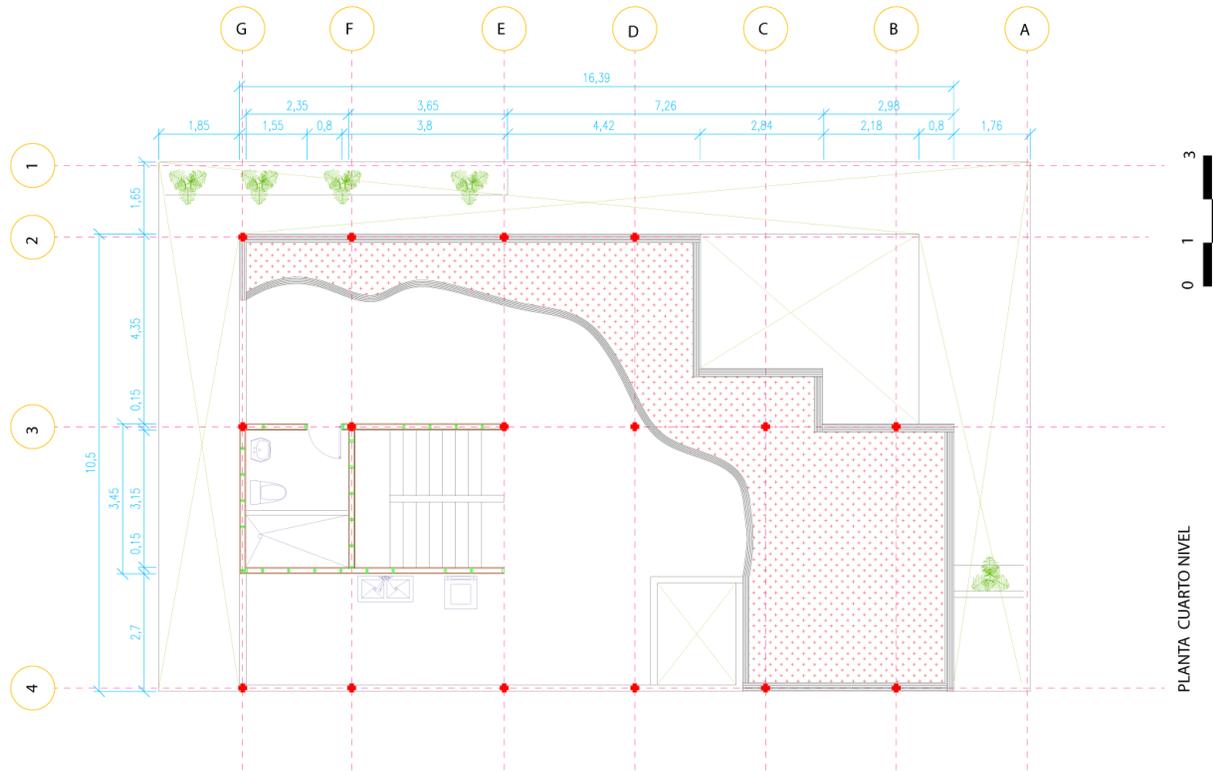


Nota: Se muestra la composición de pilares que se requiere para el diseño y los cambios planteados en la distribución para equilibrar las cargas verticales y horizontales. Fuente propia.

Por último, en el diseño se establece una terraza que cuenta con un espacio verde, donde se utilizarán pedestales para su mantenimiento y cuidado. Esto ayuda a beneficios ecológicos y sociales ya que reduce temperatura ambiente y purifica aire.

Figura 44

Implementación de estructura nivel 4 diseño arquitectónico



Fuente propia

Conclusiones y Recomendaciones

Se puede concluir que las diferentes estructuras como lo son el acero y el concreto producen grandes cantidades de (CO₂), Dióxido de carbono, a comparación de la madera que solo produce el 0.1%.

Además, en temas de efectividad y reducción de tiempos la realización de la estructura en madera brinda rigidez y soporte, siendo eficiente el uso de la madera laminada, sostenible con el planeta. Su instalación es más rápida y deja menos residuos de material.

El uso de la madera como estructura, resulta asequible para la mayoría de las poblaciones, gracias a que es un material que se encuentra fácilmente en los territorios. El uso adecuado de las láminas para la elaboración de la estructura se debe realizar mediante la unión de estas a la medida necesaria y diseño correspondiente para la construcción.

Con el mismo principio de la unión de las láminas, se da forma a los pilares y vigas los cuales se complementan con el entramado de piso y el entramado de muro, esto para que se articulen y le den mayor resistencia a la estructura (flexión y tensión).

En base a la forma de la palma Moriche (representativa de la región Orinoco) y su aplicación en diferentes contracciones, da facilidad de organización de los espacios, pues permite comprender luces de 6mts, dan como resultado espacios amplios que generan más confort, las láminas se adaptan a cualquier tipo de clima y temperatura, por ser un material que absorbe y contiene el calor, mantiene los espacios con temperaturas del ambiente entre los 22° a 25° grados centígrados en su interior, siendo aplicable para cualquier tipo de construcción, ya sea viviendas o equipamientos.

Lista de Referencia o Bibliografía

- Architectura Digest (2021, mayo). SOSTENIBILIDAD y FUTURO: Hablamos con el rey de los rascacielos de madera. <https://www.revistaad.es/arquitectura/articulos/sostenibilidad-y-futuro-hablamos-rey-rascacielos-madera/29722>
- Arkiplus. (2018, 8 de abril). Historia de la madera. <https://www.arkiplus.com/historia-de-la-madera>
- Carigliano, S. (2019, February 13). Acero vs Madera vs Concreto. <https://skyciv.com/es/technical/steel-vs-timber-vs-concrete/>
- Confemadera. (2011, Julio, 27). *Madera Laminada (I parte) [Video]*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=yIJRN7x8_cY
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). *Boletín técnico de pobreza multidimensional Región Orinoquía -Amazonía Departamento de énfasis: Vichada*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2019/Boletin_Region_bt_pobreza_multidimensional_19_amazonia-orinoquia.pdf
- House Habitat. (2019, marzo). *La madera, material para la eficiencia energética en la construcción*. <https://www.househabitat.es/la-madera-material-para-la-eficiencia-energetica-en-la-construccion//>
- Informe Construcción (2019, noviembre). Construcción en altura: El auge de los edificios y rascacielos de madera. <https://www.informeconstruccion.com/nota/actualidad/6332/construccion-altura-auge-edificios-rascacielos-madera.html>
- Interempresas (2023, marzo) Madera laminada encolada MLE. [https://www.interempresas.net/pavimentos-revestimientos/Articulos/106945-Madera-laminada-encolada-\(MLE\).html](https://www.interempresas.net/pavimentos-revestimientos/Articulos/106945-Madera-laminada-encolada-(MLE).html)

Maderame. (2017, enero). Construcción en Madera: Técnicas, Ventajas y Desventajas.

<https://maderame.com/construcciones-madera/>

Maderea. (2017, marzo). Diferencias entre estructuras de madera, acero y hormigón.

<https://www.maderea.es/diferencias-entre-estructuras-de-madera-acero-y-hormigon/>

Manoli. (2020, enero 22). *ESPECIES DE PINO*. Impregna. <https://impregna.es/especies-de-pino-pinus/>

Marinero, I. (2023, marzo 15). *Las estructuras de madera que revolucionarán la construcción: edificios de cinco plantas en 10 días*. El Español.

https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20230315/estructuras-madera-revolucionaran-construccion-edificios-plantas-dias/748175479_0.html

Materials. (2015, Junio). *La madera laminada y su aplicación en la arquitectura*. ArchDaily Colombia.

<https://www.archdaily.co/co/767512/materiales-madera-laminada-y-su-aplicacion-en-la-arquitectura>

Michael Weinig A.G. (2023, agosto) Equipos para madera corta. <https://www.weinig.com/es/madera-maciza/equipos-de-ensamble-tipo-finger-joint/equipos-para-madera-corta.html>

Ministerio de ambiente y ONF, (2015). Uso y legalidad de la madera en Colombia Análisis parcial.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Uso-y-Legalidad-de-la-Madera.pdf>

Poblete, P. (2013). MADERA LAMINADA ENCOLADA. *Docplayer*, (1), 322–333.

<https://docplayer.es/20669366-Madera-laminada-encolada.html>

Prüssmann J., Rincón S. A., Tavera H. A., Suárez C. F. 2020. Estructura ecológica principal de la Orinoquia colombiana - Actualización metodológica mapa Sulu. 88 p., Cali (Colombia).

https://globallandusechange.org/wp-content/uploads/2021/04/sulu_b23_s_c5_baja_.pdf

Segui, P. (2018, enero 16). *La madera en arquitectura, estructuras y construcción. Más de 50 manuales.*

OVACEN. <https://ovacen.com/la-madera-en-arquitectura/>

SINIC (2023). *Colombia Cultural – Artesanías.* ARAUCA.

<https://www.sinic.gov.co/SINIC/ColombiaCultural/ColCulturalBusca.aspx?AREID=3&SECID=8&IdDep=81&COLTEM=217>

STTC. (2015) *En madera: otra forma de construir, el material constructivo sostenible del siglo XXI.*

Gonzalo Anguita, Lorena Guerra, Jorge Galván, Dolores Huerta y César-Javier Palacios.

<https://www.aeim.org/documentos/Enmaderaotraformadeconstruir.pdf>

Velasquez, M. Giraldo, D. Cardona, N. (2023). *Reciclaje de residuos de cuero: una revisión de estudios experimentales. Informador Técnico.* (1), 183- 192 [10.23850/22565035.163](https://doi.org/10.23850/22565035.163)

Vince estudio. (2017, 6 de julio). *Ventajas de la construcción en madera, Casas de madera.*

<https://vincestudiocr.com/blog/ventajas-de-la-construccion-en-madera/>