

**Análisis comparativo del potencial de la madera
aserrada y la madera laminada en torno al impacto
medioambiental de la construcción.**

Quito, 2022

Joseph Carrera Páez

Joseph Estalin Carrera Paez (2023).
Análisis Comparativo del potencial de la mader
a aserrada y la madera laminada en torno al
impacto medioambiental de la construcción

Universidad Indoamérica - Quito



**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA**

ANALISIS COMPARATIVO DEL POTENCIAL DE LA MADERA ASERRADA Y LA MADERA LAMINADA EN TORNO AL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA CONSTRUCCION. QUITO, 2022.

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autor(a)

Carrera Páez Joseph Estalin

Tutor(a)

Arq. Raúl Marcelo Villacis Ormaza M.Arch.

QUITO - ECUADOR
2023

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN

Yo, CARRERA PAEZ JOSEPH ESTALIN, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “ANALISIS COMPARATIVO DEL IMPACTO POTENCIAL DE LA MADERA ASERRADA Y LA MADERA LAMINADA EN TORNO AL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA CONSTRUCCION. QUITO, 2022.”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorico al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios especificos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 2 días del mes de Marzo de 2023, firmo conforme:



.....
CARRERA PAEZ JOSEPH ESTALIN

C.I. 1724070055

Dirección: Antonio Nuñez Oe2-40 y Diego de Vasquez

Correo: jecp.carrera@gmail.com

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 2 de Marzo de 2023



.....
CARRERA PAEZ JOSEPH ESTALIN
C.I. 1724070055

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “EDIFICIO DE USO RESIDENCIAL APLICANDO ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, LUMBISÍ, QUITO, 2021” presentado por RODRIGUEZ SILVA ANGEL FABIAN para optar por el título de Arquitecto., CERTIFICO Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 2 de Marzo de 2023

.....
Raúl Marcelo Villacis Ormaza
C.I. 1312200106

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: EANALISIS COMPARATIVO DEL IMPACTO POTENCIAL DE LA MADERA ASERRADA Y LA MADERA LAMINADA EN TORNO AL IMPACTO MEGDIOAMBIENTAL DE LA CONSTRUCCION. QUITO, 2022, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 2 de Marzo de 2023

.....
ARQ. JOSÉ RAMÓN LEIVA GUZMÁN
C.I. 1756756902

.....
ING. JORGE PONCE TAMAYO
C.I. 1757008436

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente a mi papi que me apoyó y me contuvo en los momentos malos y en los menos malos; También a mi ñaño Anthony y mi abuelita Morita quienes me tuvieron paciencia y me brindaron todo su apoyo incondicional para lograr esta meta tan importante para mi. De igual manera a mi novia Diana por saberme decir las palabras correcta en mis malos momentos para continuar con este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Per aspera ad astra, sin esfuerzo no hay triunfo. Doy gracias a Dios por darme la vida y ponerme todas las pruebas porque me convirtieron en lo que soy; Agradezco a mi ñaño Anthony y mi abuelita Morita que me dieron su apoyo para realizar mis trabajos mis proyectos y a su vez su cariño y entendimiento durante toda mi carrera universitaria; Agradezco a mi familia por brindarme su ayuda cuando la necesite y esas palabras que me hacian salir adelante; A mi novia Diana que me dio impulso para terminar esta tesis que me dio su apoyo incondicional y su paciencia para entenderme y ayudarme a salir adelante, pero sobre todo a mi papi por sus enseñanzas, cariño, palabras sabias y sobre todo paciencia porque sin el no estuviera culminando esta etapa de mi vida;

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se enfocó en la comparación de materiales de bajo impacto ambiental como la madera laminada y madera aserrada, debido a que, en la actualidad en nuestro país existen problemas de un alto consumo energético en la construcción, por lo tanto, se realiza esta investigación para demostrar que existen materiales constructivos que son de menor impacto ambiental mediante un análisis comparativo basándose en cinco variables como: huella ambiental, huella hídrica, eficiencia estructural, costos y confort; las cuales nos darán como resultado cuál de los materiales es el más eficiente y de menor impacto ambiental.

Dentro de la estructura de esta investigación se encuentran diversas fases que ayudará a entender de mejor manera como se puede utilizar materiales como la madera laminada y la madera aserrada para la construcción indicando las ventajas de cada uno y su impacto ambiental mediante las variables como la huella ambiental que nos permitirá conocer el consumo de CO2 que contiene el material, la huella hídrica que indica cual es el consumo de agua que se requiere para la concepción de la madera, saber la eficiencia como estructura en la construcción, el valor total de una construcción con la madera laminada y madera aserrada y la aceptación del material como construcción para los consumidores y las constructoras, los cuales nos permitirá recaudar datos que serán comparados mediante tablas, gráficos y diagramas para demostrar en cada una de las variables cual genera menor impacto ambiental y mayor eficiencia.

DESCRIPTORES: Impacto ambiental, análisis comparativo, madera aserrada, madera laminada

1. ABSTRACT

The present research work focused on the comparison of materials with low environmental impact such as laminated wood and sawn wood, because currently in our country there are problems of high energy consumption in construction, therefore, this research is carried out to demonstrate that there are construction materials that have a lower environmental impact through a comparative analysis based on five variables such as environmental footprint, water footprint, structural efficiency, costs, and comfort; which will give us as a result which of the materials is the most efficient and with the least environmental impact.

Within the structure of this research, various phases will help to understand better how materials such as laminated wood and sawn wood can be used for construction, indicating the advantages of each one of them and their environmental impact through variables such as environmental footprint that will allow us to know the CO2 consumption that the material contains, the water footprint that indicates what is the water consumption that is required for the conception of the wood, to know the efficiency as structure in the construction, the total value of construction with laminated wood and sawn wood and the acceptance of the construction material for consumers and construction companies, which will allow us to collect data that will be compared through tables, graphs, and diagrams to demonstrate in each of the variables which one generates less environmental impact and greater efficiency.

KEYWORDS: environmental impact, comparative analysis, swan wood, laminated wood

ÍNDICE CONTENIDOS

ETAPA 1 • Conocimiento Previo

2. Introducción al problema de estudio.....	15
2.1 Objetivos.....	17
-Objetivo general.....	17
-Objetivos específicos.....	17
3. Fundamentación teórica.....	18
3.1 Estado del Arte	
-Impacto ambiental en la construcción con la utilización de madera laminada y madera aserrada.....	18
-Prototipo.....	19
3.2 Marco Conceptual	
-Huella de Carbono.....	20
-Huella Hídrica.....	21
-Estructura.....	22
-Costos.....	28

ETAPA 2 • Aplicación Metodológica

4. Materiales y Métodos.....	34
-Fases de la metodología.....	36
-Variable de Huella de Carbono.....	37
-Variable de Huella Hídrica.....	40
-Variable de Estructura.....	41

ÍNDICE CONTENIDOS

-Variable de Costos.....	42
--------------------------	----

ETAPA 3 • Difusion de Resultados

5. Resultados

- Sintesis huella de carbono y huella hídrica de madera lamiada y madera aserrada.....	46
-Sintesis huella de carbono y huella hídrica - Resumen	48
-Síntesis aceptacion de materiales y costos	50

6. Relexiones Finales	52
-----------------------------	----

7. Recomendaciones	53
--------------------------	----

8. Referencias Bibliográficas.....	54
------------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Tipos de madera	21
TABLA 2. Densidad de materiales	22
TABLA 3. Características de materiales	27
TABLA 4. Cálculo de CO2 madera laminada	39
TABLA 5. Cálculo de CO2 madera aserrada	39
TABLA 6. Huella hídrica madera aserrada	40
TABLA 7. Huella hídrica madera laminada	40
TABLA 8. Presupuesto prototipo madera aserrada.....	41
TABLA 9. Presupuesto prototipo madera laminada.....	41
TABLA 10. Cualidades según importancia de la madera como material de construcción.....	42
TABLA 11. Aceptación de la madera como material de construcción.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ciclo de vida de la madera	18
Fig. 2. Dimensiones mínimas y maximas MIDUVI	19
Fig. 3. Dimensiones mínimas y maximas MIDUVI	20
Fig. 4. Precipitación	22
Fig. 5. Detalle constructivo CLT	23
Fig. 6. Comparación de la huella de carbono incorporada, materiales estandar	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 7. Comparación de la huella de carbono incorporada, opciones de materiales sostenibles	28
Fig. 8. Cargas en pilares estructurales	28
Fig. 9. Cargas en pilares estructurales	29
Fig.10. Dimensiones de pilares	29
Fig. 11. Fases de la metodología	35
Fig. 12. Simulador EC3	37
Fig. 13. Simulador EC3	37
Fig. 14. Simulador EC3	38
Fig. 15. Simulador EC3	38
Fig. 16. Captura Co2 Madera	39
Fig. 17. Huella hídrica Madera	40
Fig. 18. Costos Madera	41
Fig. 19. Síntesis huella de carbono y huella hídrica de madera lamiada y madera aserrada.....	46
Fig. 20. Síntesis huella de carbono y huella hídrica - Resumen	48
Fig. 21. Síntesis aceptación de materiales y costos	50

ETAPA 1
CONOCIMIENTO PREVIO



2. Introducción al problema de estudio

DEGRADACION DE LA MADERA COMO MATERIAL DE LA CONSTRUCCIÓN PARA MEJORAR EL IMPACTO AMBIENTAL

El aumento de la población y el desarrollo industrial ha llevado a un efecto ambiental y una explotación de recursos naturales para sustentar la necesidad de la sociedad, generando daños a los ecosistemas y medio ambiente, si bien la selección de materiales sostenibles trata de bajar los altos índices de emisiones de CO₂ (Yaselga, 2021). No obstante, nos menciona el Parlamento Europeo (2010) los inmuebles son causantes de alrededor de 40% del consumo de energía y 36% de las emisiones de gases de impacto invernadero en relación con la energía.

Por consiguiente, los inmuebles son el más grande consumidor de energía. La calefacción, la refrigeración y el agua caliente sanitaria suponen el 80% de la energía que consumen los habitantes. Sin embargo, se tiene una gran concentración de individuos cada vez es más en áreas subjetivamente limitadas, con lo que se está generando impactos sociales y del medio ambiente a grado local, regional y global, puesto que las localidades no se han reducido referente a la disponibilidad de recursos naturales (Pulla, 2019).

Los efectos ambientales que deja la construcción a lo largo de los periodos de ciclo de vida se parten desde el diseño la demolición, pasando por la localización, creación, uso y renovación. Las elecciones de materiales de construcción se toman durante estas fases ya que están

afectando, además el costo comercial, la salud y productividad de los trabajadores, así como puntos sociales y calidad de vida (Rocha y Jiménez, 2016).

La demanda de materiales de construcción crea la necesidad de sustraer y procesar monumentales porciones de materia prima, llevar a cabo nuevos materiales y el procedimiento de una alta proporción de residuos derivados de la obra, demolición, remodelación o cualquier actividad relacionada a la obra, incluyendo los gastos de la energía integrada, generalmente en las construcciones se utiliza grandes cantidades de hormigón, siendo sometido a una intensa presión medioambiental ya que libera entre un 7-10% a las emisiones de CO₂ que se generan en el planeta. (Ramos, 2018)

Esto se debería básicamente a la descomposición de los carbonatos y en menor medida al combustible primordial para formar el Clinker (Iborra, 2011). Se debe tener en cuenta que existen varios factores que influyen en el aumento descontrolado del dióxido de carbono y por ende este tiende a cambiar el clima mundial puesto que la reforestación y quema de fósiles suman a grandes cantidades de dióxido de carbono en su gran mayoría se albergan en la atmosfera causando el famoso gas invernadero Impacto climático en Ecuador.

Como menciona A. Castillo, (2018) las naciones en vías de desarrollo como Ecuador se hallan en su mayoría amenazados a los impactos del calentamiento global, por no estar en capacidad de contestar a los peligros cli-

máticos. Predicciones de los impactos del calentamiento global en la zona del pacífico ecuatorial sostienen que la precipitación anual en la zona se aumentará al menos en un 20%. Mientras que, en el DMQ en los últimos 10 años, el cambio en el clima se ha evidenciado con el crecimiento de la temperatura y la magnitud de las precipitaciones.

Diversos estudios determinan el crecimiento de la temperatura para el año 2050 en 2,5°C. Si toda la raza humana tuviera el estilo de vida de un quiteño promedio se necesitaría exactamente de un mundo para saciar cada una de las necesidades de bienes y servicios. Aún se tiene la posibilidad de y se debe conservar este equilibrio. No obstante, la Huella Ecológica promedio de Quito es un 9% más alta que todas las ciudades del Ecuador y en estudio de sectores como el de transporte el efecto promedio de un quiteño y quiteña es 34% más alta que la de un ecuatoriano y ecuatoriana promedio (Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito s/f).

La ciudad de Quito tiene una altura de 2.850 metros y su ubicación en un valle cercano al ecuador, Quito mantiene un clima primaveral todo el año. De junio a septiembre, las temperaturas son en general más cálidas, especialmente por la tarde, mientras que el resto del año es generalmente más suave. La zona Urbana de Quito se encuentra dividida en 3 sectores que son centro, sur y norte, la zona sur presenta las temperaturas más bajas de la ciudad, mientras que la zona céntrica las más calientes y la zona norte de la ciudad con clima templado. (JARAMILLO, 2015).

“El modelo productivo dominante, que caracteriza a la producción de la arquitectura, puedes sintetizarse en la secuencia lineal extracción, fabricación, uso y residuo” (Wadel, Avellana y Cuchí, 2010, p.38). Los recursos na-

turales están siendo agotados a un ritmo mayor que su regeneración, debido a la acelerada explotación y generación de residuos para la utilización en la construcción. Los materiales utilizados mayormente en los proyectos y diseños arquitectónicos que provienen de las industrias, cuentan con una gran cantidad de energía debido a su proceso de construcción el cual abarca materiales que son extraídos de la naturaleza de una manera destructiva que a su vez deja residuos tóxicos que contaminan al medio ambiente. (Contreras, 2015)

Debido a esto, la madera cuenta con propiedades potenciales para las construcciones sin generar un residuo mayor al de los materiales convencionales, es por esto que la madera aserrada cuenta con una manipulación mínima para concebirla y ser utilizada para la construcción. Para la utilización de este material su longitud es limitada debido al poco tratado industrial que requiere generando piezas de 3 a 6m con un espesor de 350 a 200mm esto impidiendo que existe una construcción de grandes luces y al ser un material sin manipulación se convierte en una construcción pesada. (Gonzales, 2015)



Justificación

La finalidad de este estudio es comprender como actúa la madera como material para la construcción. Este presente estudio es un tipo investigación debido a que pretende impulsar el cambio ambiental en cuanto al uso de un material tan sostenible que permitirá tener un mejor impacto desde su concepción hasta su utilización dentro de la construcción . Actualmente se ha incrementado la importancia de cuidar el medio ambiente, puesto que la eficiencia energética tiene un papel importante dentro de la sostenibilidad, con el fin de desacelerar el deterioro ambiental se busca alternativas que ayuden a tener una reutilización de materiales que se generan por la construcción, la existencia de nuevas tecnologías que han ayudado para la creación de nuevos recursos para la construcción respondiendo a las demandas sociales, puesto que la construcción no ha parado a lo largo de la historia.

Por medio de este análisis se podrá comprender que materiales podrían ser aplicados a la construcción, con la posibilidad de generar un bajo impacto ambiental, aportando un valor a los materiales reciclados para su reutilización, la selección de un material sostenible requiere tomar decisiones que cubran la necesidad de proteger el medio ambiente, si bien se tratará de ser aplicados dentro de la construcción como al momento de crear el material. En esta investigación se enfoca a la madera laminada como material potencial dentro de la construcción

gracias a sus propiedades y a la disponibilidad existente en el país para la producción y construcción dentro de Quito.



Objetivos

Objetivo general

- Analizar y comparar el desempeño, la eficiencia y el impacto ambiental que tiene la madera laminada y la madera aserrada en la construcción.

Objetivos específicos:

- Definir cinco variables para comparar la madera aserrada con la madera laminada en la construcción.
- Simular los datos y resultados a travez de softwares y formulas.
- Comparar los resultados obtenidos a travez de graficos, tablas y figuras.

3. Fundamentación Teórica

3.1 Estado del Arte / Estado de la Cuestión

IMPACTO AMBIENTAL EN LA CONSTRUCCION CON LA UTILIZACION DE MADERA LAMINADA Y MADERA ASE-RRADA

La construcción ha conseguido incorporar diversos conocimientos y valores a la disminución de los impactos del medio ambiente. Como en la construcción sostenible, que busca por medio de la adhesión de sistemas de administración, metodologías de diseño o la unión de dispositivos una mejor administración de los residuos, teniendo en cuenta como se podría potencializar los materiales de aislamiento térmico en la reducción de la demanda energética de los inmuebles esto resulta clave para consumir con las exigencias normativas en temas de eficiencia energética. (Arellano, 2020)

Su espesor y características térmicas condicionan la resistencia térmica de la envolvente de la edificación. (Braulio-Gonzalo et al., 2018). Es importante conservar la temperatura interior puesto que, esto ayudara a tener un menor consumo energético Arrellano et al. (2015) enfatizan en que la eficiencia energética recomienda un nuevo paradigma, el de conservar el bienestar de vida, con la menor proporción de energía.

Lo que es razonable a partir de la perspectiva de la conservación de la energía, sugiriendo sistemas que hagan

uso efectivo de la misma tomando como punto primordial el ahorro, esto se convirtió en un objetivo estratégico internacionalmente, que conducirá a defender el medio ambiente y mantener los recursos naturales.

Existen criterios que los profesionales deben tener en cuenta desde el inicio en sus edificaciones para lograr que estas sean de bajo impacto, siempre y cuando ah estos se les apliquen los siguientes puntos importantes como la reutilización de materiales, el contenido de materiales que se pueden reciclar, la renovación que se puede dar, eficiencia energética, etc.



Fig1: Ciclo de vida de los materiales
Fuente: Ramos, (2018)

Esto ayudara al medio ambiente a bajar la acumulación de dióxido de carbono (CO2) que se deja en el planeta, el ciclo de vida que se le dé a los materiales posteriormente a su utilización, Ramos García, (2018) menciona que el tratamiento final de los materiales debidamente tratados debe incorporarse al diseño del edificio. Residuos que deben clasificarse, tratarse y eliminarse finalmente en el sitio y son materiales que no pueden reciclarse ni reutilizarse.

Es de suma importancia conocer que en la actualidad se ha empezado a utilizar materiales de bajo impacto para generar edificaciones con varias alturas permitiendo aprender su funcionamiento y sobre todo el bajo impacto ambiental que este tipo de edificaciones generan.

PROTOTIPO

La actividad sísmica de la ubicación donde se encuentra Ecuador es elevada, por esto la construcción de viviendas antisísmicas es importante y se establecen unos requisitos mínimos para el diseño y construcción de dichas viviendas esto para la protección de vidas y bienes de las personas.

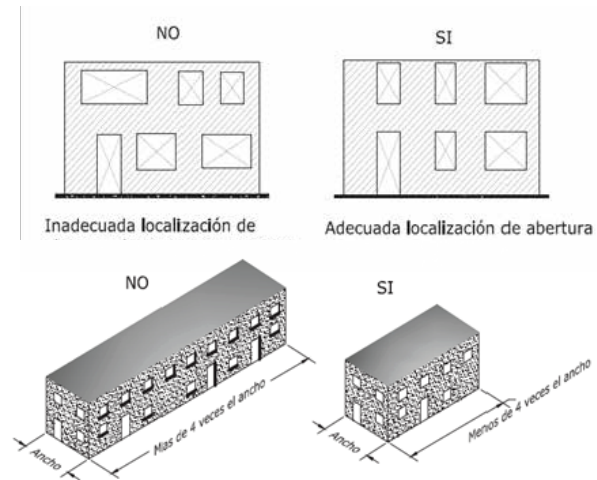
Las viviendas estarán diseñadas de tal manera que cumpla la selección de un sistema sismo resistente que constaría con un pórtico de hormigón armado a momentos, muros portantes, un pórtico de acero; el diseño de dichas viviendas cuenta con los estudios de un arquitecto, un ingeniero y geotecnia para poder garantizar el comportamiento adecuado de la edificación ante los sismos o fenómenos naturales que se puedan dar.

Los pórticos resistentes a momentos y muros portantes deben dar una resistencia a la vivienda ante los fenómenos naturales que pueden llegar a darse, en los muros portantes es importante la rigidez de cada uno de ellos, estos para que la vivienda pueda resistir; en las viviendas

de más de dos pisos deberán existir muros de portantes que trabajen en equipo con los pórticos y muros en la fuerza lateral, un sistema de cimentación que sea la función estructural de cada pórtico y muro portante, este debe tener una rigidez apropiada y asegurar que todo lo antes mencionado tengan una forma efectiva desde la cubierta hasta la cimentación.

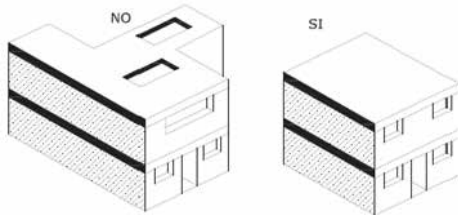
Los sismos tienen una fuerza inercial que a mayor masa mayor sería la fuerza generada, por lo tanto, se debe evitar el peso en las cubiertas de la vivienda y así no tener derrumbes o caídas de muros; la limpieza del suelo donde irán las viviendas es importante ya que si existe humedad deberá drenarse o algún material orgánico debe limpiarse para un adecuado uso del suelo y realizar los estudios correspondientes para cada suelo.

Los requisitos mínimos para la cimentación de muros portantes deben existir en cada eje de muro y también deberían estar en aberturas como puertas y ventanas, la forma del piso de cimentación de las viviendas debe ser de una forma rectangular y simétrica.



F2: Dimensiones mínimas y máximas
Fuente: MIDUVI, 2015

El piso de planta debe ser rectangular y lo más simétrico posible, de mayor preferencia de figura rectangular, siempre y cuando la relación largo ancho no supere el valor de 4 y que ninguna dimensión exceda de 30m.



F3: Dimensiones mínimas y máximas Fuente: MIDUVI, 2015

La ubicación de los muros portantes debe estar aproximadamente iguales para puedan resistir las cargas laterales, la colocación de puertas y ventanas no debe sobrepasar el 35% del área del muro, la distancia entre aberturas debe ser mínimo de 50 cm.

3.2 Marco Conceptual

HUELLA DE CARBONO

Evaluación comparativa de la sostenibilidad de dos materiales de construcción a base de madera de ingeniería. En la actualidad la integración de tecnologías renovables, reducción de impactos ambientales, materiales y tecnologías bajas en carbono en el sector de la construcción se han convertido en el principal objetivo en muchos países del mundo. Según estudios los materiales a base de madera son más económicos y más amigables con el medio ambiente, la mayoría de estudios realizados hacen la comparación entre la madera contra laminada y laminada con estructuras de hormigón y acero y como resultado refleja que la madera contra laminada tiene un menor impacto ambiental por lo que se debe comparar cada material y poder ver sus diferencias, las edificaciones en madera están tomando mayor acogimiento debido a que ahora se busca cuidar el medio ambiente ya

que en el ámbito de la construcción hay un gran impacto en las emisiones a la huella de carbono y por esto se busca materiales más renovables y sostenibles, la madera al hacer el proceso de la fotosíntesis absorbe carbono y lo convierte en oxígeno y esto ayuda de gran manera a la huella de carbono, el poder remplazar un metro cubico de hormigón por madera evitara que el medio ambiente tenga una tonelada de dióxido de carbono en la atmosfera, la madera laminada es un material que está ganando popularidad ya que ayuda en el ahorro de energía, tiene baja contaminación y es más liviana.

Los costos son menores a cuando se utiliza los materiales tradicionales de construcción el uso de madera reduciría la emisión de carbono en un 59%, se han realizado varios estudios para poder usar una combinación de madera y concreto o acero para la construcción, el estudio de materiales a base de madera con hormigón refleja que la madera tiene la menor emisión en todas las categorías ambientales.

El estudio de la madera contra laminada y el hormigón armado refleja como resultado que la emisión de carbono de CLT es de un 13,2% más baja que el hormigón en edificios residenciales y también que el uso de CLT reduciría el 30% de consumo de energía en la construcción y el 40% en la emisión de carbono.

Se realizó un estudio en el cual se evaluaron dos maderas la contra laminada (CLT) y la laminada (GLT) con muchas consideraciones una de ellas es que una estaba construida con madera blanda y la otra con madera dura, la CLT se la utiliza para construir edificios y la GLT está relacionado con las propiedades de los materiales y especificaciones (laminados de madera en capas, uno encima del otro) se compone de secciones de manera apiladas tiene rigidez y resistencia también se utiliza para vigas y columnas, su densidad es de 450kg7m3 y la de un panel típico de pared es de 72kg7m2.

La madera contra laminada (CLT) es algo similar excepto que cada capa de madera se coloca a 90 a la capa supe-

rior e inferior esto le da resistencia y comprende a postes y vigas, la cantidad y composición fueron para paredes externas, internas y pisos.

Tabla 1: Tipos de madera

Composición de la estructura de una madera				
Tipos de madera	Activos	Estructura (M)	Piso (kg/m ²)	Peso Total(kg)
Madera estructural (GLT)	Superestructura de madera	85	41.2	3497
	Superestructura de acero	85	7	683
	Módulo de acero GLT (Estructura)	75	40.2	3315
	Módulo de acero	75	2	167
	Módulo de aluminio	75	0.5	42
	Tubo de acero para GLT (Estructura)	75	40.2	3315
	Módulo de aluminio	87-90	-	12
Madera estructural (CLT)	Superestructura de madera	85	41.2	3497
	Superestructura de acero	85	7	683
	Módulo de acero CLT (Estructura)	75	39.3	3249
	Módulo de acero	75	2	167
	Módulo de aluminio	75	0.5	42
	Tubo de acero para CLT (Estructura)	75	39.3	3249
	Módulo de aluminio	87-90	-	12

Si se le da un mantenimiento adecuado a la madera esta podría tener una vida útil larga, pero a su vez también hay que pensar en su fin de vida de los edificios, aunque se lo considero como recuperación de energía, se incineraba para obtener energía mas no carbono.

Los resultados de la investigación arrojaron que la madera de ingeniera tiene un impacto menor en el ambiente; considerando los siete parámetros: plantación de madera, secado, adhesivo, fabricación, otros materiales, transporte, mantenimiento y fin de vida, la madera blanda tiene menor impacto ambiental que la madera dura en todos los parámetros anteriormente dichos, sin embargo la GLT contrastan con los de energía incorporada ya que tiene menor emisión durante la plantación debido a que la madera blanda tiene un periodo menor de plantación y es menos densa.

La construcción con CLT Y GLT si tiene un menor impacto ambiental que la construcción que se realiza con hormigón y acero por esto es que está siendo más llamativo como materiales sostenibles, a simple vista parece que las diferencias son mínimas pero al ser material de construcción para grandes edificios en las ciudades se harán

tangibles varias diferencias, la CLT tiene emisiones de carbono más bajas para algunas categorías de impacto ambiental y más alto para dos categorías y consume menos energía para su producción mientras tanto la GLT es más barato para la construcción por el volumen menor que se ocupa, la construcción con este tipo de material ayudara con la reducción de la huella de carbono en el medio ambiente.

Balasbaneh, Sherb. (2021), Building and environment: Evaluación comparativa de la sostenibilidad de dos materiales de construcción a base de madera de ingeniería: análisis del ciclo de vida de CLT versus GLT. Elsevier

HUELLA HÍDRICA

La huella hídrica es una medida volumétrica de la cantidad de agua que los seres humanos consumen o contaminan a través de las actividades diarias. La sonoridad puede provenir de diferentes fuentes o espacios ambientales. El HH de un producto o proceso se puede dividir en tres colores o componentes: agua verde, agua azul y agua gris, los cuales deben distinguirse para interpretar correctamente los resultados. (Hoekstra, 2009).

El agua verde se define como agua de lluvia que se evapora directamente durante la producción. El uso de agua verde, a menudo asociado con la agricultura o la silvicultura, se refiere a la cantidad total de agua de lluvia que se acumula en el suelo como humedad y luego se evapora de las plantas o se acumula en el suelo de la planta. (Hoekstra et al., 2011).

El agua azul (H azul) se define como la cantidad de agua consumida en los procesos productivos, ya sea agua superficial o subterránea, cuyo aprovechamiento requiere de una infraestructura más o menos compleja. En el sector agrícola, el agua azul se refiere al agua utilizada para

el riego. Al igual que con el agua verde, la porción azul se refiere solo a la evaporación real del cultivo y no incluye el volumen que vuelve a ingresar al sistema como flujo de retorno de riego, ya sea por escorrentía superficial o percolación. (Hoekstra et al., 2011)

Finalmente, las aguas grises se refieren a la contaminación de los recursos hídricos utilizados a lo largo del proceso productivo. Se define como la cantidad total de agua necesaria para absorber la concentración del contaminante vertido en el receptor a partir de un valor límite ambiental máximo predeterminado en función de la calidad inherente del medio ambiente. (Hoekstra et al., 2011).

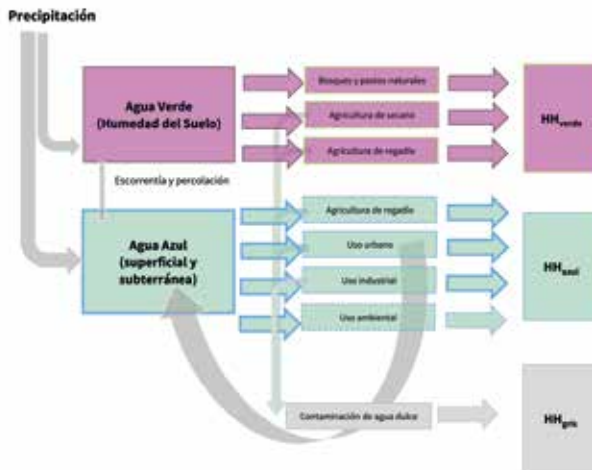


Fig 4: Precipitación

Elaborado por: A. Miguel, 2013

Evaluación de la sostenibilidad de la huella hídrica

El análisis de sostenibilidad nos sirve para interpretar los resultados y cálculos de la huella hídrica ya que es un indicador que contiene uno o varios valores, el agua dulce causada por un proceso, elaboración de un objeto o una

acción. Para evaluarlo se debe comparar con un volumen de los recursos existentes en el momento y lugar donde se vaya a utilizar.

A la sostenibilidad es la capacidad de abastecer todas las necesidades existentes sin sacrificar la capacidad en un futuro. Los tres componentes de la huella hídrica (verde, azul y gris), se debe analizar desarrollando los criterios de sostenibilidad. (Hoekstra et al.,2011).

Tabla 2: Densidad de materiales

Materiales	Peso materiales					Huella hídrica verde + azul			Huella hídrica TOTAL (verde + azul + gris)		
	(1) Kg	(2) % / total	(3) litros / Kg	(4) litros por material	(5) % / total	(6) litros /Kg	(7) litros por material	(8) % / total	(9) litros /Kg	(10) litros por material	(11) % / total
Cemento	3.600.551	10,75%	2,17	7.813.196	2,23%	212,2	763.928.912	21,88%	212,2	35.038.409	1,01%
Yeso	165.143	0,49%	2,17	358.361	0,10%	212,2	115.115.386	3,31%			
Yeso laminado [Fladur]	542.562	1,62%	27,68	15.016.164	4,29%						
Prefabricados Hormigón	1.033.895	3,09%	1,57	1.625.076	0,46%	41,5	42.893.820	1,23%			
Acero	929.228	2,77%	11,83	10.992.764	3,14%	2281,8	2.120.330.780	61,00%			
Arena/grava	19.861.275	58,27%	1,38	27.408.559	7,84%	1,4	27.815.702	0,80%			
Baldosas	256.398	0,77%	0,88	225.184	0,06%	1,4	370.105	0,01%			
Ladrillos	1.844.691	5,51%	0,88	1.620.120	0,46%	1,4	2.562.772	0,06%			
Vidrios	63.982	0,19%	5,89	376.856	0,11%	1.305,9	93.553.820	2,40%			
Maderas	169.390	0,51%	1.649,9	279.475.262	79,91%	1.649,9	279.475.262	8,04%			
Agua	4.831.754	14,42%	1	4.831.754	1,38%	1,0	4.831.754	0,14%			
Total 11 Mats.	33.298.869	99,38%	10,50	349.743.296	100%	104,4	3.476.025.821	100%			
Resto Mats	209.212	0,62%	10,50	2.197.392					104,4	21.639.421	
TOTAL PROMOCION VILLAVERDE	33.508.082	100%	10,50	351.940.688	100%	104,4	3.497.865.241	100%			

Elaborado por: FUAM, 2019

ra poder realizar un cálculo de huella verde, azul y gris debe formular una división ente el volumen de cultivo, la cantidad de químicos utilizados en los cultivos y la acumulación de evapotranspiración sobre el rendimiento del cultivo, la concentración de los químicos, y la masa del material.

EFICIENCIA ESTRUCTURAL

La eficacia estructural y energética de la madera

Hernández y Elgueta (2020) describen que la estructura celular de madera proporciona una excelente disipación del calor: 15 veces mejor que el hormigón armado convencional, 500 veces mejor que el acero, 2000 veces mejor que el aluminio, la eficiencia energética de la casa depende del diseño del edificio, los materiales constituyentes y el sistema de construcción se distinguen por aislamiento adicional.

La madera se vuelve versátil y especiales puesto que ayudan a los arquitectos para lograr mejores diseños en sus proyectos, si bien es un material moldeable generando altas expectativas en los modelos difíciles de lograr con otros materiales. Uno de los productos que tiene un buen funcionamiento en la construcción según nos mencionan Llerena Pillaca et al., (2020) es la madera contra laminada, si bien es un producto rígido con sus características en forma de panel que generalmente consta de un número impar de capas, donde cada capa se compone de láminas apiladas una al lado de la otra y capas adyacentes pegadas en ángulo recto entre sí, son paneles prefabricados y fáciles de utilizar. (Llerena Pillaca et al., 2020)



Figura 4: Detalle constructivo del CLT

Fuente: David Carrillo Valdés Ingeniero Civil de Elige ma-

dera, (2020)

En Ecuador cada día va tomando peso la construcción con CLT sus características ayudan a cumplir las expectativas de los arquitectos por su resistencia, rigidez, movilidad, propiedades mecánicas y decorativas lo convierten en un producto ideal para cualquier tipo de inversión en construcción, cumple con ser aislante térmico y acústico ya que se proporciona unas condiciones climáticas y ambientales agradables en verano e invierno (El Oficial, 2018).

LA EFICIENCIA ESTRUCTURAL Y ENERGÉTICA DE LA MADERA CÓMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN (Del artículo ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA DE LAS INDUSTRIAS DE LA MADERA, por el arquitecto Francisco Arriaga)

Francisco Arriaga doctor Arquitecto menciona la comparación de los pesos de los sistemas constructivos tradicionales con los entramados ligeros de la madera. en primer lugar, vamos a hablar sobre la madera como material del futuro dónde Francisco Arriaga menciona que La madera llega a dar soluciones 10 veces más económicas en el consumo de energía a comparación del hormigón y el acero dado que para fabricar el mismo peso de la madera en cuanto al hormigón gasta 4 veces más energía y en el caso del acero hasta 60 veces.

También se considera el primer congreso sobre forjados el cual tuvo lugar en 1995 para recoger los avances que se produjeron en los últimos años acerca del conocimiento de los procesos físicos y químicos para transformar los materiales con los nuevos conceptos de durabilidad y mantenimiento.

Para ello se da a conocer la opinión del arquitecto Fruitós Mañá donde plantea si es realmente necesario recurrir a forjados tan pesados de la construcción tradicional Debi-

do a las exigencias que está generando la cultura constructiva en finales del siglo XX. Así como también, José Ignacio Llorens Duran, arquitecto y profesor de la ETSAB consideran que el diseño de los forjados contempla un conjunto de requerimientos y prestaciones que obligan a utilizar soluciones convencionales para el desarrollo de construcciones. De igual forma para Rafael Belmont director de proyectos del ITECH y profesor de la ETSAB Menciona que el peso de los forjados reticulares provoca que los de elementos estructurales sean más pesados para aguantar más cargas. (Arriaga,2020)

Es importante considerar la opinión sobre los materiales y energía según J. E. Gordon, profesor de ciencias de los materiales de la Universidad de Reading indica una forma sencilla sobre los conceptos de la elasticidad resistencia de materiales y diseño estructural permitiendo así demostrar la eficacia energética y estructural de los materiales y también demostrando de forma Clara la competitividad de la madera en los materiales tanto tradicionales como los de última Generación.

Cómo criterio energético para la comparación de los sistemas de estructurales Julius Naterrer, director del departamento de ingeniería civil de la Escuela politécnica Federal de Laussane, Suiza menciona las propiedades mecánicas de la madera para su uso estructural como métodos de ensayo no destructivos como conectores, sistemas de estructurales mixtos como desarrollo de programas informáticos y sistemas de expertos para el diseño de estructuras de madera como peritajes en estructuras antiguas de madera de esta forma se llega a comparar materiales como aluminio, hormigón armado, acero y madera aserrada. (Congreso, 1995)

Para considerar la madera como material del futuro se debe tomar en cuenta que La madera tiene un peso propio y es una construcción ligera a comparación del siste-

ma tradicional una construcción forjada pesa casi lo mismo que la carga que resiste, mientras que en la madera Su peso no suele llegar ni al 20% de la carga que soporta punto en la actualidad el precio de cada producto no sé corresponde con el costo energético global sin embargo la optimización de cada producto puede llegar a cambiar en el futuro.

Según el primer congreso sobre forjados como ya mencionamos al principio se busca recaudar información para demostrar que no es necesario utilizar sistemas de estructurales tradicionales debido a su consumo energético. Fruitós Mañá, propone una revisión sobre la situación actual de la construcción de sistemas tradicionales ya que, hoy en día existen diferentes soluciones sobre las estructuras horizontales. según Mañá, el problema fue generado por la aparición de la bovedilla prefabricada y la decisión de ensayar directamente los techos es por esto por lo que el recuerda que los forjados clásicos no sobrepasaban de los 15cm ahora se están empleando forjados que se acercan a los 400 kp/m² y argumenta que más del 50% del peso se destina auto sustentar el forjado sin acabar de resolver el problema de las elevadas flechas diferidas que provocan la ruptura de tabiques. Es por esto por lo que mañana se pronuncia a favor de los forjados ligeros para así resolver los distintos problemas de resistencia y aislamiento. (Congreso, 1995)

Llorens considera que los forjados reticulares convencionales Son elementos de excesiva mente pesados incluso más que la carga que va a soportar produciendo inconvenientes de no poderse modificar y presentar problemas de durabilidad reciclabilidad y conservación es por esto por lo que Llorens propone la utilización de forjados ligeros que sean reciclables y modificables para las construcciones de baja altura

Rafael Belmont indica que los forjados reticulares Son elementos de estructurales que para hacer construidos requieren de ser encofrados totalmente cada nivel el cual ralentiza la construcción debido a que necesita tiempo el hormigón para endurecerse generando inconvenientes cómo humedad problemas de transporte y elevación a causa del volumen de hormigón produciendo así la incapacidad de alojar las instalaciones y los problemas de la durabilidad del hormigón armado. (Arriaga, 2020)

Es por esto por lo que Llorens apuesta por los forjados ligeros debido a que cumple con las exigencias de estabilidad resistencia y monolitismo permitiendo así que su concepción sea más sencilla coma sea autoportante coma industrializados comas construidos en un sistema seco coma rígidos para transmitir acciones horizontales y verticales coma permite el paso de instalaciones, reparables, reciclables, duraderos y de buen mantenimiento.

Según Gordon Gracias a la revolución industrial comienza la edad de acero y hormigón debido a que existe el abaratamiento de la fundición del hierro, aparecen las máquinas de vapor pesadas lo cual ayuda a fundición y fabricación de este material, gracias a esto las máquinas procesan una gran parte de energía al concebir el hierro y el petróleo almacenando una gran cantidad de energía en tan solo un pequeño volumen.

Los materiales como el acero, el aluminio y hormigón requieren una gran cantidad de energía para poder ser fabricados, gracias a esto a pesar del elevado costo y la creciente escasez de la energía, las máquinas y los instrumentos que se usan para concebir estos materiales continúan siendo utilizadas produciendo altas aleaciones de temperatura y consumiendo fibras de carbono.

Es por esto que la madera puede ser uno de los materiales más eficientes en un sentido estrictamente estruc-

tural punto en grandes luces y cargas ligeras como una estructura de madera resulta varias veces más ligera que una de acero y hormigón uno de los problemas con lo que se encontraban en el pasado era que los árboles se tomaban demasiado tiempo para crecer y el tratamiento de la madera era muy lento y costoso, pero, hoy en día ya no es problema debido a que existe una mejora genética que produce variedades de crecimiento rápido en maderas comerciales junto existen buenas perspectivas para conseguir madera procedente de cosechas que crecen en ciclos de tiempos breves, prácticamente la energía necesaria para su crecimiento es aportada gratuitamente por el sol por otro lado cuando la estructura de madera ha terminado su ciclo de vida puede utilizarse como combustible recuperando la mayor parte de la energía que preciso para su crecimiento a comparación del acero y el hormigón que no se lo puede hacer en la siguiente tabla se muestra un análisis sobre la eficiencia estructural de diferentes materiales para distintas funciones y en términos de peso logrando así un resultado de eficacia de la madera en cuanto a los distintos materiales que se utilizan en la construcción.

Cómo criterio energético para la comparación de los sistemas estructurales Cómo se había mencionado, Julius Naterrer se apoya en un departamento de investigadores que se dedican a recaudar información sobre la madera goma el acero y el hormigón para realizar una comparación de estos materiales estructurales entre ellos aluminio, hormigón armado, acero y madera para el caso de estudio se utiliza una Viga biapoyada de 7.5 m de luz, sometida a una carga permanente de 75 kg/m y a una sobrecarga de 300 kg/m. el canto de la viga se limita en todos los materiales a un máximo de 300 mm, para que la pérdida de volumen habitables a la misma en todos los casos.

En estas condiciones, el perfil de aluminio resulta el más

ligero con 5 kg/m mientras que la viga de hormigón armado es la más pesada con 216kg/m. la madera alcanza un peso de 29 kg/m, superior al acero con 15 kg/m. habitualmente, al comparar la madera con el acero el resultado es, que la madera es más ligera; en esta comparación el resultado es, al contrario, debido a que el canto de la viga es del mismo para ambos materiales y está más en consonancia con los requerimientos del acero.

Al observar en la Gráfica que la solución y madera tiene un consumo energético y una emisión de dióxido de carbono 12 veces menor que la solución de acero, 15 veces menor que el hormigón y 52 veces menor que el aluminio.

Finalmente se llega a la conclusión que el uso de la madera en una construcción de baja altura resulta ser más eficiente tanto en costos, estructuras, adquisición de material, consumo energético y sobre todo por ser un material reciclable y amigable con el ambiente.

En la actualidad los diseñadores utilizan este tipo de material por estética, ductilidad, mantenimiento y por su versatilidad.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE LA TORRE DE MADERA
Las edificaciones de una gran altura plantean un desafío para la sustentabilidad ya que tiene impactos tanto negativos como positivos para el medio ambiente, uno de los positivos es la reducción de la expansión urbana, pero al mismo tiempo el impacto negativo es que al ser un edificio de gran altura se requiere de más materiales estructurales y la producción de estos conlleva a la emisión de dióxido de carbono que esto deja una gran huella de carbono en el medio ambiente.

Estos edificios utilizan como materiales el acero u hormigón por dos razones: en la mayoría de los casos los códigos de construcción requieren materiales no combustibles para edificios de más de cuatro pisos, y en segundo

lugar el acero y el hormigón son materiales de mayor resistencia que la mampostería y la madera por lo que son opción para los ediciones de más altura ya que requieren soportar cargas más grandes, y esto ha limitado el uso de la madera sea más en edificaciones de baja altura.

La totalidad de la huella de carbono de un edificio es la suma de las emisiones de carbono operativa y las emisiones de carbono incorporadas, esto se puede reducir mediante la disminución de materiales estructurales ya que esto reduce el costo para el propietario y por ende mejora el diseño estructural de calidad, y la segunda manera de reducir sería diseñando un edificio que utilice materiales que sea menos intensivo con el carbono como la madera, ya que esta al hacer el proceso de la fotosíntesis que es la absorción de dióxido de carbono, quita el carbono y lo convierte en oxígeno esto hace que el peso de la madera sea un 50% carbono, al realizar esto la madera quita el carbono de la atmosfera, otro punto a favor es que producir la madera de grado estructural consume menos energía que el producir acero o cemento para hormigón.

Los edificios de gran altura tiene como objetivo el aprovechar el espacio limitado y ser más efectivos desde el punto de vista energético, pero para la huella de carbono tiene un costo más alto ya que se utiliza materiales estructurales que soporten el peso de un edificio alto, las columnas deben sostener el peso de todo los pisos que tenga el edificio y para esto se requiere que sean más grandes por ende de usa más material, al ser edificios de gran altura también deben ser resistentes a otro fenómeno como el viento un edificio más grande debe ser más reforzado que un edificio de menos pisos que puede tener menos cantidad de reforzamiento, la prima por altura no se puede evitar, solo se reduce mediante el diseño estructural.

Para edificaciones de gran tamaño como en este caso de 42 pisos se debe abordar principios de ingeniería, se debe aprovechar las fortalezas de los materiales, un mar-

co de madera con hormigón consiste en madera sólida conectados con barras de acero reforzadas, la madera en este caso se utilizaría para los elementos estructurales principales como son los pisos, las columnas y los muros de corte, el refuerzo de barras de acero vendrían en los elementos primarios haciendo perforación en la madera y el refuerzo de unión con epoxi en el orificio, las conexiones de los elementos de madera se realizaría mediante el refuerzo de empalme a través de juntas de hormigón, esto daría como resultado franjas de hormigón en el perímetro y en las intersecciones de pisos y paredes, con refuerzos extras en las vigas para agregar luz, este sistema sería aproximadamente 80% de madera y 20% de hormigón por volumen para un piso típico, y un 70% de madera y 30% hormigón en volumen si se tiene la subcultura y cimientos de hormigón.

El sistema de resistencia de carga por gravedad

El piso consta de madera maciza o panales que se extienden entre los muros de corte de madera en la mitad de la edificación y las vigas de hormigón armado y las columnas de madera en el perímetro, este sistema es parecido a un sistema de placas planas de hormigón, este esquema endurece el piso y mejora la deflexión y vibración lo que lo hace más económico.

El sistema de resistencia de carga lateral

Son muros de madera maciza o similar, se colocan alrededor del núcleo del servicio o sea en el centro de la edificación, esto forma un tubo que resiste el viento que vengán de diferentes direcciones, estos se extienden desde el centro y a la altura del edificio, los muros de corte están unidos por vigas de hormigón, estas deben resistir grandes cortantes para acoplar los muros y reforzarse.

El sistema estructural que se diseñó para la construcción del edificio es para que pueda construirse de manera similar a un edificio de acero estructural y los elementos verticales como columnas y paredes estén conectados

a los elementos verticales correspondientes para que la construcción con los elementos de madera y siga hacia arriba sin la utilización de hormigón, para el encofrado de las juntas se apoyaría en la estructura vertical.

La comparación de cantidades da que el volumen de los materiales estructurales de madera es eficiente para este tipo de edificaciones, esto quiere decir que los edificios de gran dimensión de madera podían llegar a ser competitivos con los de hormigón, sin embargo se debe evaluar la logística de construcción y costes de montaje para así llegar a una conclusión si es más efectivo este método tomando en cuenta los acabados y diferencia de alturas de los pisos.

La madera es un material estructural capaz de usarse en estructuras de gran altura ya que puede abarcar todo lo requerido y tiene características aceptables para resistir la gravedad y carga de varios pisos, este sistema compuesto podría ser fuertemente considerado ya que el uso de madera, acero y concreto tiene ventajas en la economía y en el ámbito natural y esto aumenta la probabilidad del uso de este sistema para que lo usen en edificaciones, ya que generalmente se utiliza menos material de cimentación pero sin embargo puede que requieran una restricción de levantamiento.

La huella de carbono incorporada al sistema de estruc-

tura de madera podría ser de aproximadamente un 60-70% menor a la de una estructura de hormigón armado. La madera laminada presenta mayor resistencia y estabilidad que la madera tradicional existen varias variables de la madera laminada como son: madera de chapa laminada, madera de hebras paralelas, madera laminada cruzada y madera laminada encolada estructural. Cada uno de estos productos se puede construir utilizando maderas blandas, esta madera tiene un costo relativamente bajo y el uso de este ayuda a la huella de carbono del planeta.

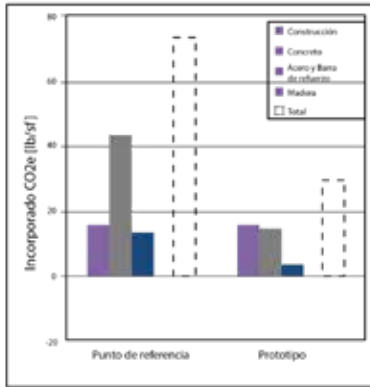


Figura 6.1: Comparación de la huella de carbono incorporada, materiales estándar.

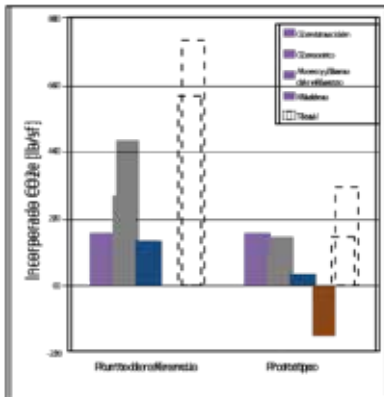


Figura 6.2: Comparación de la huella de carbono incorporada, opciones de materiales sostenibles

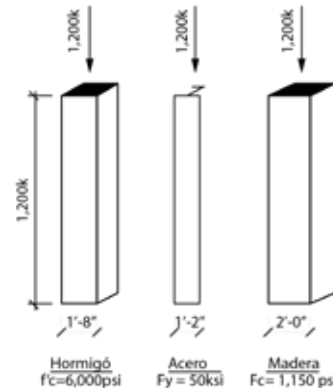
Diseño base utilizando productos de madera en masa existentes:

Paneles de piso: la selección de este se basa en la estabilidad referente a la humedad

Columnas: pueden beneficiarse al máximo del uso de materiales de alta resistencia para reducir los tamaños y son alta resistencia axial y rigidez.

Muros de cortantes: tiene estabilidad dimensional son los que más contribuyen a los movimientos generales del edificio debido a las cargas de viento.

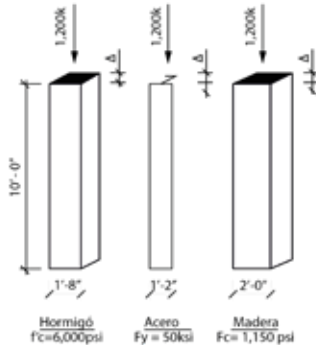
La madera es capaz de resistir las cargas necesarias con un tamaño de columna razonable.



Comparación de resistencia axial de materiales			
Material	Hormigon reforzado	Acero	Madera
Sección Transversal	20" x 20"	W14x99	24" x 24"

Figura 6: Cargas en pilares estructurales

La madera y el acero tienen movimientos similares para una columna dimensionada para resistencia, se puede ver que el concreto es más del doble de rígido que los miembros de acero y madera.



Material	Hormigón reforzado	Acero	Madera
Rigidéz Axial	20"x20"	W14x99	24"x24"
Movimiento	0.08"	0.17"	0.18"

Figura 7: Cargas en pilares estructurales

Se muestra el cortante máximo que puede resistir una viga de hormigón, acero y madera.

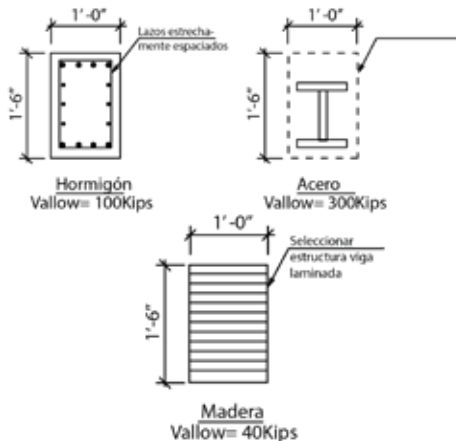


Figura 8: Dimensiones de pilares

Skidmore, Owings & Merrill, LLP. (2013). Proyecto de investigación de la torre de madera [Pdf file].

COSTOS

¿Qué es el presupuesto?

Es la suposición inteligente del valor de un producto. Es algo tentativo y lo ideal es acercarse al 100% del costo de la obra y esto se logra teniendo análisis de precios unitarios reales y trabajables, para lo cual debemos considerar:

Protecciones

- Retiros con recuperación
- Retiros
- Costos
- Equipo
- Directos Mano de obra
- Materiales
- En carpintería de madera
- Otros
- Reintegraciones
- Acabados
- Traslado personal
- Cargos técnicos y/o Administrativos
- Administrativos Obligaciones y seguros
- Materiales de consumo
- Capacitación y promoción
- Técnicos y/o Administrativos
- Alquileres y/o depreciaciones
- Cargos de comunicaciones y fletes
- INDIRECTOS Consumos y varios
- Imprevistos
- Financiamiento utilidad
- Garantías
- Impuestos

En otras palabras, el presupuesto de ejecución de un proyecto es la suma de los productos de las distintas unidades de obra que lo forman, por el precio unitario de cada uno de ellos, en el que se encuentran incluidos los gastos de administración, dirección técnica y utilidades. (Cámara de la construcción de Quito, 2001)

Es por eso por lo que para poder entender lo dicho anteriormente se debe detallar que es el precio unitario.

EL PRECIO UNITARIO

Es el costo por cada unidad de medida de cierto producto o rubro (Cámara de la construcción de Quito, 2001).

La integración de un precio unitario está delimitada por el conjunto de costos directos (C.D.), costos indirectos (C.I.), costos por financiamiento, los cargos adicionales y por utilidad, los cuales a su vez están integrados por otros factores o partes fundamentales las cuales en base a su concepto y formulas, permiten el importe de cada uno de ellos.

el análisis de precios unitarios juega un papel fundamental, debido a que este no solo considera costos directos e indirectos de materiales, mano de obra, etc., sino también imprevistos o circunstancias especiales en las que se encontrara el desarrollo de la obra.

Esto obliga a profundizar en detalles y a formar precios unitarios partiendo de los siguientes componentes:

*Costos directos

- Mano de obra
- Equipos
- Transporte
- Materiales

*Costos indirectos y utilidad

- Utilidad
- Costos administrativos
- Imprevistos

Para tener en consideración lo expresado se debe tener claro la definición de COSTO:

“Los costos son los esfuerzos económicos orientados a la producción o comercialización de bienes o a la prestación de los servicios.” Juaquín Cuervo Tafur & Jair Osorio Agudelo, 2006, p.10)

Es decir, que cuando hablamos de costo esto constituye todo el dinero que interviene en la construcción.

En conclusión, el costo es el valor que representa el monto total de lo invertido: tiempo, dinero y esfuerzo, para comprar o producir un bien o un servicio, que se puede aumentar a voluntad.

Otro de los factores que se debe tener en consideración es “el tiempo de ejecución”, los cuales nos obligan a cumplir con el tiempo total del proceso de construcción, ya que al estar íntimamente ligado al valor de la obra nos permite notar un concepto muy importante: “A mayor tiempo – Mayor costo”.

Como conclusión podemos indicar que el presupuesto es aquella que nos va a permitir planificar, organizar y controlar de manera económica todos los factores que intervienen dentro del proceso de construcción y así poder tener claramente cuál sería el costo real de la obra y el margen de utilidad que se obtendrá de la misma.

ETAPA 2
APLICACIÓN METODOLÓGICA

4. Materiales y Métodos

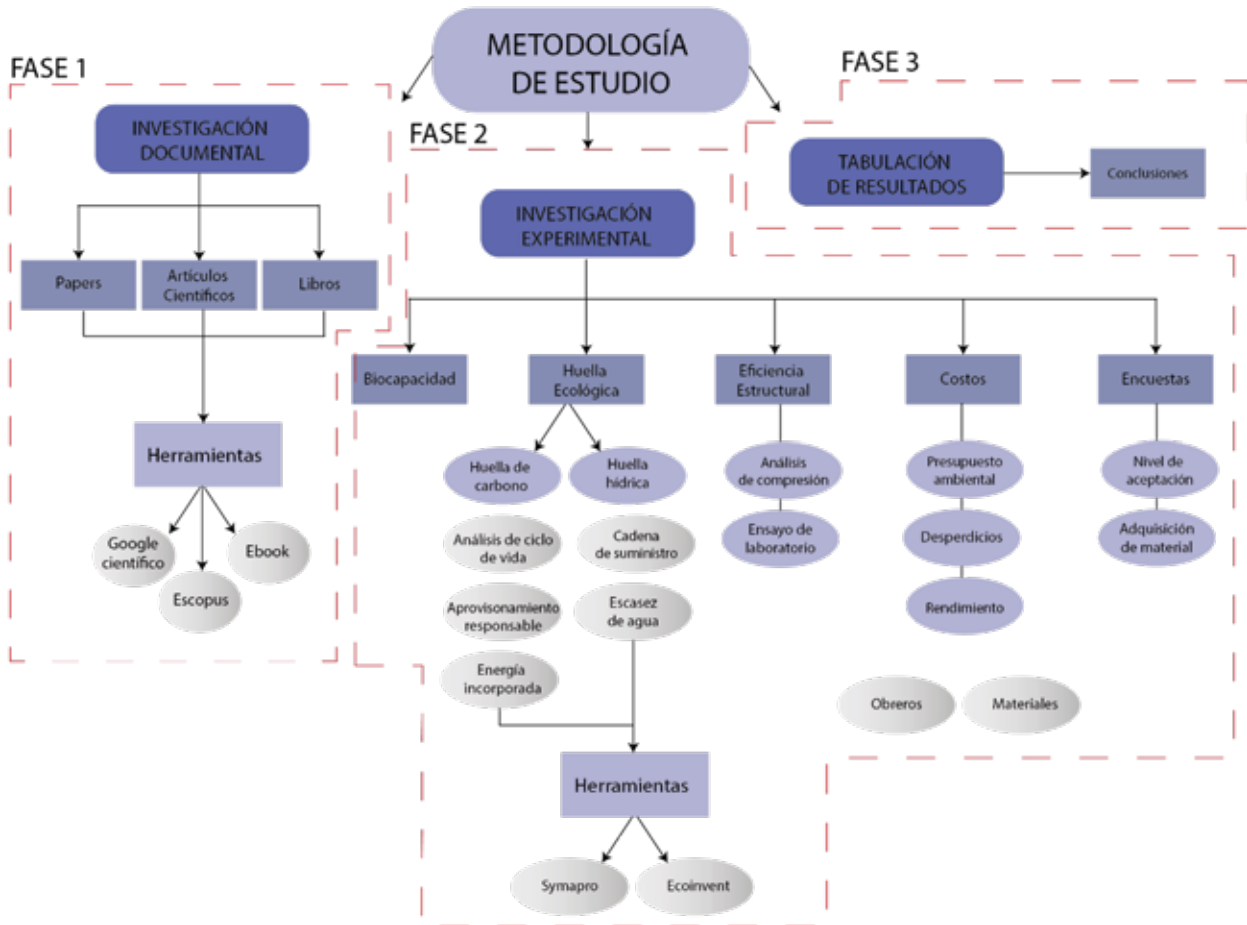


Figura 9: Fases de la Metodología
Elaborado por: Jose Gutierrez, 2023

La metodología que se utilizara es tiene un enfoque cuantitativo en el cual vamos a tener tres fases que nos van a permitir los resultados para la comparacion de la madera aserrada con la madera laminada.

Para esto vamos a realizar una investigación documental que nos va a permitir recolectar datos para la investigación mediante papers, artículos científicos y libros por lo cual se utilizaron herramientas como Google Academico, Scopus y Ebook.

La investigación documental es un servicio de información que se dedica a la recopilación, procesamiento y difusión de la información científica y técnica por lo cual se utilizan diferentes metodos y tecnicas para recaudar los datos que se requiere para la difusión de información (Constantino, 1993)

Como segunda fase tenemos la investigación experimental donde se realizara una vez obtenido los datos, la búsqueda de formulas o metodologias que nos van a permitir tener resultados para poder realizar la comparación entre madera aserrada y madera laminada.

Entre las metodologias tenemos: biocapacidad, huella ecologica, eficiencia estructural, costos y encuestas. Estas metodologias cuentan con ciertas formulas que nos van a permitir concluir cual material es mas eficiente y de menor impacto ambiental de acuerdo a la obtención del producto, a la fabricación y a la aplicación dentro de la construcción.

Existen cinco variables que van a ser utilizadas mediante simuladores y la aplicación de fórmulas que nos permite conocer los resultados de nuestros análisis comparativos para ellos se requiere datos específicos para poder aplicar cada una de estas variables.

Variable de Huella de Carbono:

La huella de carbono requiere de datos como el peso total de la estructura del prototipo para poder multiplicar por consumo de energía y de esta forma saber el consumo obtener el total de consumo de carbono. Para calcular la huella hídrica se procede a ingresar a la página del simulador y seleccionar BUSCAR Y COMPARAR MATERIALES.



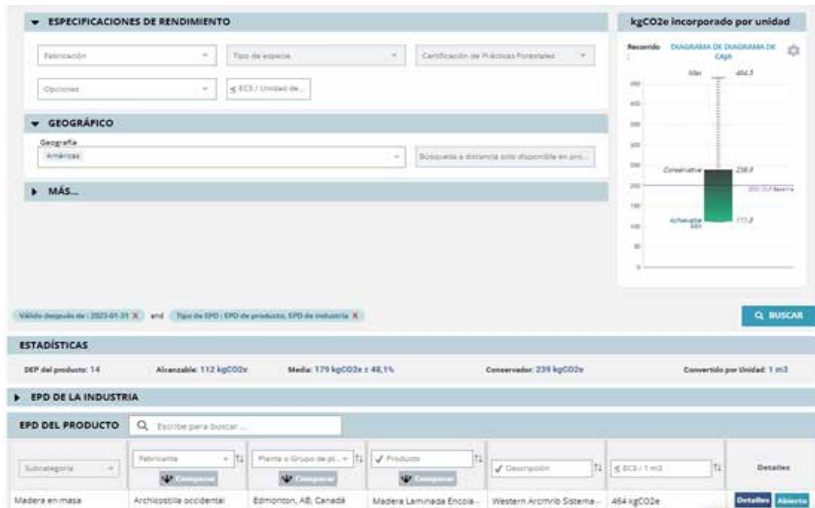
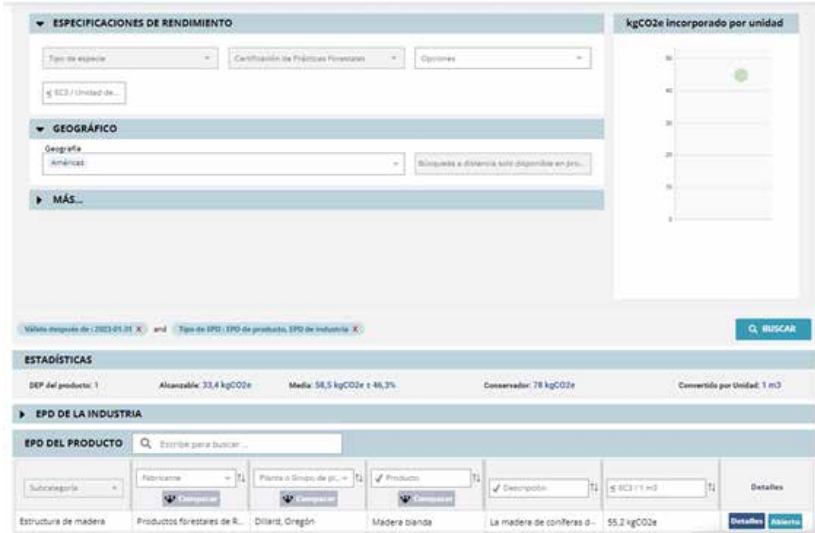
Fuente: EC3 Simulador, 2023

Una vez se procede a seleccionar la ubicación donde se encuentra, el material que desea comparar y que tipo de material va a comparar en este caso se escoge la madera que nos servirá para poder comparar la madera laminada con la madera aserrada, una vez seleccionado el material a comparar se da clic en PROXIMO.



Fuente: EC3 Simulador, 2023

Continuando con el simulador, una vez ya seleccionada la categoría de madera se procede a seleccionar la búsqueda que tipo de material se requiere comparar para que el simulador automáticamente nos envíe la capacidad de captación de CO2 de la madera



Fuente: EC3 Simulador, 2023

Fuente: EC3 Simulador, 2023

De esta forma se obtiene los datos de captación de CO2 de la madera el cual nos sirve para introducir en nuestra formula y obtener como resultado la captación de CO2 de la madera laminada y madera aserrada para compararlos.

CALCULO DE PREDIMENSIONAMIENTO MADERA LAMINADA	
LUCES	6 M
FORMULA= L/17	17 CONSTANTE
	0,35 TOTAL

COLUMNAS DE MADERA LAMINADA	2
L	0,35
A	0,1
P	3
Total	0,11
Total	0,21
Densidad de la madera	400
Total KG	84

COLUMNAS DE MADERA LAMINADA	2
L	0,35
A	0,1
P	2,8
Total	0,10
Total	0,196
Densidad de la madera	400
Total KG	78,4

VIGAS DE MADERA LAMINADA	4
L	0,35
A	0,1
P	6
Total	0,21
Total	0,84
Densidad de la madera	400
Total KG	336

Elaboración propia, 2023

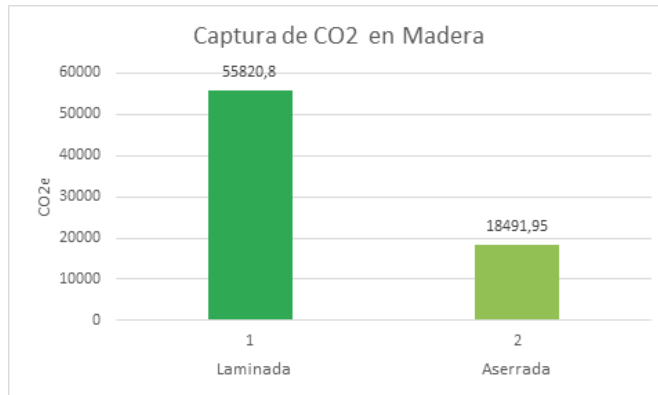
CALCULO DE PREDIMENSIONAMIENTO MADERA ASERRADA	
LUCES	3 M
FORMULA= L/17	17 CONSTANTE
	0,18 TOTAL

COLUMNAS DE MADERA ASERRADA	2
L	0,18
A	0,18
P	3
Total	0,10
Total	0,19
Densidad de la madera	480
Total KG	93,31

COLUMNAS DE MADERA ASERRADA	2
L	0,18
A	0,18
P	2,8
Total	0,09
Total	0,18
Densidad de la madera	480
Total KG	87,09

VIGAS DE MADERA ASERRADA	4
L	0,18
A	0,18
P	6
Total	0,19
Total	0,78
Densidad de la mad	480
Total KG	373,25

Elaboración propia, 2023



Elaboración propia, 2023

Variable de huella hídrica:

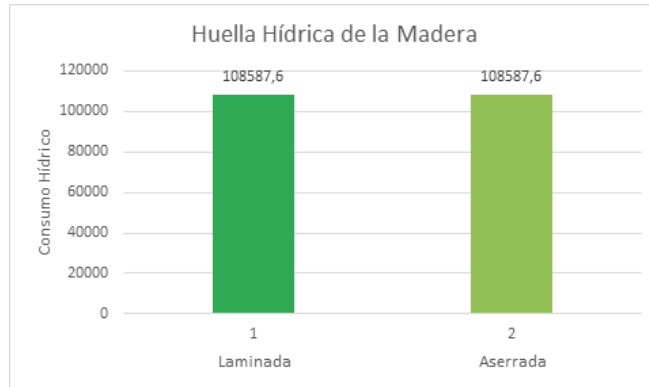
La huella hídrica nos permite conocer cuánto es el consumo hídrico del prototipo el cual nos permite saber el desgaste de agua para concebir el material hasta su uso, pero para ello se debe obtener la cantidad de metro cúbico que contiene y a su vez la constante del agua del material con eso se multiplica y se obtiene el resultado final.

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA		PESO DE MATERIALES		Huella Hídrica verde + azul		Huella Hídrica total		MADERA LAMINADA
Cimentación		Cantidad	Kg	litros/kg	litros por material	litros/kg	litros por material	
Plintos		4	506	4,55	2302,3	214,6	108587,6	
Estructura								
Columnas		4	162,4	0	0	0	0	
Vigas		4	336	0	0	0	0	
TOTAL							108587,6	

Elaborado por: José Gutiérrez, 2023

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA		PESO DE MATERIALES		Huella Hídrica verde + azul		Huella Hídrica total		MADERA ASERRADA
Cimentación		Cantidad	Kg	litros/kg	litros por material	litros/kg	litros por material	
Plintos		4	506	4,55	2302,3	214,6	108587,6	
Estructura								
Columnas		4	162,4	0	0	0	0	
Vigas		4	336	0	0	0	0	
TOTAL							108587,6	

Elaborado por: José Gutiérrez, 2023



Elaboración propia, 2023

Variable de costos:

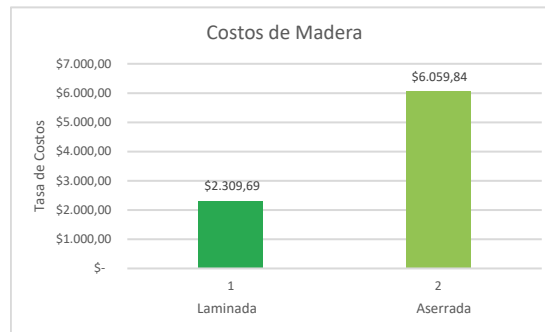
Para la variable de costos de requiere una tabla de todo el proceso de construcción del prototipo para ello se usa el APU y la cantidad de material que se necesita para el prototipo dividiendolo en tres etapas que son: limpieza del terreno, materiales, construcción para tener un valor total del costo del prototipo.

PRESUPUESTO MODULO						
PROYECTO: Modulo Madera Laminada						
AUTOR: JOSEPH CARRERA						
FECHA: /12/2022						
AREA DE CONSTRUCCIÓN: 36 m2						
CODIGO	DETALLE DE (Rubro o Partidas)	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS (incluido IVA)	VOLUMEN DE OBRA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1 LIMPIEZA - EXCAVACIONES - RELLENO (OBRAS PREELIMINARES)						
1.1	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	6,46	36,00	1 \$	232,56
1.2	REPLANTEO Y NIVELACION SIN EQUIPO TOPOGRAFICO	m2	10,75	36,00	1 \$	387,00
2 CIMENTACIONES						
2.1	EXCAVACION DE PLINTOS	m3	54,79	0,055	4 \$	12,05
3 ESTRUCTURA						
3.1	COLUMNAS DE MADERA 0,35 x 0,10 x 2,80	ml	133,83	0,098	2 \$	267,66
3.2	VIGAS DE MADERA 0,35 x 0,10 x 3	ml	143,03	0,105	2 \$	286,06
3.3	VIGAS DE MADERA 0,35 x 0,10 x 6	ml	281,09	0,21	4 \$	1.124,36
TOTAL						\$ 2.309,69

Elaborado por: Kevin Bejerano,2023

PRESUPUESTO MODULO						
PROYECTO: Modulo Madera Aserrada						
AUTOR: JOSEPH CARRERA						
FECHA: /12/2022						
AREA DE CONSTRUCCIÓN: 36 m2						
CODIGO	DETALLE DE (Rubro o Partidas)	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS (incluido IVA)	VOLUMEN DE OBRA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1 LIMPIEZA - EXCAVACIONES - RELLENO (OBRAS PREELIMINARES)						
1.1	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	6,46	36,00	1 \$	232,56
1.2	REPLANTEO Y NIVELACION SIN EQUIPO TOPOGRAFICO	m2	10,75	36,00	1 \$	387,00
2 CIMENTACIONES						
2.1	EXCAVACION DE PLINTOS	m3	54,79	0,055	4 \$	219,16
3 ESTRUCTURA						
3.1	COLUMNAS DE MADERA 0,35 x 0,10 x 2,80	ml	652,64	0,098	2 \$	1.305,28
3.2	VIGAS DE MADERA 0,35 x 0,10 x 3	ml	652,64	0,105	2 \$	1.305,28
3.3	VIGAS DE MADERA 0,35 x 0,10 x 6	ml	652,64	0,21	4 \$	2.610,56
TOTAL						\$ 6.059,84

Elaborado por: Kevin Bejerano,2023



Elaboración propia, 2023

Variable de Encuestas:

Se crea un formulario de preguntas acerca del conocimiento que tienen las personas de acuerdo con la madera tanto laminada como aserrada y la aceptación que tiene dentro de la construcción como vivienda. Para ello las preguntas que se realizan son específicas para que el consumidor y las constructoras sepan el objetivo de la encuesta.

Tabla 1. Cualidades según importancia de la madera como material de construcción

Opciones de respuesta	Muy importante	Medianamente importante	Menos importante	No importa en lo absoluto
Comodidad	6			1
Aspectos de salud (alergias, calidad del aire de la habitación)	7			
Calidad	5	2		
Protección al fuego	7			
Cuestiones medio ambientales (material, ahorro de energía, huella de carbono, aislamiento térmico)	6	1		
Fácil mantenimiento	5	2		
Bajo costo	5	2		
Estética y diseño	6	4		1
Opción de realización	3	4		
Menor tiempo de construcción	1	6		
Construcción típica de la región	3	3		

Elaborado por: Juan Acosta, 2023

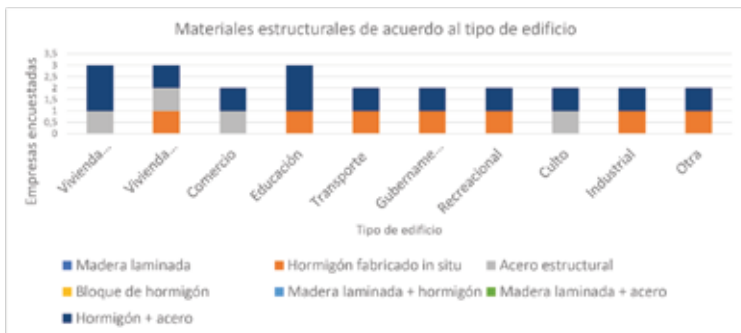


Elaborado por: Juan Acosta, 2023

Tabla 2. Aceptación del material de la madera como material de construcción

Opciones de respuesta	De acuerdo completamente	Poco de acuerdo	Poco desacuerdo	Desacuerdo en lo absoluto
Natural	7			
Acequedor	7			
Ecológico	6		1	
Estético	6		1	
Saludable	7			
Moderno	5		2	
Duradero	4		3	
Care	3		3	
Abundante	2		4	
Resistente al fuego	1		3	2

Elaborado por: Juan Acosta, 2023



Elaborado por: Juan Acosta, 2023

Tabla 3. Ventajas de la madera en la construcción

Opciones de respuesta	Muy ventajoso	Mas o menos ventajoso	Mas o menos desventajoso	Desventajoso en lo absoluto
Comodidad	7			
Aspectos de salud (alergias, calidad del aire de la habitación)	7			
Cuestiones medio ambientales (material, ahorro de energía, huella de carbono, aislamiento térmico)	6			1
Estética (Aspecto visual)	5	2		
Corto periodo de construcción	3	4		
Posibilidad de reconstrucción sin complicaciones	4	2	1	
Bajo costo	1	6		
Fácil mantenimiento	3	2	1	
Protección contra incendios	1	2	2	1
Materiales típicos de la región	2	2	2	

Elaborado por: Juan Acosta, 2023



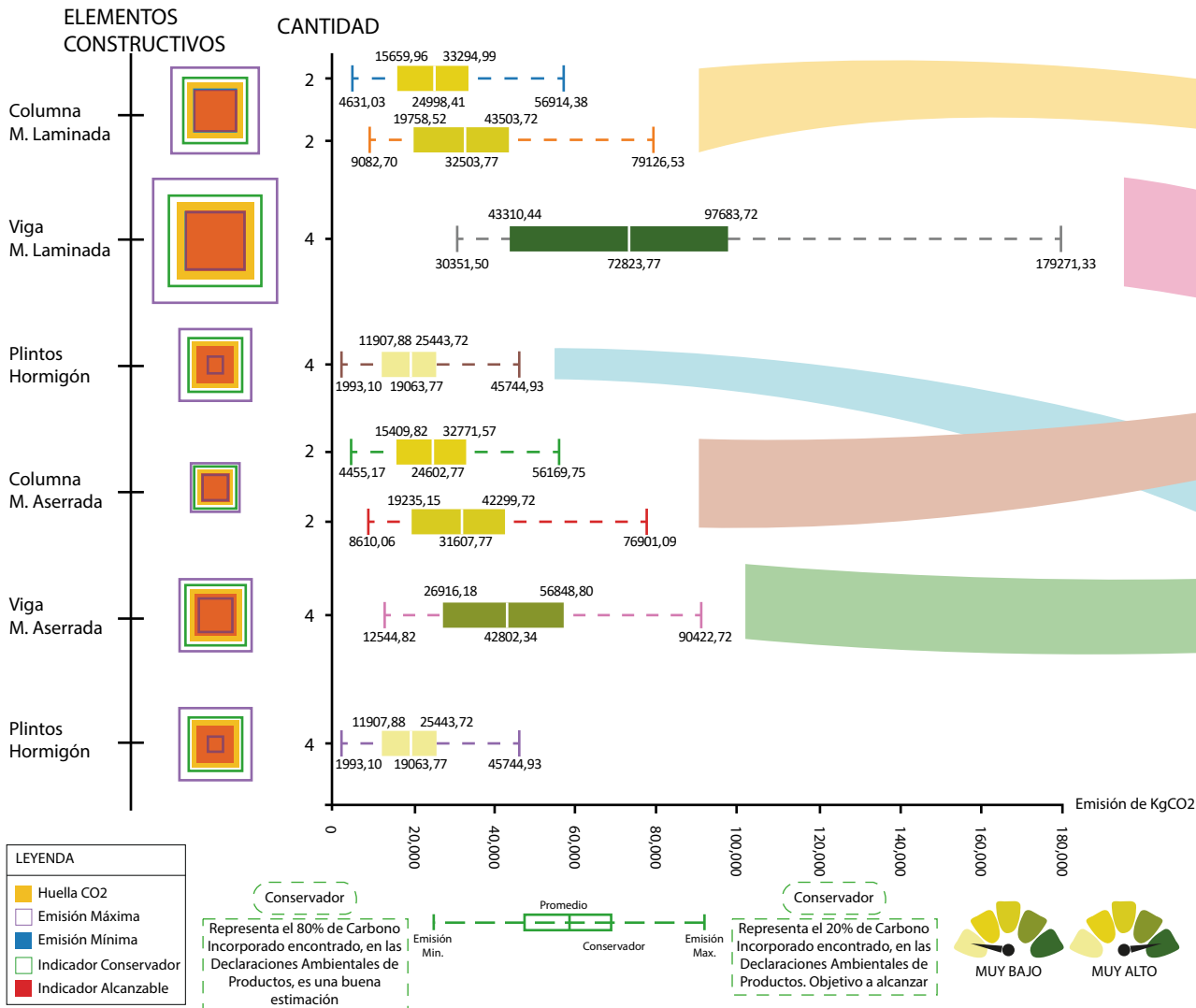
ETAPA 3
DIFUSIÓN DE RESULTADOS

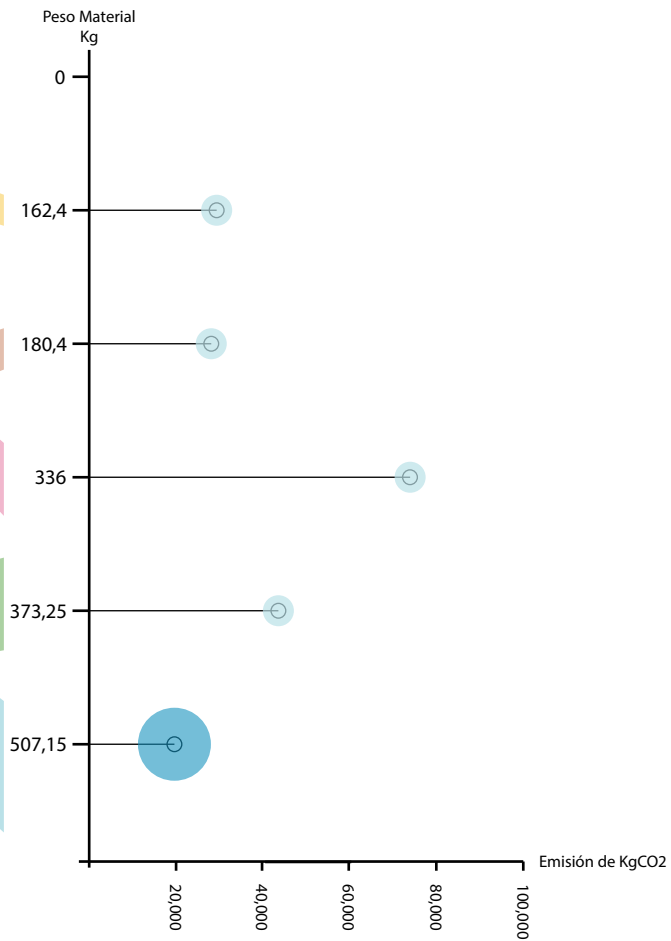


5. Resultados

Síntesis de resultados

Madera laminada y madera aserrada - Gráfico de resultados huella de carbono y huella hídrica



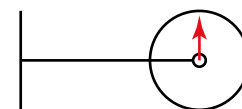


HUELLA HÍDRICA:

La huella hídrica en madera es nula en la construcción según las industrias que fabrican el material.

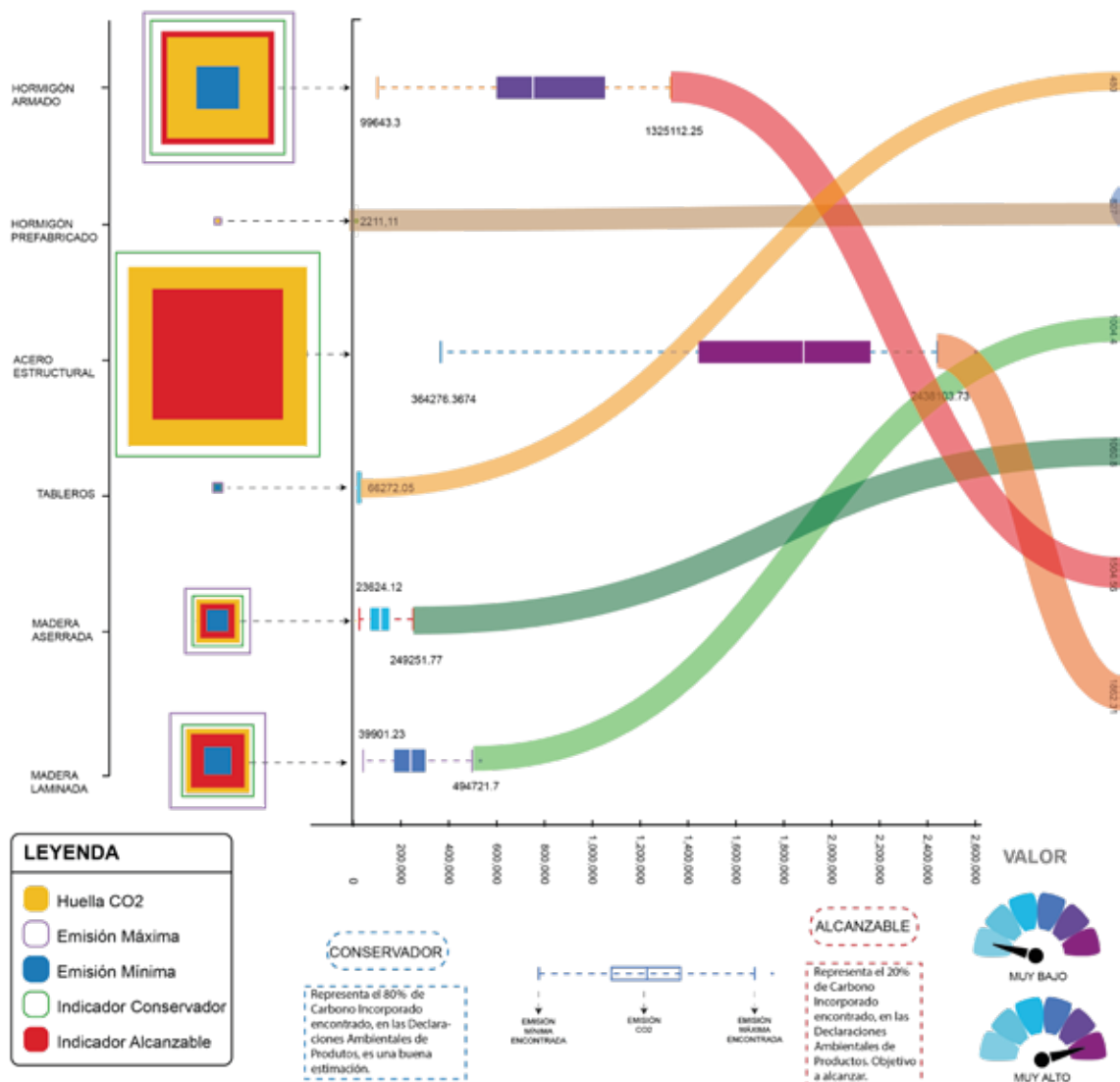
HUELLA HÍDRICA:

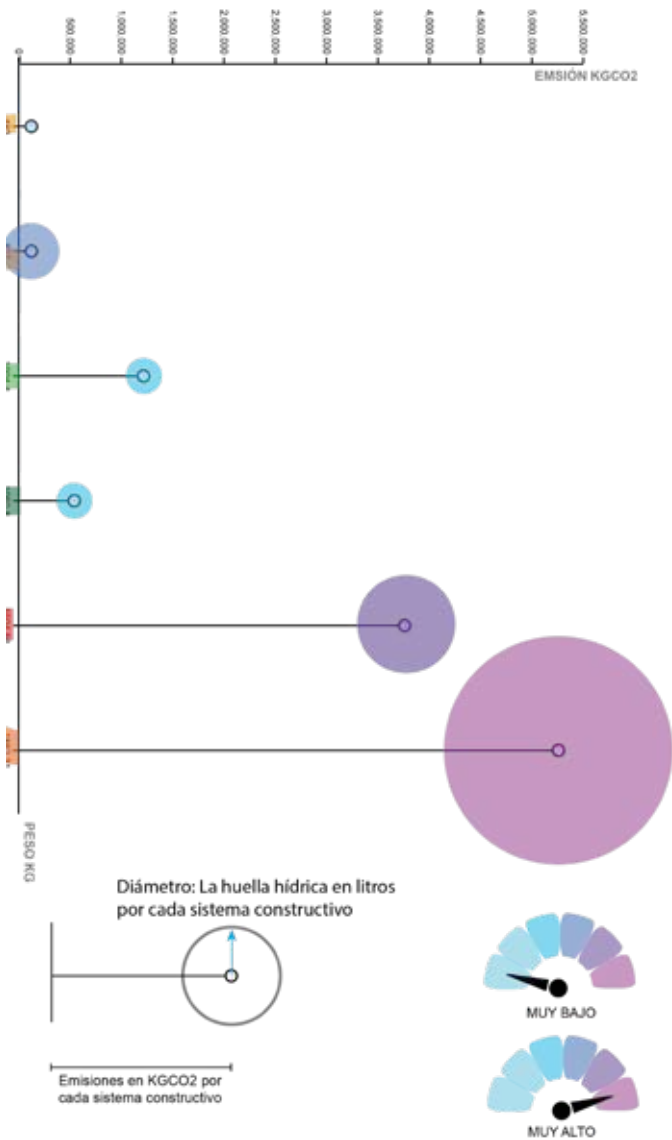
Diámetro: La huella hídrica en litros por cada sistema constructivo.



Elaboración propia, 2023

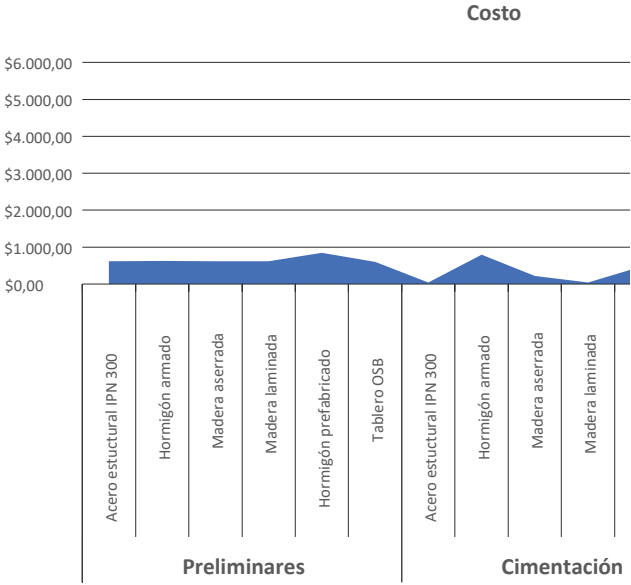
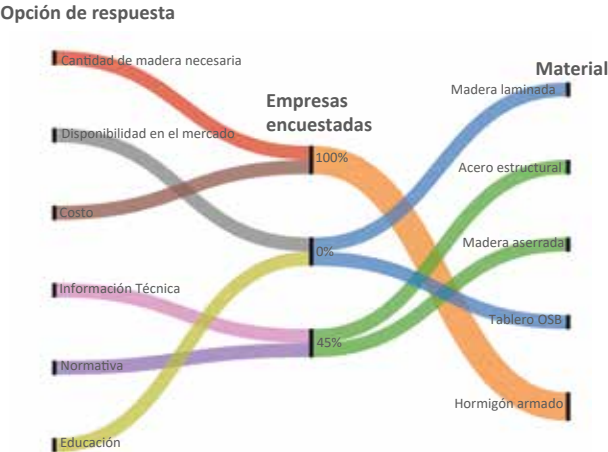
Gráfico de resultados huella de carbono y huella hídrica - Resumen

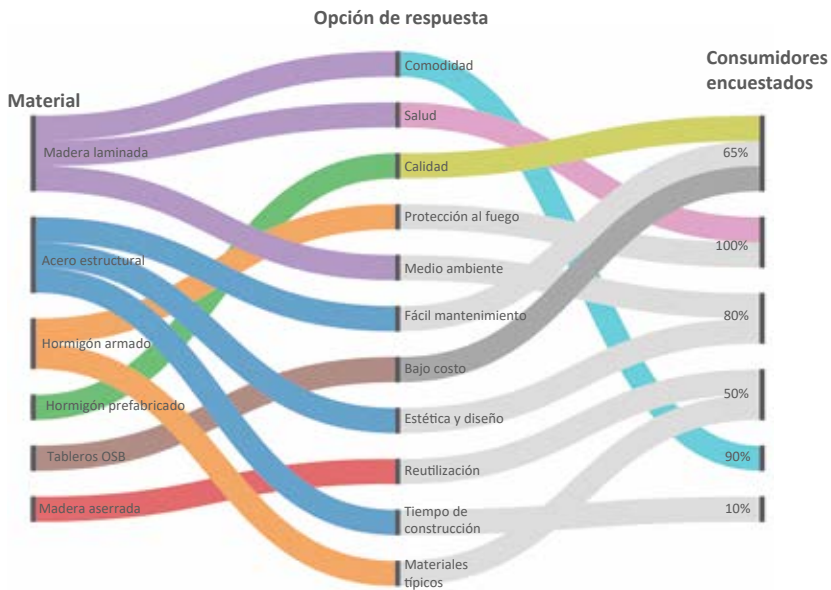
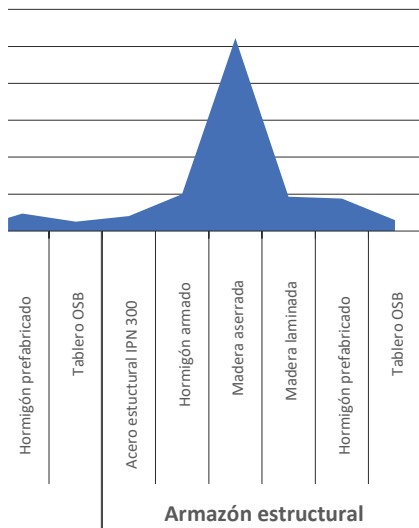




Elaborado por: Jose Gutierrez, 2023

Gráfico de resultados Aceptación de materiales / costos - Resumen





Elaborado por: Jose Gutierrez, 2023



Reflexiones Finales

Huella de Carbono

Al aplicar la formula se puede demostrar que la madera laminada captura 55820,80 CO₂ en todo el volumen de la estructura mientras que la madera aserrada logra capturar 18491,95 CO₂ en todo el volumen de la estructura con eso se demuestra que la madera laminada cuenta con una mejor capacidad de absorción de CO₂ generando un menor impacto ambiental.

Huella Hídrica

Al aplicar la formula se demuestra que las dos maderas no consumen agua en la construcción a excepción de sus cimientos siendo en ambos un consumo de 108587,6 litros de agua al ser de hormigón.

Costos

El valor del presupuesto para la construcción del prototipo es dos veces más económica que la madera aserrada debido a la demanda que tiene este material, siendo un valor de \$2309,69 en la madera laminada y \$5852,73 en la madera aserrada.

Aceptación del material

En cuanto a la aceptación del material se puede demostrar que existe una mayor aceptación en la madera laminada debido a las propiedades que tiene, a los distintos usos que se le puede dar y al mayor conocimiento que de este se tiene en comparación con la madera aserrada.



Recomendaciones

Se recomienda la utilización de la madera laminada como material de la construcción para viviendas de baja altura debido a la eficiencia tanto estructural, ambiental, consumo hídrico y el costo.

Se recomienda generar puntos de información en instituciones e industrias para dar conocimiento a la eficiencia de la madera como material de construcción.

Para la construcción futura de edificaciones en baja altura se deberá crear un plan de plantaciones certificadas para la demanda.



BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

AITIM - Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera. (s/f). Infomadera.net. Recuperado el 4 de noviembre 2022, de <https://infomadera.net/modulos/index.php>

AITIM - Revista de las Industrias de la madera. (s/f). Infomadera.net. Recuperado el 4 de noviembre 2022, de <https://infomadera.net/modulos/revista.php?id=179&a=2649>

AITIM - Sellos de calidad para la madera. (s/f). Infomadera.net. Recuperado el 4 de noviembre 2022, de <https://infomadera.net/modulos/sellos.php>

Autónoma, U., Carmen, D., & Didáctico, C. M. (s/f). Generalidades sobre Metodología de la Investigación. Unacar.mx. Recuperado el 4 de noviembre 2022, de https://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf

Blanco, T. A. (s/f). ¿Cómo se calcula la huella de carbono? BBVA. Recuperado el 23 Noviembre 2022, de <https://www.bbva.com/es/es/sostenibilidad/como-se-calcula-la-huella-de-carbono/>

Blanco, T. A. (2020, mayo 22). BBVA, primer banco del mundo en usar analítica de datos para calcular la huella de carbono de las empresas. BBVA. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/bbva-primer-banco-del-mundo-en-usar-analitica-de-datos-para-calculer-la-huella-de-carbono-de-las-empresas/>

Ciclo de vida de la madera. (s/f). Prezi.com. Recuperado el 27 de noviembre 2022, de <https://prezi.com/dikjwyeitwh5/ciclo-de-vida-de-la-madera/>

Ciclo de Vida de la Madera. (s/f). Madera.uc.cl. Recuperado el 13 de diciembre de 2022, de <https://madera.uc.cl/es/comunicacion/ciclo-de-vida-de-la-madera>

Construcción, A. E. N. S. (s/f). DETERMINACIÓN DE EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) Y EL IMPACTO ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL DE EL SALVADOR. Org.sv. Recuperado el 13 de diciembre 2022, de <http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/4339/1/06%20Informe%20Final%20Civil%20y%20Arquitectura%202020%20ISBN%20Ebook.pdf>

De Titulación presentado como, T., De los requisitos para optar al, P., & De, T. (s/f). Comportamiento del módulo de elasticidad en madera juvenil de *Pinus radiata* D. Don en tres condiciones de sitio. Uach.cl. Recuperado el 13 de diciembre 2022, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fifn325c/doc/fifn325c.pdf>

DeepL Translate - El mejor traductor del mundo. (s/f). DeepL.com. Recuperado el 27 de diciembre 2022, de <https://www.deepl.com/es/translator#en/es/a%20relation%20which%20suggests%20that%20the%20modulus%20of%20elasticity%20could%20be%20derived%20from%20the%20slope%20of%20the%20T%20versus%20y%20diagram.%0AFrom%20an%20analysis%20similar%20to%20that%20carried%20out%20above%20it%20is%20possible%20also%20to%20express%20it%20as%20a%20function%20of%20point%20load%20F.%20However%20the%20resulting%20relationship%20is%20highly%20nonlinear%20and%20cannot%20be%20simplified%20for%20small%20beam%20deflections.%20Therefore%20it%20is%20preferable%20to%20monitor%20cable%20tension%20and%20beam%20deflection%20to%20determine%20pure%20bending%20using%20Eq.%205>

EL TITULO DE: Doctor en Diseño PRESENTADA POR: M. en DIS. Diego Armando Arellano Vázquez, M. T. P. O. (s/f). METODOLOGÍA DESARROLLO DE MATERIALES CONSTRUCTIVS DE BAJ IMPACTO AMBIENTAL EN MÉXCO. Uaemex.mx. Recuperado el 27 de diciembre 2022, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109729/METODOLOGIA%20PARA%20EL%20DESARROLLO%20DE%20MATERIALES%20CONSTRUCTIVOS%20DE%20BAJO%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (s/f). An evaluation of environmental impacts of construction projects Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. Scielo.cl. Recuperado el 27 de diciembre 2022, de <https://www.scielo.cl/pdf/ric/v29n3/art02.pdf>

Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 29(3), 234–254. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732014000300002>

Garzón, G., & Andrea, M. (2012). El desarrollo industrial, una necesidad que requiere de diversos retos ambientales. *Producción + limpia*, 7(2), 7–8. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552012000200001

Generator, M. (s/f). Vista de MODELO DE EVALUACIÓN EN LA INTERVENCIÓN DE ESPACIOS COMERCIALES, BAJO CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE. Edu.ec. Recuperado el 4 de enero 2023, de <https://ocs.uazuay.edu.ec/index.php/daya/article/view/379/569>

Gil, E. L. (2017, agosto 16). Biocapacidad ¿qué es? Embutidos Luis Gil. <https://www.embutidosluisgil.com/blog/2017/08/biocapacidad-que-es/>

Google Académico. (s/f-a). Google.es. Recuperado el 4 enero de 2023, de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=impacto+medioambiental+en+la+construccion+en+ecuador&btnG=

Google Académico. (s/f-b). Google.es. Recuperado el 4 enero de 2023, de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Method+for+calculating+structural+strength+of+wood&btnG=

<https://orcid.org/>, J. G. M. (s/f). Realidad y expectativa sobre la construcción sostenible en Ecuador. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i43.1116>

Huang, C., Gong, M., Chui, Y., & Chan, F. (2020). Mechanical behaviour of wood compressed in radial direction-part I. New method of determining the yield stress of wood on the stress-strain curve. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 5(3), 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.07.004>

JOSÉ. (s/f). 01 LA MADERA. [iesboliches.org](http://www.iesboliches.org). Recuperado el 4 enero de 2023, de <http://www.iesboliches.org/tecnologia/index.php/2-la-madera/01-la-madera>

la Transición Ecológica, M. P. (s/f). GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN. Gob.es. Recuperado el 14 enero de 2023, de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

Madera aserrada para uso estructural. (s/f). Interempresas. Recuperado el 14 enero de 2023, de <https://www.interempresas.net/Madera/Articulos/105399-Madera-aserrada-para-uso-estructural.html>

Madera laminada. (s/f). Prezi.com. Recuperado el 14 de enero de 2023, de <https://prezi.com/p/j-ymxt77aiuw/madera-laminada/>

madera laminada proceso de fabricacion - Pesquisa Google. (s/f). Google.com. Recuperado el 14 enero de 2023, de https://www.google.com/search?q=madera+laminada+proceso+de+fabricacion&tbm=isch&ved=2ahUKEwjs-8peHj_L6AhUIx1MKHfQUAIYQ2-cCegQIABAA&oq=madera+laminada+proceso+&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgUIAB-CABDIECAAQHjoECCMQJzoECAAQZzoICAAQgAAQsQM6CAgAELEDEIMBOgciABCxAXBDogYIABAFEB46BwgAEIAEE-BhQtQdYoSVg4C1oAHAAeACAACiAHmLZIBBjtMjMuMpgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=im-g&ei=KPtSY-y-O4iOzwL0qYiwBQ&bih=663&biw=1366&rlz=1C1UEAD_esEC971EC971

Meritxell, P. ., Crevillen, B., Mesa, S., Bosch González, M., & Casas, J. R. (s/f). ARQUITECTURA TÉCNICA PROYECTO FINAL DE CARRERA IMPACTO AMBIENTAL Y CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. Upc.edu. Recuperado el 23 enero de 2023, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7360/pfc-e%202009.110%20mem%3b2ria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Miguel, I. L., Romero, A. R., & Gil, Y. S. (2017). Determinación del rendimiento y calidad dimensional de la madera aserrada en aserríos en la Provincia de Guantánamo. *Revista cubana de ciencias forestales*, 5(3), 340–351. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6222088>

mismos., y. H. a. (s/f). El desarrollo industrial, una necesidad que requiere de diversos retos ambientales. Org.co. Recuperado el 23 enero de 2023, de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a01.pdf>

Modenese, P. (2016, junio 14). Madera aserrada: tipos y características —. *Manual de Obra*. <https://www.manual-deobra.com/blog/maderamaciza>

Módulo elástico y coeficiente de Poisson de madera y derivados. (s/f). Sonelastic.com. Recuperado el 23 enero de 2023, de <https://www.sonelastic.com/es/fundamentos/tablas-propiedades-materiales/maderas.html>

Pineda, E. M., & Ramírez Azahar, G. A. (2021). Determinación de emisión de Dióxido de Carbono (CO₂) y el impacto económico y medioambiental en la construcción de viviendas de interés social de El Salvador : aplicación en sector construcción. ITCA Editores.

Proceso de fabricación. (2015, noviembre 30). Lanik ingenieros. <https://www.lanik.com/es/soluciones/madera-laminada/proceso-de-fabricacion>

Proceso DE fabricación DE La Madera laminada. (s/f). 1Library.Co. Recuperado el 27 enero de 2023, de <https://1library.co/article/proceso-de-fabricaci%C3%B3n-de-la-madera-laminada.zx5g7vwq>

Sanchez Moreno, E. A., Salas González, J. M., Pérez Elizalde, S., Portillo Vasquez, M., & Romo Lozano, J. L. (2021). Funciones de producción para madera aserrada en la Empresa Forestal Comunitaria en México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 109–129. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.983>

TEC2: 6.2.- PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA MADERA. (s/f). Xunta.gal. Recuperado el 27 enero de 2023, de <https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/mod/page/view.php?id=25062>

Tobasura Acuña, I. (2008). HUELLA ECOLÓGICA Y BIOCAPACIDAD: INDICADORES BIOFÍSICOS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL. El caso de Manizales, Colombia. *Luna Azul*, 26, 119–136. <https://doi.org/10.17151/luaz.2008.26.8>

Velázquez, A. (2018, agosto 15). ¿Cómo plantear un problema de investigación? QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/como-plantear-un-problema-de-investigacion/>

Vélez-Jaramillo, V. L. (2021). MODELO DE EVALUACIÓN EN LA INTERVENCIÓN DE ESPACIOS COMERCIALES,

BAJO CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE. DISEÑO ARTE Y ARQUITECTURA, 10, 69–110. <https://doi.org/10.33324/daya.v1i10.379>

View of constant bending method for determining modulus of elasticity of lumber in structural size. (s/f). Swst.org. Recuperado el 27 enero de 2023, de <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/828/828>

Vista de Análisis de la Implementación de una Estrategia de Reducción del Consumo Energético en el Sector Residencial del Ecuador: Evaluación del Impacto en la Matriz Energética. (s/f). Gob.ec. Recuperado el 30 enero de 2023, de <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/328/313>



Quito, 2023