

A photograph of a wooden roof truss structure, showing a complex network of light-colored wooden beams forming a series of triangles. The beams are connected with metal fasteners. The background is a clear blue sky.

**Catálogo de detalles constructivos de madera laminada para edificaciones con grandes luces, Ecuador
2024**

JACOME CASTILLO DYLAN JOEL



**Universidad
Indoamérica**

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

**Catálogo de detalles constructivos de madera laminada
para edificaciones con grandes luces, Ecuador 2024**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autor
JACOME CASTILLO DYLAN JOEL
Tutor
ARQ. MARCELO VILLACIS

**QUITO - ECUADOR
2024**

Jacome, D. (2024).
Catálogo de detalles constructivos de madera laminada
para edificaciones con grandes luces, Ecuador 2024

Universidad Tecnológica Indoamérica - Quito

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

Yo, JACOME CASTILLO DYLAN JOEL, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “Catálogo de detalles constructivos de madera laminada para edificaciones con grandes luces, Ecuador 2024”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizo al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamérica, 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 deberá firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 16 días del mes de noviembre de 2024, firmo conforme



.....
JACOME CASTILLO DYLAN JOEL
C.I. 1727609412
Dirección: Pichincha, Quito, Pusuqui
Correo: djacome.1512@gmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “Catalogo y análisis de detalles constructivos de madera laminada para grandes luces, Ecuador 2024” presentado por JACOME CASTILLO DYLAN JOEL 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, 26 de Enero de 2024

.....
ARQ. VILLACIS ORMAZA RAÚL MARCELO
C.I. 1312200106

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, 26 de Enero de 2024



.....
JACOME CASTILLO DYLAN JOEL
C.I. 1727609412

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: Catálogo de detalles constructivos de madera laminada para edificaciones con grandes luces, Ecuador 2024, 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, 26 de Enero de 2024

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

.....
ARQ. SUSANA ADRIANA MOYA VICUÑA
C.I.1719626952

DEDICATORIA

A mis padres, ya que ellos fueron los que me impulsaron a seguir esta carrera, ya que sin ellos ya hace mucho tiempo pude haber abandonado la carrera, pero más quiero agradecer a mi padre, gracias a él pude estudiar esta carrera ya que él fue el pilar de esta familia y sin él no habiéramos podido ni recolectar para el inicio de la carrera, incluso ya fallecido mi padre sigue ayudándome desde el más allá tanto en motivación como en consejos y financiamiento.

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer a toda mi familia, ya que sin ellos no hubiera podido alcanzar todos mis objetivos y desarrollo de la carrera a pesar de mis errores que tenido en toda mi carrera mi familia siempre estuvo presente y nunca me dieron la espalda en los momentos más difíciles de mi vida y en la carrera igualmente.

Igualmente quisiera agradecer a mis tutores que han estado en el transcurso de la carrera, ya que con las enseñanzas y el conocimiento que han tenido durante toda su vida laboral he podido realizarme como futuro arquitecto del Ecuador.

RESUMEN EJECUTIVO

Catálogo de detalles constructivos de madera laminada para edificaciones con grandes luces, Ecuador 2024

La presente investigación tiene como objetivo crear un catálogo de detalles constructivos en madera laminada para grandes luces, el propósito de este catálogo es que las edificaciones ya conocidas actualmente en el Ecuador no estén tan frecuentes a lo largo de muchos años, sino ya comenzar a implementar estas nuevos métodos de construcción ya que son muy pocos al nivel del Ecuador y que la gente conozca que es un buen sistema de construcción implementando la madera laminada para grandes luces, no obstante recordar que este cambio tan drástico no se va a ver de la noche a la mañana sino que se va a tomar su tiempo en pocas palabras años.

Para alcanzar este objetivo se implementó una metodología que se dividirá por 2 fases, en la primera fase se realizó un análisis exhaustivo en referente al tema de sistemas constructivos en madera laminada para grandes luces, para realizar esta investigación se tuvo que idear planes para ir a constructoras con expertos relacionados al tema que nos pueda ayudar con información de estos sistemas estructurales de madera laminada, igualmente investigando catálogos del cómo está estructurado y funcionando para el entendimiento al público. Como segunda fase tenemos el desarrollo de detalles constructivos, Se escogerá los detalles constructivos más óptimos a la hora de distribuirlos de mejor calidad a la hora de realizar las construcciones igualmente cuales son más favorables en cada edificación, a estas conclusiones se llega gracias a estudios de submetodologías y cálculos que se ha indagado y por último se implementara fotografías, maquetas modeladas, diagramas, igualmente se desarrollará un repositorio digital que contenga todos los detalles constructivos en modelos 2D Y 3D.

Con la implementación de este catálogo se espera elevar más el conocimiento sobre esta rama de la arquitectura aquí en el Ecuador así promoviendo el desarrollo de construcciones de grandes luces implementando la madera laminada como método de construcción así aumentando mayor rendimiento y producción de estos.

DESCRIPTORES: Catálogo, Estructuras de madera laminada, Técnicas de Construcción, Implementación en la Sociedad

ABSTRACT

Catalog of construction details of laminated wood for buildings with large spans, Ecuador 2024

The objective of this research is to create a catalog of construction details in laminated wood for large spans, the purpose of this catalog is that the buildings already known currently in Ecuador are not so frequent over many years, but rather to begin to implement These new construction methods since there are very few at the level of Ecuador and that people know that it is a good construction system implementing laminated wood for large spans, however remember that this drastic change will not be seen overnight. in the morning but it's going to take its time in a few years.

To achieve this objective, a methodology was implemented that will be divided into 2 phases. In the first phase, an exhaustive analysis was carried out regarding the topic of construction systems in laminated wood for large spans. To carry out this research, plans had to be devised to go to construction companies with experts related to the subject who can help us with information on these laminated wood structural systems, also researching catalogs of how it is structured and functioning for public understanding. As a second phase we have the development of construction details. The most optimal construction details will be chosen when it comes to distributing them with better quality when carrying out the constructions, as well as which ones are more favorable in each building. These conclusions are reached thanks to studies of submethodologies and calculations that have been investigated and finally photographs, modeled models, diagrams will be implemented, and a digital repository will also be developed that contains all the construction details in 2D and 3D models.

With the implementation of this catalog it is expected to further raise knowledge about this branch of architecture here in Ecuador, thus promoting the development of large-span constructions, implementing laminated wood as a construction method, thus increasing greater performance and production of these.

KEYWORDS: Catalog, Laminated wood structures, Construction Techniques, Implementation in Society

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ETAPA 1. Conocimiento previo	19
1. Conocimiento previo	21
1.1 Introducción	21
1.2 Objetivos	25
1.2.1. Objetivo general	25
1.2.2. Objetivos específicos:	25
ETAPA 2. Aplicación metodológica	27
2. Fundamentación Teórica	28
2.1 Catalogación y análisis de detalles constructivos de madera laminada para grandes luces	28
2.1.1. Madera Laminada: Una tendencia sostenible	29
2.1.2. Madera laminada espacial: ¿futuro de la construcción verde?	30
2.1.3. Madera Laminada, Fabricación y Montaje de Sistemas Estructurales: ..	31
2.1.4. Construcciones y Rehabilitaciones en Madera Laminada:	32
2.1.5. Estructuras Arquitectónicas de Madera Laminada:	34
2.1.6. Referentes de sistemas estructurales:	34
2.1.6.1 Hotel Papagayo, Costa Rica, 2004:	35
2.1.6.2 Campamento Minero, Sierra Gorda:	35
2.1.6.3 Hotel Explora Rapa Nui, Easter Island:	36
2.1.6.4 Psi cultura Lago Verde, Puerto Varas:	36
2.1.7. Resumen de Matriz	37
3. Materiales y métodos	38

3.1	Mapa de metodologia	38
3.2	Fases Metodologicas	39
3.2.1.	Fase 1	39
3.2.2.	Fase 2	40
ETAPA 3. Difusión de resultados		43
4.	Difusión de resultados.	44
4.1	Fase 1	44
4.1.1.	Disño de Cuestionario	44
4.1.2.	Observaciones de Campo	44
4.1.3.	Procesamiento y analisis de datos	45
4.1.4.	Informacion de Resultados	45
4.2	Fase 2	46
4.2.1.	Analisis Estructural.	48
4.2.2.	Huella Ecologica	49
4.2.3.	Resultado de Analisis de Datos	63
4.2.4.	Interpretacion de resultados.	71
4.2.5.	Maquetas	72
4.3	Aplicacion de Catalogo	76
4.3.1.	Detalle en Porticos.	76
4.3.2.	Detalle de Fijaciones Estructurales.	82
4.3.3.	Articulaciones.	86
4.3.4.	Tableros Encolados	94
4.3.5.	Vigas	100
4.3.6.	Uniones Metalicas	106
5.	Conclusiones	124
6.	Recomendaciones	126

7.	Referentes Bibliográficos	127
8.	Anexos	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fisuras en la estructura de hormigón.	21
Figura 2. Daños irreversibles al medio ambiente.	22
Figura 3. Desastre del Terremoto en la Provincia de Manabí	22
Figura 4. Elementos curvos de madera laminada	23
Figura 5. Control forestal sostenible.	24
Figura 6. Materiales desechos para nuevas edificaciones	30
Figura 7. Cuadro comparativo	33
Figura 8. Sistemas estructurales	34
Figura 9. Obras destacables	35
Figura 10. Edificaciones formadas por vigas curvas	35
Figura 11. Pórticos triarticulados	35
Figura 12. Postes de viga	36
Figura 13. Vigas curvas triarticuladas	36
Figura 14. Manual de diseño para maderas del grupo andino	46
Figura 15. Tabla de analisis.	48
Figura 16. Huella Ecologica.	49
Figura 17. Niveles de Aprobacion	63
Figura 18. Cuadro de calculos para identificar el detalle mas optrimo	64
Figura 19. Cuadro de datos final.	65
Figura 20. Detalle de ensamblaje en ángulo por uniones metálicas	72
Figura 21. Detalle de rebaje en pletinas	73
Figura 22. Vigas en pórtico bi- articulado	73
Figura 23. Nervios de madera laminada encolada y planchas de unión	74
Figura 24. Entalladura en el eje del soporte y se fija por pasadores	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Laminas de Madera de la misma calidad.	129
Anexo 2. Combinacion de Laminas de distinta calidad	130
Anexo 3. Duracion de la Carga	131
Anexo 4. Coeficiente segun la longitud y posicion de los apoyos.	131
Anexo 5. Cargas formando angulo con la fibra de la madera	131
Anexo 6. Esbeltez	132
Anexo 7. Coeficiente de esbeltez para maderas cosífcadas 0,50 y 0,40	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elaboracion de cuestionario	44
Tabla 2. Matris de resultado	45
Tabla 3. Sistemas Porticales	47
Tabla 4. Detalles en porticos	50
Tabla 5. Detalle de fijaciones estructurales	52
Tabla 6. Vigas	54
Tabla 7. Articulaciones.	56
Tabla 8. Tableros Encolados	58
Tabla 9. Uniones Metalicas	60
Tabla 10. Detalles en porticos Resultados	66
Tabla 11. Detalle de fijaciones estructurales Resultados	67
Tabla 12. Vigas Resultados	68
Tabla 13. Articulaciones Resultados	69
Tabla 14. Tableros Encolados Resultados.	70
Tabla 15. Uniones Metalicas Resultados	71

ETAPA 1

Conocimiento previo

● Conocimiento previo

1.1 Introducción

En la actualidad cuando se va de un sitio a otro se puede ver claramente edificaciones en todas partes, debido a que en la sociedad de hoy en día en la que vivimos está repleta de ellas, pero la mayoría de las edificaciones que podemos visualizar en el país ecuatoriano son: edificaciones de hormigón armado, edificaciones de estructura metálica las cuales son muy pocos debido a que son muy costoso y no muchas personas pueden costear este tipo de estructura, edificaciones de caña guadua que se utiliza más en la costa ecuatoriana, etc (Rodríguez. 2023).

Un problema que se puede presenciar en el levantamiento de las edificaciones de grandes luces es en la falta de tiempo y costo, ya que estos varían dependiendo el día y el cliente. Un claro ejemplo es con las edificaciones que llevan estructura metálica, el precio de ellas son muy costosas estas pueden llegar a costar de entre 80\$ a 100\$ cada viga metálica, para una edificación de grandes luces ya que estas tienen una entrada de luz de entre 15m a 30m, el cual sería muy costosa su levantamiento y en especial en el caso hormigón armado sería un problema rotundo (Codena. 2023).

Además, en la estructura de hormigón es que se debe asimilar que las grietas en el hormigón armado son un hecho (Fig.1), aunque la mayoría de ellas no comprometen la resistencia de la estructura. Generalmente la reparación de estas grietas es por motivos estéticos, funcionales o de durabilidad. Sobre todo, la durabilidad, ya que cuando aparece la grieta aumenta el flujo de agentes externos que favorecen la aparición de otras patologías, como: corrosión de armaduras o carbonatación (Jiménez. 2020).



Figura 1. Fisuras en la estructura de hormigón
Fuente: (Jiménez. 2020).

Uno de los problemas más comunes para la instalación de una estructura metálica es la falla en la construcción de los troqueles que soportarán las columnas de la estructura. En ocasiones luego de que la ingeniería civil realiza los trabajos de cimentación y preparación del terreno donde se construirá el edificio a desarrollar, es común encontrar que algunos dados donde se ubicarán las columnas que sustentarán el edificio no están bien alineados; o los anclajes presentan desviaciones por efecto del hormigón al momento del colado. Estos problemas, si no se detectan y corrigen a tiempo, generarán más problemas porque estas desviaciones se distribuirán y multiplicarán por toda la estructura, obligándonos a realizar ajustes que no habíamos considerado (Andrade. 2021).

En cuestión de la huella ambiental se puede corroborar que las edificaciones de estructura metálica y hormigón

armado, se consideran inestables para el medio ambiente. Un claro ejemplo: la estructura metálica debido a su inestabilidad en contacto constate con el medio ambiente hace necesario un mantenimiento continuo ya que este material se oxida. Como consideración a favor hacia el ambiente, es un material reciclable. En el caso del hormigón armado, en el momento de su fabricación, las extracciones de la materia prima, ocasionan daños irreversibles al medio ambiente (Fig.2) al momento de su último tiempo de vida no se podrá reciclar lo que ocasiona muchos desperdicios y consume mucha energía y desperdicios en su eliminación (Ramírez. 2021).



Figura 2. Daños irreversibles al medio ambiente
Fuente: (Ramírez. 2021)

En el caso de Quito específicamente en la parroquia de Pomasqui-San Antonio, donde han surgido riesgos por actividades humanas, en este caso, por la explotación de canteras para abastecer el mercado de la construcción del Distrito Metropolitano de Quito. La población, está permanentemente expuesta al polvo provocado por las canteras y el transporte de material, padece enfermedades respiratorias. Asimismo, el ruido provocado por el transporte supone una molestia constante para los residentes, igualmente toda esa área que se ha realizado para la extracción de ma-

teriales antes mencionado, por la extracción gran parte del área a comenzado a ser inestable al punto de tener derrumbes por el mal uso del área he inundaciones en ciertas localidades por la excesiva tala de árboles, etc. (Portero. 2020).

Por otro lado en otra región del Ecuador un problema que se debe indagar es el que sucedió con estas edificaciones en la provincia de Manabí en el accidente catastrófico del año 2016, fue un terremoto de magnitud de 7,8 que surgió en la zona costera del Ecuador, el epicentro del terremoto fue en Cojimíes y Pedernales, fue una de las más afectadas debido a que se vinieron abajo gracias a su mal funcionamiento estructural, (Fig.3) no solo unas casas sino pueblos enteros causando así muchas pérdidas de vidas debido a que las edificaciones no estaban desarrolladas con la idea de un suceso como este, ya que la gente está más a la idea de levantar edificaciones más rápido y barato sin ver los riesgos a detalle (Coba. 2020).



Figura 3. Desastre del Terremoto en la Provincia de Manabí
Fuente: (Coba. 2020).

Una vez indagado lo anterior existe varios problemas con estos sistemas estructurales que hemos implementado todas nuestras vidas, así perjudicando no solo a nuestra

población económicamente o físicamente, sino también en cuestión ambiental y otros casos mas que podemos indagar, pero para todo esto antes mencionado hay varias soluciones que podemos implementar (Ramírez. 2021).

La importancia de crear este catálogo de madera laminada para grandes luces es por el hecho de que no hay fuentes específicas sobre este tema ya que estamos muy acostumbrados a realizar estas edificaciones con otros sistemas estructurales, por lo tanto a partir de este contexto de la problemática antes vista, podemos corroborar que la madera laminada para el levantamiento de edificaciones de grandes luces es más óptimo que las anteriores propuestas, hay varias razones las cuales podemos utilizar este método de construcción, una de esta razón es que favorece en estos levantamientos debido a que al usar madera laminada se pueden lograr luces de 15 y hasta 30 metros sin vigas ni postes intermedios, lo que permite obtener un espacio amplio y versátil, alternativas muy útiles en edificaciones deportivas, comerciales e industriales (Beltrán. 2021).

Además, en la creación de elementos curvos de grandes proporciones (Fig.4), los cuales puede simplemente remplazar al hormigón armado y a la estructura metálica fácilmente, por su calidad, tiempo y ahorro.

Han perfeccionado y agilizado la prefabricación de madera laminada a nivel industrial, lo que permite una mayor planificación, eficiencia y eficacia en la construcción de grandes espacios, así como de proyectos medianos y pequeños Al estar fabricado uniendo piezas de madera, con madera laminada se pueden conseguir piezas estructurales de cualquier largo, ancho o espesor (Espinoza. 2021).



Figura 4. Elementos curvos de madera laminada
Fuente: (Espinoza. 2021).

La implementación de la madera laminada no solo se puede utilizar para una cierta parte específica de la edificación, también se puede utilizar para levantar una edificación desde cero, creando mayor distribución de espacios, mayor resistencia en cuestión de temblores o terremotos dependiendo la magnitud, reduciendo el tiempo del levantamiento, etc (Espinoza. 2021).

En cuestión de la huella ambiental, la elaboración de edificaciones de grandes luces o cualquier tipo, la madera laminada tiene un control a favor con la gestión forestal sostenible (Fig.5), su proceso de extracción no perjudica a grandes escalas al medio ambiente. Su proceso de fabricación tiene un coste energético insignificante ya que no requiere transformaciones químicas. Es fácil de montar ya que es ligero. Requiere mantenimiento de rutina, es 100% reciclable lo cual beneficia mucho al medio ambiente, ya que en el momento del alzamiento de las edificaciones este método constructivo es el que pudiera beneficiar al usuario y al ambiente (Ramírez. 2021).



Figura 5. Control forestal sostenible
Fuente: (Ramírez. 2021).

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Crear un repositorio integral de sistemas, uniones, acoples y detalles constructivos con el propósito de brindar a planificadores y constructores un recurso de referencia que facilite el conocimiento y la aplicación de madera laminada en edificios de grandes luces, con el objetivo de promover y difundir su uso en Ecuador.

1.2.2. Objetivos específicos:

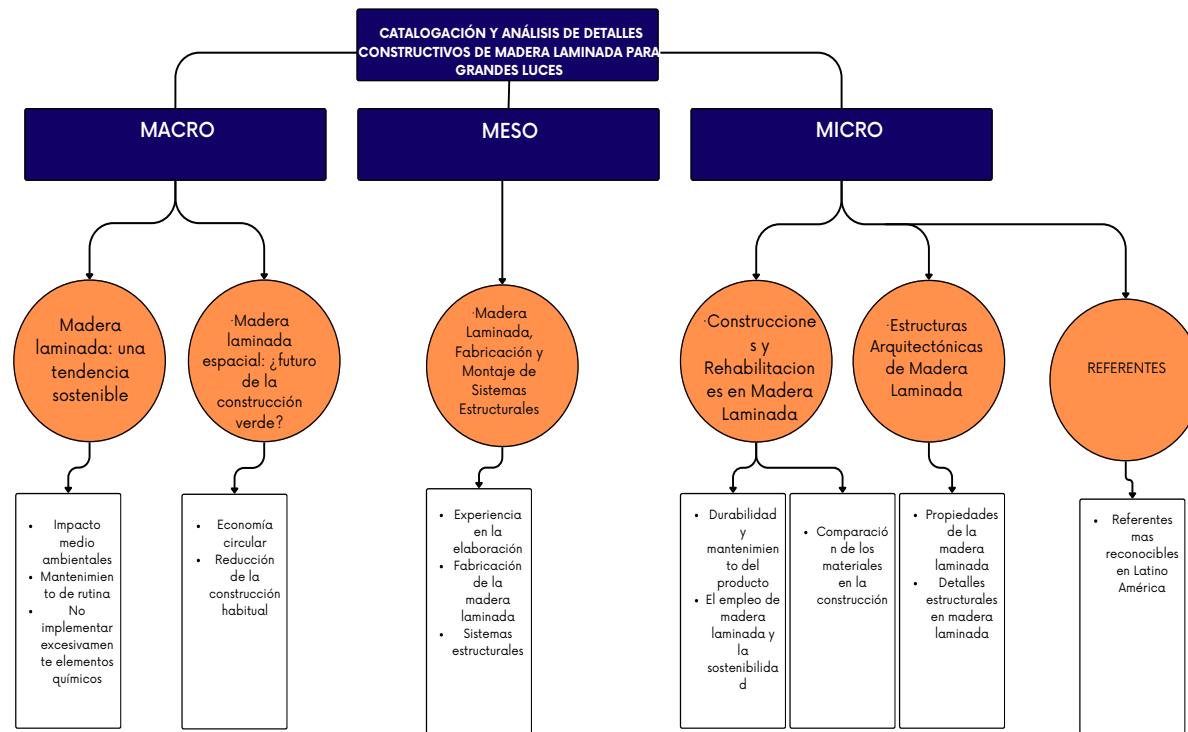
- Fomentar el conocimiento de la realización de estas edificaciones en madera lamada para grandes luces, debido a que no se tiene muy en cuenta esta rama de la construcción en el Ecuador.
- Hacer entender al lector de manera sencilla y exacta, del porque debemos implementar este tipo de estructura para este tipo de edificaciones.
- Realizar he indagar en investigaciones acerca de la madera laminada para grandes luces, para así proceder a la realización de catálogos.

ETAPA 2

Aplicación metodológica

Fundamentación Teórica

2.1 Catalogación y análisis de detalles constructivos de madera laminada para grandes luces



DIMENSION	TEORIA	TEMAS	AUTOR	AÑO
MACRO	<ul style="list-style-type: none"> Madera laminada: una tendencia sostenible Madera laminada espacial: ¿futuro de la construcción verde? 	<ul style="list-style-type: none"> Impacto medio ambientales Mantenimiento de rutina No implementar excesivamente elementos químicos Economía circular Reducción de la construcción habitual 	<ul style="list-style-type: none"> DIEGO MORAN DAVE BELTRAN 	2022
MESO	<ul style="list-style-type: none"> Madera Laminada, Fabricación y Montaje de Sistemas Estructurales 	<ul style="list-style-type: none"> Experiencia en la elaboración Fabricación de la madera laminada Sistemas estructurales 	<ul style="list-style-type: none"> JOSE GUERRERO 	2022
MICRO	<ul style="list-style-type: none"> Construcciones y Rehabilitaciones en Madera Laminada Estructuras Arquitectónicas de Madera Laminada Referentes 	<ul style="list-style-type: none"> Durabilidad y mantenimiento del producto El empleo de madera laminada y la sostenibilidad Comparación de los materiales en la construcción Propiedades de la madera laminada Detalles estructurales en madera laminada Referentes mas reconocidos en latino america 	<ul style="list-style-type: none"> VICTOR YEPES JUAN MORAN 	2022

2.1.1. Madera Laminada: Una tendencia sostenible

Destaca que es necesario cambiar paradigmas y reconocer que la madera laminada es amigable con el medio ambiente. Desde el consumo por tonelada de material fabricado, hasta el impacto ambiental respecto a la producción de otros materiales. Los edificios mal diseñados pueden ser perjudiciales para el medio ambiente, y por ello suponen un gran peligro para la salud y el bienestar de sus habitantes. Estos impactos ambientales ocurren debido a la necesidad de urbanización y pueden ocurrir a nivel regional, local y de sitio. Entre los efectos está la pérdida de tierras, que a menudo se refieren a tierras agrícolas. También los bosques, humedales y hábitats que contienen especies raras y en peligro de extinción, etc. Están en riesgo si no se implementan políticas de planificación regional adecuadas (Verdesoto. 2021).

El diseño del proyecto debe tener en cuenta el medio ambiente, fomentando el uso de materiales cuya extracción no haya provocado un deterioro del medio ambiente, como es el caso de la madera. Ya que para la fabricación de madera laminada podemos implementar varios tipos de madera o también podemos reutilizar madera laminada, creando así una arquitectura sostenible 100% reciclable (Verdesoto. 2021).

A la hora de seleccionar una madera laminada tenemos que tener muchos factores en cuenta. Así como su ubicación y su capacidad para afrontar los diferentes climas que se pueden presentar en cada estación. Cada comercializador de madera tiene su propia experiencia y trato con sus productos, por lo que recomendamos consultar y comparar respuestas para seleccionar el mejor tratamiento que se le puede dar a la madera. El mantenimiento de la madera laminada no es nada fuera de lo común y no daña el medio ambiente a gran escala, ya

que la elaboración de estos productos no requiere tanto procesamiento y explotación de los recursos naturales (Morales. 2021).

Para el mantenimiento de la madera laminada no es necesario crear varios productos químicos ya que su mantenimiento solo requiere de ciertos productos que tengan las siguientes especificaciones:

- La humedad de la madera no debe exceder el 15%.
- La temperatura a la que se aplicará el producto tendrá que estar entre 5°C y 35°C.
- No se recomienda aplicar los productos sobre madera mojada, ni en días de lluvia.
- Se recomienda limpiar la madera de toda suciedad y polvo antes de aplicar el producto.

Sin embargo, no requiere la fabricación excesiva de elementos químicos que dañen el medio ambiente (Morales. 2021).

2.1.2. Madera laminada espacial: ¿futuro de la construcción verde?

Madera, aunque la deforestación es responsable del 15% de las emisiones globales, la madera extraída de bosques gestionados de forma sostenible absorbe más dióxido de carbono de la atmósfera del que emite. Esto se debe a que los árboles no sólo ingieren este elemento, sino que también lo almacenan. Cuando se talan árboles para obtener madera, el carbono almacenado en su interior no se mueve a menos que se queme o se pudra. Esto convierte a la madera en uno de los materiales de construcción más sostenibles que existen. La prioridad es reducir

la producción al mínimo imprescindible y optar por la reutilización de elementos que no pueden devolverse al medio ambiente. Han creado conciencia sobre el impacto de la arquitectura en el medio ambiente, por lo que se han centrado en crear estrategias constructivas de grandes luces con madera laminada que generen menos desperdicio de recursos y mayor ahorro en el consumo de energía. Finalmente, para solucionar este problema, el edificio debe construirse a partir de elementos y materiales desechados (Fig. 6) de construcciones anteriores, ya sean reciclados o reutilizados, para darles una segunda vida (Ochoa. 2020).



Figura 6. Materiales desechos para nuevas edificaciones
Fuente: (Ochoa. 2020).

De esta manera, la idea es que los sistemas productivos se retroalimenten, por lo que se implementa madera laminada de grandes luces, reduciendo la necesidad de materias primas y el manejo de residuos que no pueden ser devueltos al medio ambiente (Ochoa. 2020).

Con esta nueva implementación de arquitectura laminada para grandes superficies, las habituales construcciones que podemos ver actualmente se pueden reducir en mayor medida debido a varios factores como son: precio, tiempo, calidad y, lo más importante, la sostenibilidad medioambiental. Un claro ejemplo es en países del primer mundo, ya han iniciado la construcción de estos edificios debido a su alta demanda ya que beneficia tanto a los ciudadanos como al sector (Ochoa. 2020).

2.1.3. Madera Laminada, Fabricación y Montaje de Sistemas Estructurales:

Para la producción de este material a partir de todo tipo de madera, la producción de Madera Laminada está dirigida principalmente al mercado interno, dirigido más que nada a obras arquitectónicas especiales, grandes estructuras con grandes luces, tales como Bodegas, Gimnasios, Piscinas, Comerciales. Almacenes, puentes peatonales y grandes obras de uso público. Esta característica del mercado ha configurado la producción con más del 70% de piezas especiales y sólo un 30% entregada a piezas de dimensiones estándar. Recientemente existe una fuerte tendencia hacia el aumento de la calidad de los materiales de construcción, principalmente con el desarrollo de elementos estandarizados.

Por ello, el equipo de técnicos y profesionales que forman ha tenido un constante desarrollo de sus metodologías y sistemas de trabajo. Los procedimientos y sistemas de producción se rigen por las Normas y están sujetos a procesos de mejora continua ISO 9001:2008, que otorga un sello de calidad a los productos y sistemas de trabajo, que complementamos permanentemente con la investigación

en sistemas de producción. similar, presente en países con mayor tradición y desarrollo en la producción de Madera Laminada (Gonzales. 2022).

Una vez revisados los procedimientos con las normas ISO, se realiza un primer control de calidad en planta, identificamos y eliminamos fallas que no aceptan la norma, generando piezas de longitudes aleatorias y un ancho máximo igual a 200 mm. Estos se tratan con la máquina ensambladora de dedos en ambos extremos. En una prensa discontinua, paso a paso, se van uniendo estas piezas hasta formar láminas de una longitud igual a la que determina el proyecto correspondiente. Luego estas láminas, que no superan un espesor igual a 25 mm, se almacenan por un período de 24 horas en una cámara de temperatura y humedad controlables para luego pasar por ella una cepilladora que calibra dos de sus caras antes de proceder al encolado y posterior prensado. La encoladora automática de cortinas se sincroniza con la cepilladora en un proceso continuo antes del prensado final (Gonzales. 2022).

Los principales tipos de proyectos que desarrollamos son:

- Naves industriales
- Construcciones culturales y deportivas.
- Puentes peatonales
- Cobertores de piscina
- Obras institucionales de gran luminosidad, de uso público.
- Edificios de media altura y luces menores.

2.1.4. Construcciones y Rehabilitaciones en Madera Laminada:

En las estructuras de madera laminada están formadas fundamentalmente por láminas de madera de espesor constante, que se unen longitudinalmente mediante muescas en sus cabezas y se encolan hasta alcanzar las dimensiones deseadas. Además, su gran flexibilidad, unida a la belleza natural de la madera, permite crear estructuras de grandes luces y gran libertad de diseño, capaces de resolver, a un coste competitivo, la mayoría de geometrías, un complejo de cualidades estéticas. incomparable. Las estructuras de madera laminada son aconsejables, sin embargo, en grandes luces diáfanas en edificios de uso público, comercial o deportivo (de 30 a 70 metros); en estructuras de tejados con peso propio reducido; cuando se pretenda una apariencia estética especial; cuando se necesitan estructuras con alta estabilidad al fuego; cuando se requiere una estructura con resistencia a agentes químicos agresivos o en estructuras en situaciones de difícil mantenimiento, por ejemplo. Así, la madera laminada nos ha permitido ampliar el abanico de usos de la madera, destacando sus cualidades estéticas, físicas, mecánicas y de durabilidad (Yepes. 2022).

Para garantizar su durabilidad y reducir su mantenimiento es fundamental tener un buen diseño constructivo, eliminando así posibles pudriciones y ataques de insectos. Según las clases de servicio donde se ubiquen las estructuras se elegirá un tipo de protección preventiva u otro. También se pueden utilizar especies de madera con suficiente durabilidad natural para cada tipo de servicio.

Para la fabricación de madera laminada existen requisitos de fabricación marcados por diferentes sellos de calidad y sostenibilidad. Estos son fundamentales para garantizar el aprovechamiento del producto y así evi-

tar la deforestación y el uso de madera no certificada. Tradicionalmente dedicada a la distribución de madera y productos elaborados, la implantación de nuevas tecnologías constructivas sostenibles aplicadas a la madera, multiplican sus usos y utilidades. Cabe destacar la tecnología de la madera laminada encolada que nos permite acometer nuevos proyectos tanto de grandes luces como de formas, ya que la madera laminada es ideal para la creación de cualquier estructura con este material por su resistencia y ligereza (Yepes. 2022).

A lo largo de nuestra vida hemos apreciado varios edificios de grandes luces con diferentes tipos de materiales, pero sin embargo tenemos una vaga idea de cómo son sus cualidades y comparativas, por lo que se ha elaborado una tabla comparativa de estos para su facilidad de comprensión. reconociendo sus cualidades (Fig. 7) (Yepes. 2022).

Comparativo con diversos materiales	
Una comparación entre los materiales más utilizados en la construcción: hierro, Cerámica, aluminio, vidrio, cemento, tiza y madera.	
<p>Hierro</p> <p>Calidades intrínsecas: Altera el campo magnético natural. Es inestable con la natura. Coste elevado de extracción. Proceso de fabricación: Gran coste energético por su transformación (aceros). Pautas de instalación: Transporte y montaje complejo y oneroso. Mantenimiento: Su inestabilidad hace necesario un continuo mantenimiento (oxidación). Residuos: Es reciclable.</p>	<p>Vidrio</p> <p>Calidades intrínsecas: Origen natural. Proceso de fabricación: Coste mediano y con procesos varios. Pautas de instalación: No representa grandes problemas de instalación. Múltiples aplicaciones. Mantenimiento: Mantenimiento óptimo. Residuos: Es reciclable.</p>
<p>Aluminio</p> <p>Calidades intrínsecas: No perjudica la salud. Proceso de fabricación: Enorme coste energético. Pautas de instalación: No representa grandes problemas de instalación. Mantenimiento: Mantenimiento óptimo. Residuos: Es reciclable.</p>	<p>Aditivos en polvos</p> <p>Calidades intrínsecas: Buenas calidades bióticas. Proceso de fabricación: Sencillo. Descartar sustitutos sintéticos y artificiales procedentes de residuos industriales y procesos químicos. Pautas de instalación: No representa grandes problemas de instalación. Mantenimiento: Mantenimiento simple Residuos: No reciclable</p>
<p>Cemento</p> <p>Calidades intrínsecas: Pobres calidades bióticas. Proceso de fabricación: Extracciones, daños irreparables a la naturaleza. Pautas de instalación: Buenas calidades técnicas y económicas. Mantenimiento: (cemento armado) Material con pautas menos durables que las previstas. Residuos: No reciclable.</p>	<p>Madera</p> <p>Calidades intrínsecas: Origen natural con control de gestión forestal sostenible. Características bióticas excepcionales: Resistente, elástica, ligera, poca conductividad, buen aislamiento acústico y térmico, permeable a las radiaciones terrestres. Proceso de fabricación: Coste energético nulo, maquinaria simple. Pautas de instalación: No representa grandes problemas de instalación. Mantenimiento: Mantenimiento bueno con la aplicación de productos adecuados. Residuos: Es reciclable 100%.</p>
<p>Cerámica</p> <p>Calidades intrínsecas: Origen natural con extracción simple Proceso de fabricación: Sencillo (imprescindible que la temperatura de cocción no supere los 150°, para conservar sus calidades naturales), baja radiactividad y buena inercia térmica. Pautas de instalación: No representa grandes problemas de instalación. Mantenimiento: Mantenimiento óptimo. Residuos: Es reciclable.</p>	

Figura 7. Cuadro comparativo Fuente: (Yepes. 2022).

2.1.5. Estructuras Arquitectónicas de Madera Laminada

La madera laminada representa una posibilidad de utilizarla como material estructural. Gracias al desarrollo de esta técnica se abren posibilidades que convierten la madera en un material duradero, resistente y versátil, impensable hasta hace poco. Una de las cualidades de la madera laminada es su adaptación a cualquier tipología estructural, por lo que su uso suele decidirse en el análisis conjunto de los criterios expuestos anteriormente. Hay que tener en cuenta que, debido a su fabricación, la sección transversal de los elementos de madera laminada es generalmente de forma rectangular, en la que se busca una relación h/b elevada para obtener la máxima inercia. Además, los anchos habituales dependen de las dimensiones comerciales de la madera aserrada, siendo lo más habitual el uso de piezas de 12, 14, 16, 18 y 20 cm. Otro aspecto de interés a considerar en la ejecución de estructuras de madera laminada es su comportamiento frente al fuego. La madera es un material combustible y por ello suele existir cierta aversión y perplejidad hacia su uso como material estructural (Montalvo. 2022).

Se puede implementar lo anterior dicho en los siguientes sistemas estructurales los cuales son (Fig. 8):

- Pórtico triarticulado
- Pórtico triarticulado a una agua
- Pórtico biarticulado
- Pórtico voladizo
- Pórtico triarticulado en V invertida

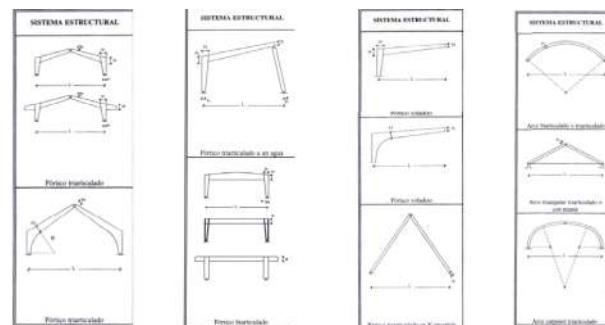


Figura 8. Sistemas estructurales
Fuente: (Gonzales. 2022).

2.1.6. Referentes de sistemas estructurales

De las numerosas obras desarrolladas, hay algunas en particular en Latinoamérica en el país de Chile, se destacan 4 obras que parecen emblemáticas (Fig. 9), tanto por sus características arquitectónicas como por su ubicación geográfica.

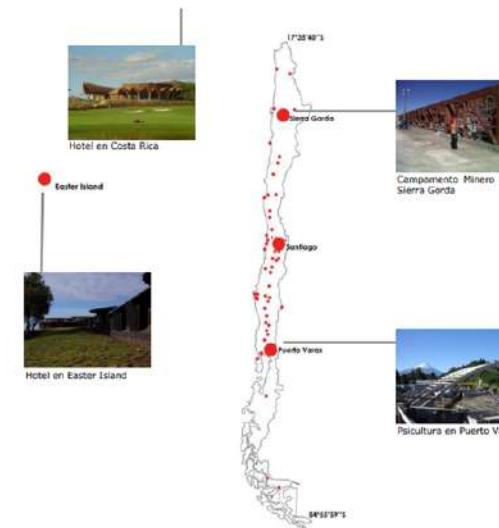


Figura 9. Obras destacables
Fuente: (Gonzales. 2022).

2.1.6.1. Hotel Papagayo, Costa Rica, 2004

Estas estructuras de cubierta formadas por vigas curvas de madera laminada (Fig.10), formando pórticos triarticulados, igualmente resistente al fuego sin protección adicional, las vigas se apoyan sobre muros de hormigón, con una luz libre de 6 metros. Por último, la cubierta metálica está compuesta por un tablero apoyado directamente sobre las vigas y muros laterales, dejando ver toda la estructura (Gonzales. 2022).



Figura 10. Edificaciones formadas por vigas curvas
Fuente: (Gonzales. 2022).

2.1.6.2. Campamento Minero, Sierra Gorda

La estructura de la nave está formada por pilares laminados reforzados (tapas + tornillos) y vigas principales formando pórticos triarticulados (Fig. 11). La nave tiene una eslora aproximada de 94 metros. Se estructura en torno a 16 pórticos de madera laminada, dispuestos cada 6,5 m. Las vigas forman un vano libre de 25 metros lineales (Gonzales. 2022).



Figura 11. Pórticos triarticulados
Fuente: (Gonzales. 2022).

2.1.6.3. Hotel Explora Rapa Nui, Easter Island

Logística bastante importante en cuanto al montaje de vigas y columnas. En la estructura, sistema simple de postes (Fig. 12). Las columnas y otros elementos estructurales fueron tratados con imprimación negra. El interior se caracteriza por la cantidad de curvas irregulares que tiene, por lo que cada una de las piezas tuvo que diseñarse de forma independiente (Gonzales. 2022).



Figura 12. Postes de viga
Fuente: (Gonzales. 2022).

2.1.6.4. Psi cultura Lago Verde, Puerto Varas

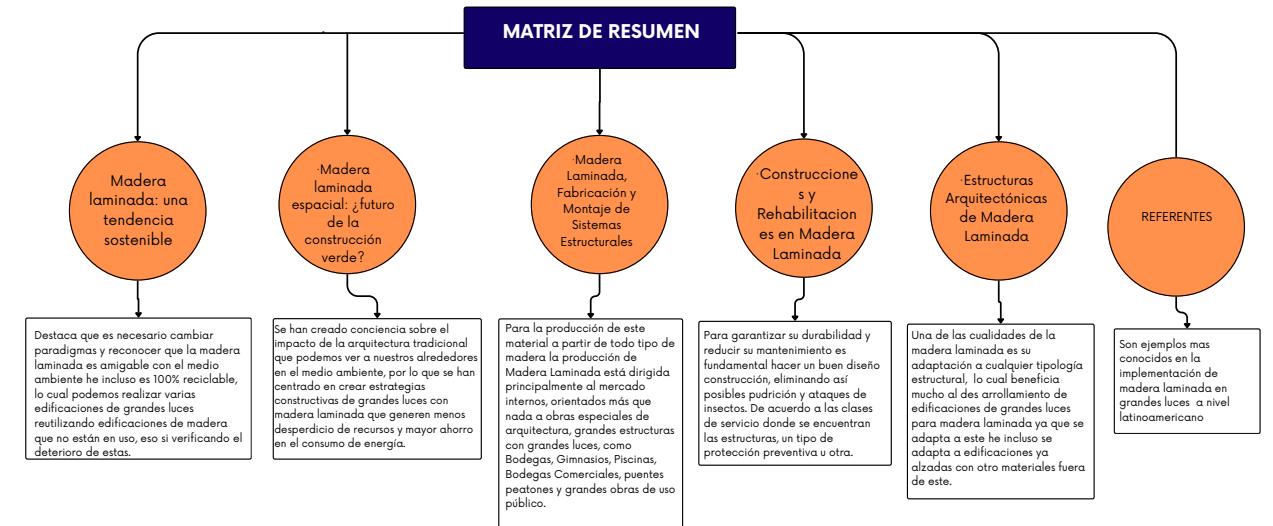
Dado el ambiente salino y corrosivo, la alternativa de madera laminada versus acero jugó un papel predominante en la decisión final de materialidad.

Estas construcciones están construidas con vigas de madera laminada tratada con conservantes (vacío presión), que las hacen resistentes a la putrefacción y al ataque de xilófagos. El proyecto consta de una nave principal con una longitud total de 86 metros formada por vigas curvas triarticuladas (Fig. 13), apoyadas directamente sobre pedestales de hormigón (Gonzales. 2022).



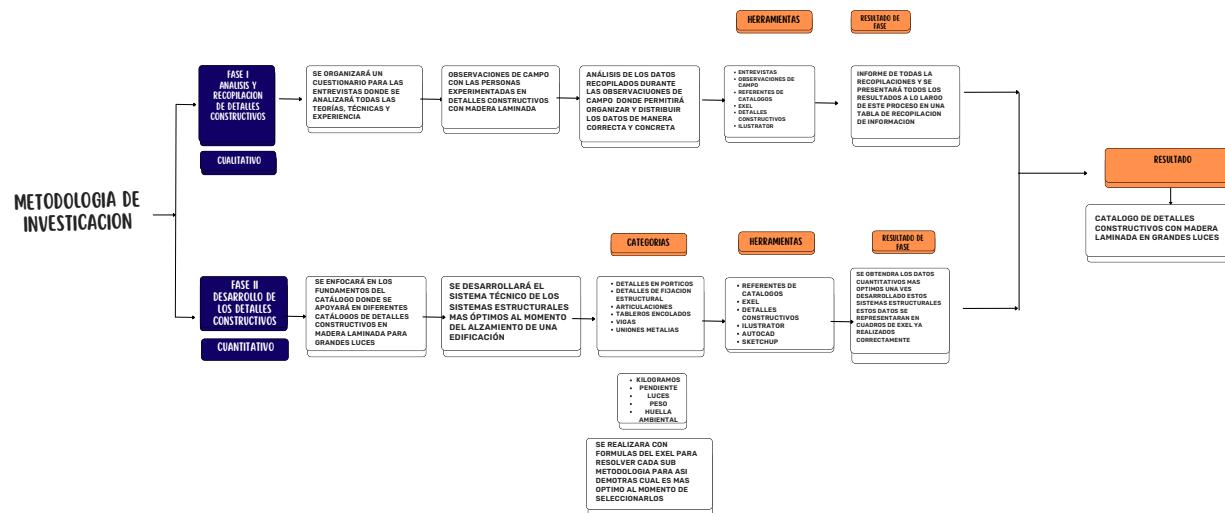
Figura 13. Vigas curvas triarticuladas
Fuente: (José, G. 2022)

2.1.7. Resumen de Matriz



● Materiales y métodos

3.1 Mapa de metodología



3.2 Fases Metodológicas

Se implementó una metodología mixta para recolectar la información más detallada, esta se dividirá en 2 fases:

En la primera fase será cualitativa, en la que se realizó un análisis exhaustivo en cuanto al tema de los sistemas constructivos en madera laminada para grandes luces. Para realizar esta investigación se tuvo que idear planes para acudir a empresas constructoras que nos puedan ayudar con información sobre estos sistemas estructurales. de madera laminada, investigando también catálogos de cómo se estructura y funciona para la comprensión del público. Asimismo, en la aplicación de entrevistas que permitan recolectar datos cuantificables sobre conocimientos, experiencia y necesidades específicas relacionadas con detalles constructivos en madera laminada para grandes luces (Sampieri, 2020).

La segunda fase será cuantitativa, tenemos el desarrollo de detalles constructivos. Se elegirán los detalles constructivos más óptimos distribuyéndolos con mejor calidad al momento de realizar las construcciones, implementando datos cuantitativos con fórmulas de Excel que nos permitirán ver cuáles son los más adecuados al momento de realizarlas, y fotografías, modelos modelados. Se implementarán diagramas y además se desarrollará un repositorio digital que contiene todos los detalles constructivos en modelos 2D y 3D. En esta etapa habrá más foco en el desarrollo del catálogo en función de las necesidades de promoción de este tipo de estructuras en el país (Sampieri, 2020).

Con la implementación de este catálogo se espera incrementar aún más el conocimiento sobre esta rama de la arquitectura aquí en el Ecuador, impulsando así el desarrollo de construcciones de grandes luces, implemen-

tando la madera laminada como método constructivo, aumentando así un mayor rendimiento y producción de estas.

3.2.1. Fase 1

La primera fase de la investigación se dividirá en cuatro partes fundamentales: en la primera etapa se organizará un cuestionario para las entrevistas donde se explicarán todas las teorías, técnicas y experiencia que han tenido sobre cómo han elaborado y creado estos catálogos de detalles constructivos. será analizado. Para grandes luces implementando madera laminada.

Una vez detallado el cuestionario para las entrevistas, pasaremos a la segunda etapa donde se realizarán observaciones de campo con personas experimentadas en detalles constructivos con madera laminada. Estas observaciones de campo nos permitirán tener una visión más amplia y enriquecedora de las perspectivas. y experiencias que estas personas han tenido en el campo.

En la tercera etapa, el procesamiento y análisis de los datos recolectados se realizará mediante la aplicación Exel donde permitirá organizar y distribuir correctamente los datos. Este análisis nos permitirá identificar los informes más relevantes para la elaboración de este catálogo.

Finalmente, en la cuarta etapa se elaborará un informe de todas las recopilaciones y se presentarán todos los resultados a lo largo de este proceso. Este documento será fundamental para necesidades como las correcciones necesarias en la aplicación de detalles constructivos.

3.2.2. Fase 2

La segunda fase de la metodología de investigación se dividirá en tres etapas fundamentales que abordarán aspectos relacionados con los detalles constructivos en madera laminada para grandes luces. Cabe mencionar como se anticipó que se han desarrollado entrevistas con desarrolladores y personas experimentadas en estos detalles constructivos que servirán de complemento para el inicio de este catálogo.

En la primera etapa te enfocarás en los fundamentos del catálogo donde te apoyarás como referencias de diferentes catálogos de detalles constructivos en madera laminada para grandes luces, así como herramientas de dibujo como el ilustrador. Esta sección se centrará en el primer desarrollo del catálogo donde se dará la introducción y al mismo tiempo se contextualizará la importancia de los detalles en madera laminada.

Se explorará la normativa ecuatoriana específica relacionada con la construcción de edificaciones de madera, asegurando que los maestros de obra conozcan los requisitos legales y técnicos para la adecuada ejecución de los proyectos, también se abordarán los aspectos preliminares de una obra, como la aprobación de planos y otros. Trámites administrativos necesarios para el inicio de la construcción.

Como segunda etapa, se desarrollará el sistema técnico de los sistemas estructurales más óptimos al momento de levantar un edificio, así como herramientas de modelado 2D y 3D. En esta etapa se brindará información detallada sobre los diferentes tipos de sistemas constructivos, cuál es el más óptimo al momento de la selección y cuál tampoco es recomendable, incluyendo además gráficos donde se puedan evidenciar estas optimizaciones.

Y como último paso se presenta el catálogo de detalles constructivos en madera laminada para grandes luces. Como producto final, este manual se presentará digitalmente, donde se podrá acceder fácilmente e interactuar de manera que uno pueda interactuar con esta información.

ETAPA 3

Difusión de resultados

Difusión de resultados

4.1 Fase 1

4.1.1. Diseño de Cuestionario

El objetivo principal fue conocer el nivel técnico que tenían los constructores y comercializadores en el campo de las construcciones en madera laminada de grandes luces. A partir de esta investigación cualitativa se diseñó un cuestionario que abordaría aspectos relacionados con estas construcciones.

En la etapa de desarrollo del cuestionario se realizó una investigación rigurosa, considerando la relevancia de cada pregunta, etc. Para validar este cuestionario y su efectividad, se desarrolló de manera que las personas que lo tomaron pudieran entenderlo con claridad y sin dudar.

Tabla 1. Elaboración de cuestionario

EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTOS HACERCA DE LAS CONSTRUCCIONES EN MADERA LAMINADA PARA GRANDES LUCES	¿Cuántos años de experiencia tiene en este ámbito laboral?
	¿Han tenido contratiempos en la elaboración de este material?
	¿Antes de hacer este trabajo han tenido experiencia o conocimientos de este tema?
	¿Se guiaron de otros proveedores para la elaboración de este material?

USO DE NORMATIVAS Y REGULACIONES	¿Qué normativas implementan en la elaboración de este material?
	¿Coinciden estas normas en el momento de la elaboración?

PERCEPCIONES, DESAFIOS Y OPCIONES	¿Cuáles son las ventajas que tiene la madera laminada al momento de hacer edificaciones?
	¿Consideran que hay los suficientes recursos para la elaboración de este material?
	¿Cuál es su percepción en cuestión de la construcción con estos materiales?

ACCESO A INFORMACION Y CAPACITACION	¿Qué alternativas promovieran el uso de este material en el Ecuador?
	¿Han tenido acceso a catálogos de valides para este tipo de construcción?
	¿Han participado en programas o capacitaciones para los futuros laboradores en este tema?

Fuente: Elaboración propia 2023

4.1.2. Observaciones de Campo

Se tuvieron que organizar estrategias y cuestionarios para realizar estas actividades de campo, ya que es más factible presenciar estas construcciones y la elaboración de estos materiales personalmente y no sólo a través de fotografías o textos ya que cualquiera puede hacerlo, pero no puede llegar a la profundidad de la cuestión.

Una vez organizadas estas estrategias pasamos a las diferentes observaciones de campo, las cuales serán de

suma importancia para la investigación cualitativa, ya que con estos temas podremos realizar la siguiente fase de la metodología. Una vez lleguemos a estos campos, primero debemos entrar en confianza con estas personas para que tengamos un ambiente tranquilo en el momento de la visita.

Una vez lleguemos a estos campos, los proveedores profesionales o Arquitectos Profesionales nos guiarán por todo el campo explicándonos cómo se han realizado dichos detalles, construcciones, creación del material, proveedores relacionados con su trabajo, etc. Una vez realizadas todas las visitas a los diferentes campos obtendremos toda la información necesaria para realizar la siguiente parte.

4.1.3. Procesamiento y análisis de datos

En esta parte se realizará el tratamiento de todos los datos recogidos en todos los campos a los que hemos acudido y realizado las correspondientes encuestas a todos los proveedores y Arquitectos que trabajan en estos temas.

En este sentido, para obtener un análisis más exhaustivo, cada una de las preguntas se organizó por categorías y conclusiones, de modo que la información adquirida por los diferentes profesionales quede bien recopilada para que pueda ser analizada y comparada para obtener las conclusiones requeridas.

4.1.4. Información de Resultados

El reporte de datos obtenidos de las entrevistas fue llevado a los diferentes ámbitos, mediante el desarrollo de

una matriz donde se identificaron las menciones más recurrentes y concluyentes de los entrevistados. En el cuadro que se presenta a continuación se identificarán estas afirmaciones del desconocimiento de esta rama de la arquitectura en el Ecuador. Interpretación de los resultados (delimitar su significado, limitaciones, coherencias o contradicciones).

Tabla 2. Matriz de resultado

Matriz de los resultados	
EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTOS HACERCA DE LAS CONSTRUCCIONES EN MADERA LAMINADA PARA GRANDES LUCES	<ul style="list-style-type: none"> Los trabajadores tienen más años de experiencia en cuestión de la elaboración de madera laminada. Han trabajado en lo que el cliente pide para la realización de estos materiales como: oficinas, pórticos, etc.

	<ul style="list-style-type: none"> Reconocen que la capacitación de este tema es fundamental para las futuras elaboraciones en el país. Si se especializaron en estos temas pero están disgustados ya que en el país muy poco se emplea este tipo de construcciones.
USO DE NORMATIVAS Y REGULACIONES	<ul style="list-style-type: none"> Si conocen las normativas por las cuales deben realizar esta elaboración. Algunos creen que las normativas están desactualizadas y es por eso que confirman que no son relevantes al momento de su elaboración.

PERCEPCIONES, DESAFIOS Y OPCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Consideran que la madera es mas amigable con el medio ambiente por varios factores. • Considera que la madera laminada sirve para crear cualquier tipo de estructura. • Menciona la importancia de elaborar estas edificaciones implementando la madera laminada.
ACCESO A INFORMACION Y CAPACITACION	<ul style="list-style-type: none"> • No han tenido acceso a catálogos respecto a estas elaboraciones con la madera laminada. • Les gustaria que los futuros arquitectos se centren en este tipo de elaboración de construcciones ya que beneficiaria al pais. • Si consideran tener mas fuentes respecto a este tema ya que es muy útil en el día a día. • Valorarian guías, catálogos sobre la madera laminada ya que no hay muchos. • Sugieren realizar exposiciones a constructoras para que implementen la madera laminada como futuro sistema estructural en el país.

Fuente: Elaboración Propia, 2023

4.2 Fase 2

Para el desarrollo del catálogo de detalles constructivos en madera laminada para grandes luces, se investigó en catálogos correspondientes al tema, pero fueron muy escasos debido a que son muy pocos, por lo que no es habitual desarrollar edificaciones implementando este material.

De los pocos catálogos de detalles constructivos en madera laminada para grandes luces, se eligieron muy pocos por ser los más precisos en cuanto a fabricación, cualida-

des que otras estructuras no poseen, montajes, cálculos, etc. Los catálogos que se investigaron fueron: Estructura de madera laminada, Estructuras arquitectónicas de madera laminada, manual de diseño de madera laminada del grupo andino (Figura 14).



Figura 14. Manual de diseño para maderas del grupo andino

Fuente: Elaboración Propia, 2023

Una vez hayamos revisado los catálogos antes mencionados, podremos elegir los diferentes sistemas de marcos. De todos los pórticos se eligieron 5 pórticos por ser los más utilizados a la hora de construir una edificación de grandes luces en madera laminada. Ya que son los más utilizados por su composición, estilo, efectividad y sobre todo el tiempo en levantarlos.

Tabla 3. Sistemas Portales

NUMERO	NOMBRE	IMAGEN	PENDIENTE	SEPARACION	LUCES	ALTURA
00,1	PORTICO TRIARTICULADO		5--30	5--12	10--18	8
00,2	PORTICO VOLADIZO		2--12	5--7	5--12	8
00,3	PORTICO BIARTICULADO		0--5	5--10	10--20	8
00,4	ARCO BIARTICULADO O TRIARTICULADO		0	5--12	20--100	12
00,5	ARCO CARPANEL TRIARTICULADO		0	5--10	20--60	12

Fuente: Elaboración propia 2023

Estos sistemas de portales nos benefician a gran escala porque son más fáciles de cambiar su composición, es decir estos datos implementados en (Tabla 3) pueden variar dependiendo del gusto del cliente sin necesidad de afectar el diseño o daños estructurales.

Para estos sistemas de portal se implementaron submetodologías para investigar como: sus dimensiones, sus

cargas correspondientes, su huella ecológica, esto es porque también queremos crear una arquitectura sustentable con estas edificaciones, en estos sistemas de portal se estudiaron los siguientes detalles constructivos: Detalles en marcos, detalles de fijación estructural, vigas, juntas, tableros encolados y juntas metálicas.

4.2.1. Análisis estructural

Para implementar estos datos antes mencionados se creó una tabla de análisis estructural (Figura 15) en la que se puede diferenciar uno de cada uno y realizar cálculos que nos permitirán obtener datos que son de gran importancia para el desarrollo de este catálogo.

Análisis estructural											
DETALLES EN PORTICOS											
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso	Carga admisible Por	Carga admisible	Cargas permanentes	Cargas de duracion	Cargas dinamicas
		Largo	Alto	Ancho							
D1	Detalle de ensablaje en ángulo por uniones metálicas										
D2	Transmitir al tirante el esfuerzo horizontal										
D3	Detalle de ensablaje en ángulo por cuña de madera laminada										
D4	Ensamblaje por entalladuras múltiples										

Figura 15. Tabla de análisis
Fuente: Elaboración Propia, 2023

Se colocarán las respectivas dimensiones de cada detalle como son: Alto, Ancho y Largo, esto es de suma importancia ya que gracias a este dato comenzamos todos los siguientes subtemas, para calcular su volumen se multiplicarán los datos antes mencionados y a su peso se le colocará será el mismo método con una diferencia que se multiplica por su coeficiente de 0,8 ya que es la duración de la carga que puede soportar. En cuanto a cargas, los resultados obtenidos se obtuvieron de catálogos de madera laminada de gran validez (Anexo 1).

4.2.2. Huella Ecológica

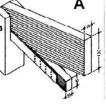
Como bien sabemos el medio ambiente es muy importante hoy como también para el futuro, cual uno de los problemas que tiene es la implementación de edificaciones en el mundo, lo cual daña el medio ambiente a gran escala, sin embargo, la implementación de madera laminada en la construcción hace de este material uno de los más fáciles de usar. Para obtener los datos correspondientes se implementó la siguiente tabla (Figura 16).

Huella ecológica															
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera		Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde It	Litros por Kg	HH Azul + Verde It	
D1	Detalle de ensablaje en ángulo por uniones metálicas														
D2	Transmitir al tirante el esfuerzo horizontal														
D3	Detalle de ensablaje en ángulo por cuña de madera laminada														
D4	Ensamblaje por entalladuras múltiples														

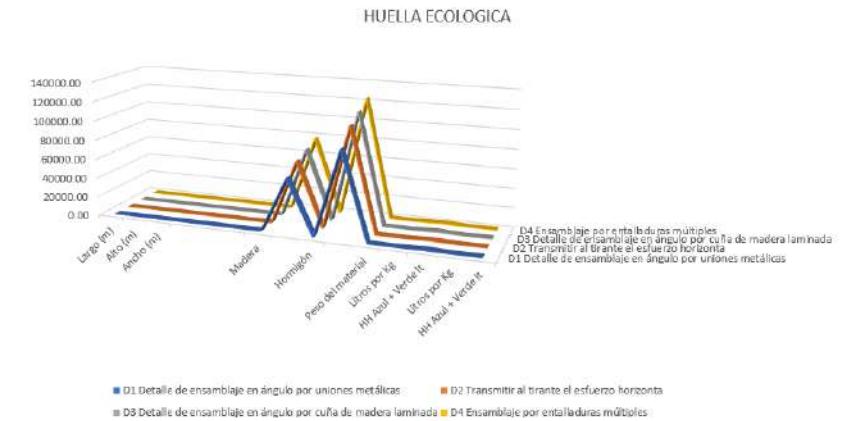
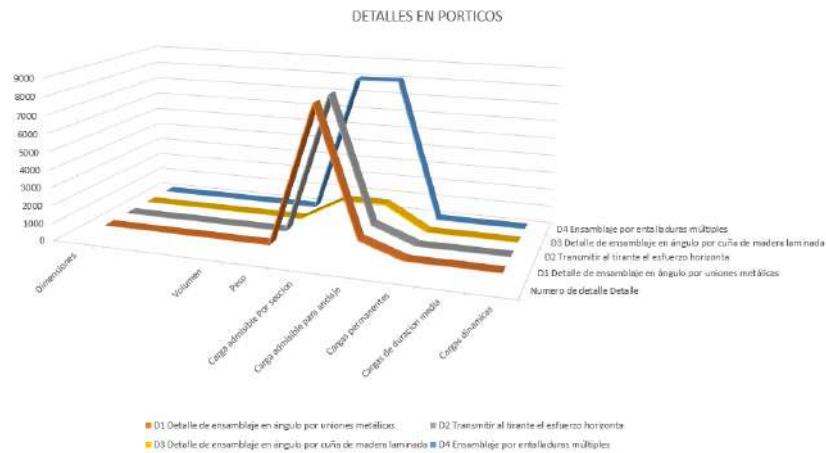
Figura 16. Huella ecológica
Fuente: Elaboración Propia, 2023

En esta tabla se facilitará y facilitará toda la información correspondiente a este tema que nos ayudará en la obtención de datos en la aplicación de la construcción de madera laminada. Las dimensiones se aplicarán igual que en la tabla anterior, en la huella de carbono como bien sabemos es el impacto más permanente ya que permanece en la atmósfera por cientos de años, en el caso de la construcción de edificaciones de madera laminada toca. sobre los siguientes temas: la madera, el concreto, los litros de aplicación de sustancias químicas que se le aplicaron a este, los datos obtenidos luego se implementarán en las siguientes tablas:

Tabla 4. Detalles en pórticos

Análisis estructural DETALLES EN PORTICOS														
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso	Carga admisible Por seccion	Carga admisible para anclaje	Cargas permanentes	Cargas de duracion media	Cargas dinamicas	Detalle		
		Largo	Alto	Ancho										
D1	Detalle de ensamble en ángulo por uniones metálicas	1.10	1.10	0.30	0.36	0.29	7955.59	856.56	0.98	1.23	1.47			
D2	Transmitir al tirante el esfuerzo horizontal	1.10	1.30	0.60	0.86	0.69	7955.59	917.74	0.98	1.23	1.47			
D3	Detalle de ensamble en ángulo por cuña de madera laminada	1.10	1.40	0.60	0.92	0.7392	1358.72	1386.81	0.98	1.23	1.47			
D4	Ensamblaje por entalladuras múltiples	1.10	1.50	0.60	0.99	0.792	7955.59	8014.97	0.98	1.23	1.47			

Numero de detalle	Detalle	Huella ecológica														
		Dimensiones			Volumen (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)			Madera		Hormigón			
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde It	Litros por Kg	HH Azul + Verde It		
D1	Detalle de ensamble en ángulo por uniones metálicas	1.10	1.10	0.30	0.36	290.40	GL24	294.80	85609.92	469.50	136342.8	290.40	4.55	1321.32	1.57	455.93
D2	Transmitir al tirante el esfuerzo horizontal	1.10	1.30	0.60	0.86	686.40	GL24	294.80	202350.72	469.50	322264.8	686.40	4.55	3123.12	1.57	1077.65
D3	Detalle de ensamble en ángulo por cuña de madera laminada	1.10	1.40	0.60	0.92	739.20	GL24	294.80	217916.16	469.50	347054.4	739.20	4.55	3363.36	1.57	1160.54
D4	Ensamblaje por entalladuras múltiples	1.10	1.50	0.60	0.99	792.00	GL24	294.80	233481.6	469.50	371844	792.00	4.55	3603.60	1.57	1243.44

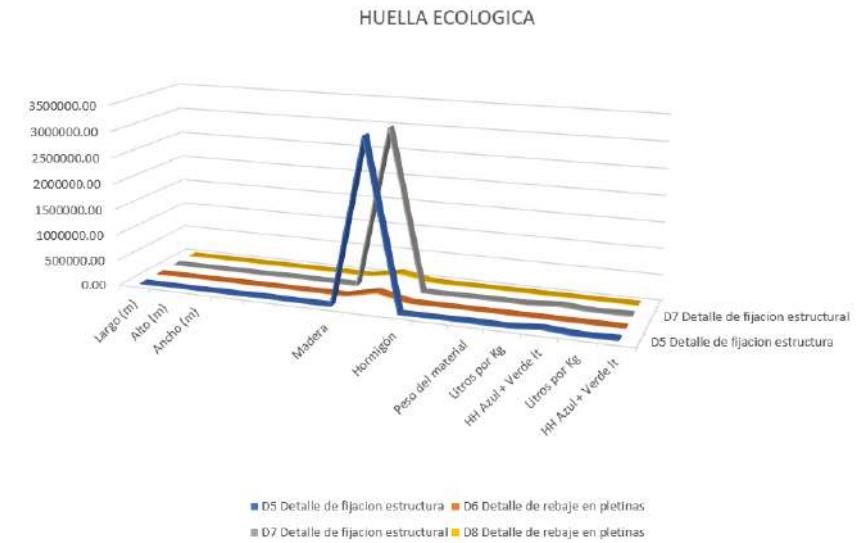
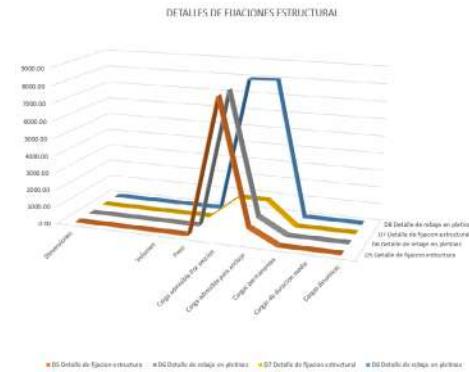


Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 5. Detalle de fijaciones estructurales

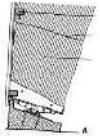
Análisis estructural												
DETALLES DE FIJACIONES ESTRUCTURAL												
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso	Carga admisible Por	Carga admisible	Cargas permanentes	Cargas de duracion	Cargas dinamicas	Detalle
		Largo	Alto	Ancho								
D5	Detalle de fijacion estructural	6.50	7.00	0.40	18.20	14.56	7955.59	856.56	0.98	1.23	1.47	
D6	Detalle de rebaje en pletinas	1.30	0.40	0.40	0.21	0.17	7955.59	917.74	0.98	1.23	1.47	
D7	Detalle de fijacion estructural	6.30	7.00	0.30	13.23	10.584	1358.72	1386.81	0.98	1.23	1.47	
D8	Detalle de rebaje en pletinas	1.10	0.40	0.30	0.13	0.1056	7955.59	8014.97	0.98	1.23	1.47	

Huella ecológica																	
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera				Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde It	Litros por Kg	HH Azul + Verde It			
D5	Detalle de fijacion estructural	6.50	7.00	0.40	18.20	14560.00	GL24	294.80	4292288	0.00	0	14560.00	4.55	66248.00	1.57	22859.20	
D6	Detalle de rebaje en pletinas	1.30	0.40	0.40	0.21	166.40	GL24	294.80	49054.72	0.00	0	166.40	4.55	757.12	1.57	261.25	
D7	Detalle de fijacion estructural	6.30	7.00	0.30	13.23	10584.00	GL24	294.80	3120163.2	0.00	0	10584.00	4.55	48157.20	1.57	16616.88	
D8	Detalle de rebaje en pletinas	1.10	0.40	0.30	0.13	105.60	GL24	294.80	31130.88	0.00	0	105.60	4.55	480.48	1.57	165.79	

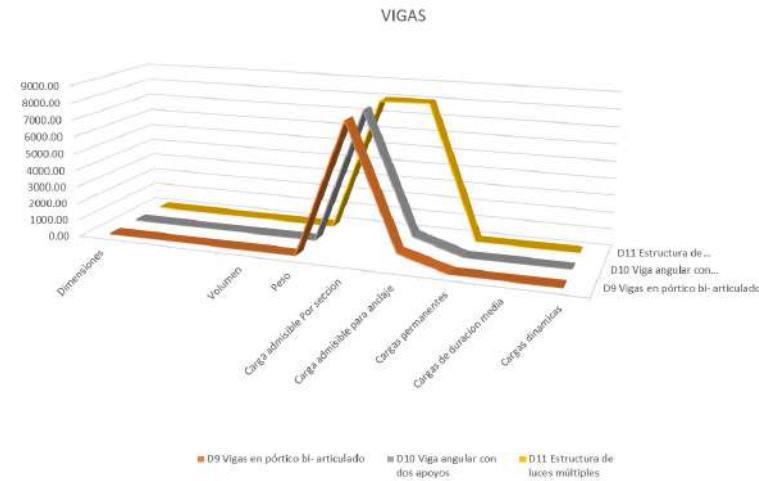


Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 6. Vigas

Análisis estructural													Detalle
VIGAS													
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso	Carga admisible	Carga admisible	Cargas permanentes	Cargas de duracion	Cargas dinamicas		
		Largo	Alto	Ancho									
D9	Vigas en pórtico bi-articulado	5.00	6.50	0.40	13.00	10.40	7955.59	856.56	0.98	1.23	1.47		
D10	Viga angular con dos apoyos	10.00	6.50	0.40	26.00	20.80	7955.59	917.74	0.98	1.23	1.47		
D11	Estructura de luces múltiples	10.00	6.50	0.40	26.00	20.8	7955.59	8014.97	0.98	1.23	1.47		

Huella ecológica																
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera		Hormigón		
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera		Hormigón		Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde lt	Litros por Kg	HH Azul + Verde lt
D9	Vigas en pórtico bi-articulado	5.00	6.50	0.40	13.00	10400.00	GL24	294.80	3065920	469.50	4882800	10400.00	4.55	47320.00	1.57	16328.00
D10	Viga angular con dos apoyos	10.00	6.50	0.40	26.00	20800.00	GL24	294.80	6131840	469.50	9765600	20800.00	4.55	94640.00	1.57	32656.00
D11	Estructura de luces múltiples	10.00	6.50	0.40	26.00	20800.00	GL24	294.80	6131840	469.50	9765600	20800.00	4.55	94640.00	1.57	32656.00

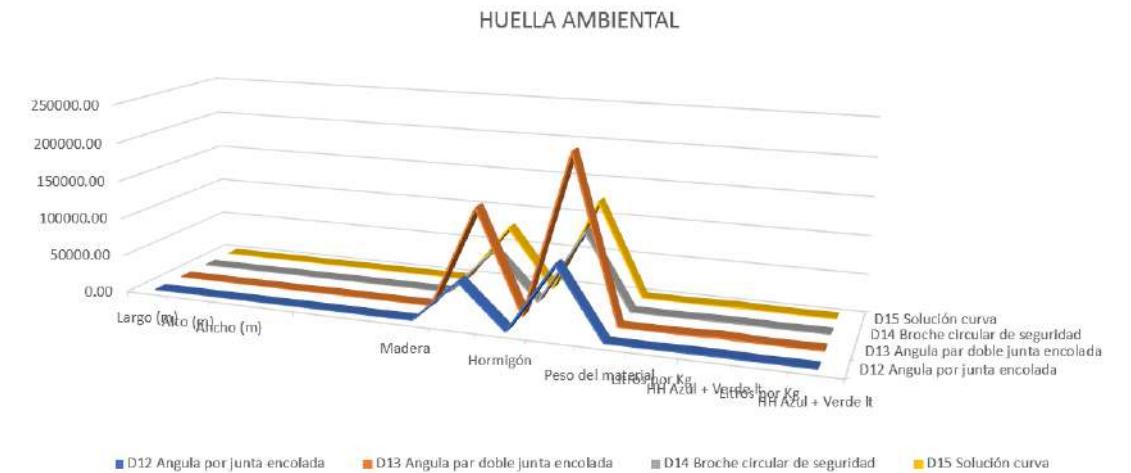
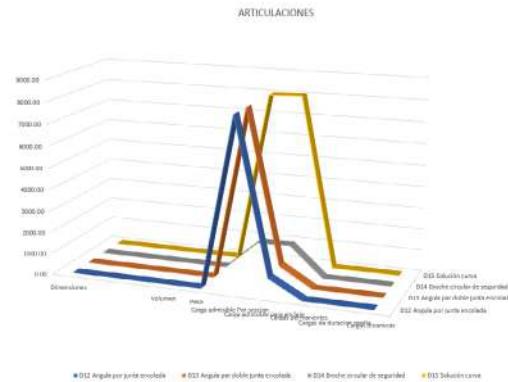


Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 7. Articulaciones

Análisis estructural														
ARTICULACIONES														
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso	Carga admisible Por	Carga admisible	Cargas permanentes	Cargas de duracion	Cargas dinamicas	Detalle		
		Largo	Alto	Ancho										
D12	Angula por junta encolada	1.10	1.10	0.20	0.24	0.19	7955.59	856.56	0.98	1.23	1.47			
D13	Angula par doble junta encolada	1.10	1.30	0.40	0.57	0.46	7955.59	917.74	0.98	1.23	1.47			
D14	Broche circular de seguridad	1.10	1.20	0.20	0.26	0.2112	1358.72	1386.81	0.98	1.23	1.47			
D15	Solución curva	1.10	1.50	0.20	0.33	0.264	7955.59	8014.97	0.98	1.23	1.47			

Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella ecológica (kgCO2e)				Madera		Hormigón		
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera		Hormigón		Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde It	Litros por Kg	HH Azul + Verde It
D12	Angula por junta encolada	1.10	1.10	0.20	0.24	193.60	GL24	294.80	57073.28	469.50	90895.2	193.60	4.55	880.88	1.57	303.95
D13	Angula par doble junta encolada	1.10	1.30	0.40	0.57	457.60	GL24	294.80	134900.48	469.50	214843.2	457.60	4.55	2082.08	1.57	718.43
D14	Broche circular de seguridad	1.10	1.20	0.20	0.26	211.20	GL24	294.80	62261.76	469.50	99158.4	211.20	4.55	960.96	1.57	331.58
D15	Solución curva	1.10	1.50	0.20	0.33	264.00	GL24	294.80	77827.2	469.50	123948	264.00	4.55	1201.20	1.57	414.48

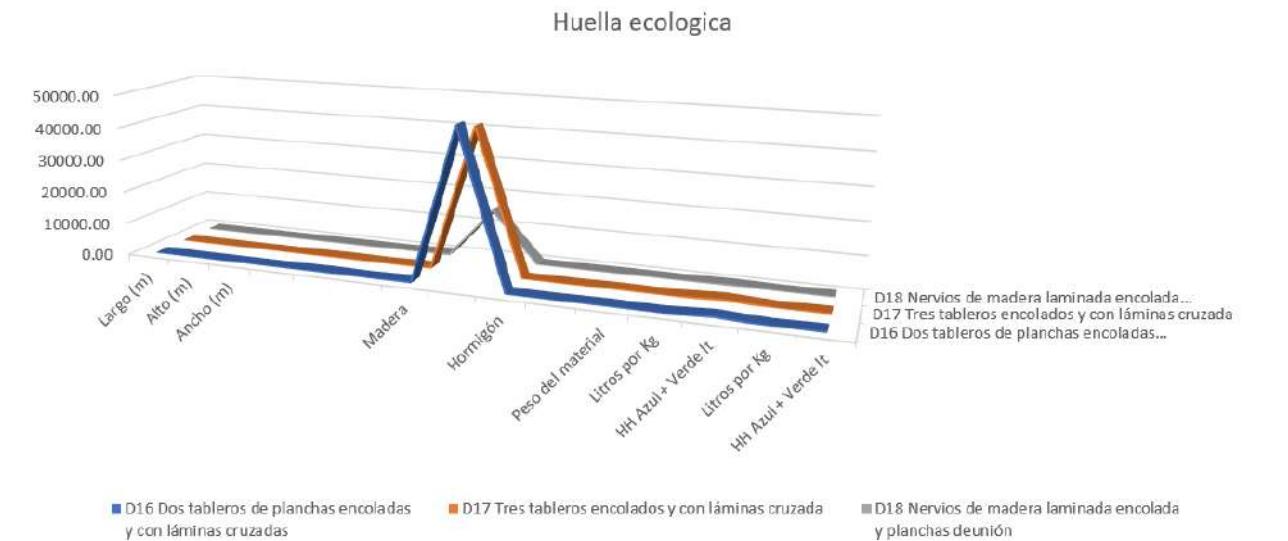
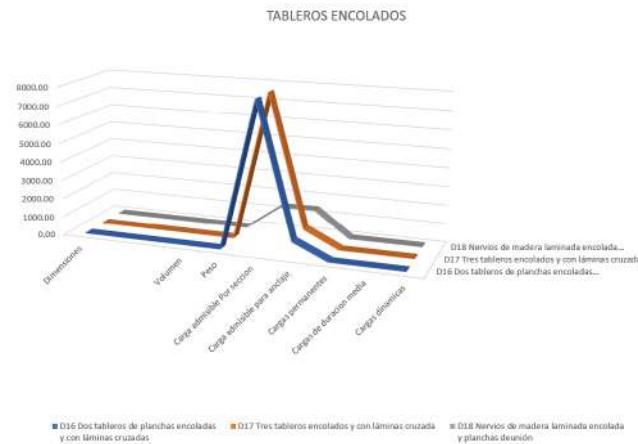


Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 8. Tableros Encolados

Análisis estructural												
TABLEROS ENCOLADOS												
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso	Carga admisible Por	Carga admisible	Cargas permanentes	Cargas de duracion	Cargas dinamicas	Detalle
		Largo	Alto	Ancho								
D16	Dos tableros de planchas encoladas y con láminas cruzadas	10.00	0.80	0.40	3.20	2.56	7955.59	856.56	0.98	1.23	1.47	
D17	Tres tableros encolados y con láminas cruzada	10.00	0.50	0.40	2.00	1.60	7955.59	917.74	0.98	1.23	1.47	
D18	Nervios de madera laminada encolada y planchas de unión	10.00	0.40	0.40	1.60	1.28	1358.72	1386.81	0.98	1.23	1.47	

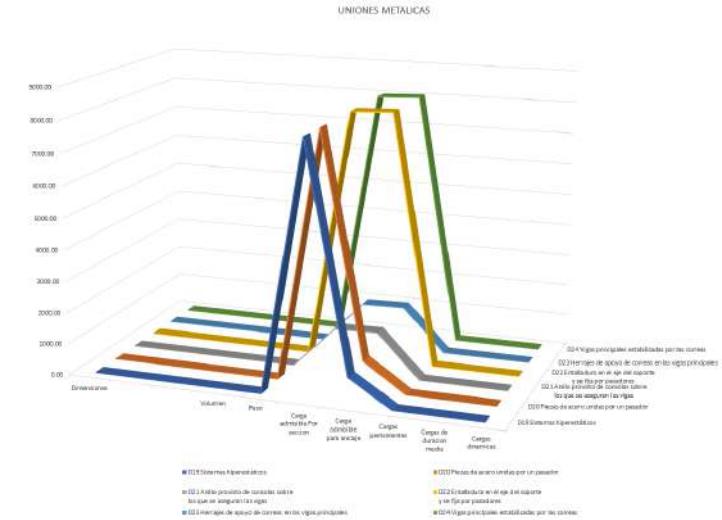
Huella ecológica																
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera		Hormigón		
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde lt	Litros por Kg	HH Azul + Verde lt		
D16	Dos tableros de planchas encoladas y con láminas cruzadas	10.00	0.80	0.40	3.20	2560.00	GL24	294.80	754688	0.00	0	2560.00	4.55	11648.00	1.57	4019.20
D17	Tres tableros encolados y con láminas cruzada	10.00	0.50	0.40	2.00	1600.00	GL24	294.80	471680	0.00	0	1600.00	4.55	7280.00	1.57	2512.00
D18	Nervios de madera laminada encolada y planchas de unión	10.00	0.40	0.40	1.60	1280.00	GL24	294.80	377344	0.00	0	1280.00	4.55	5824.00	1.57	2009.60



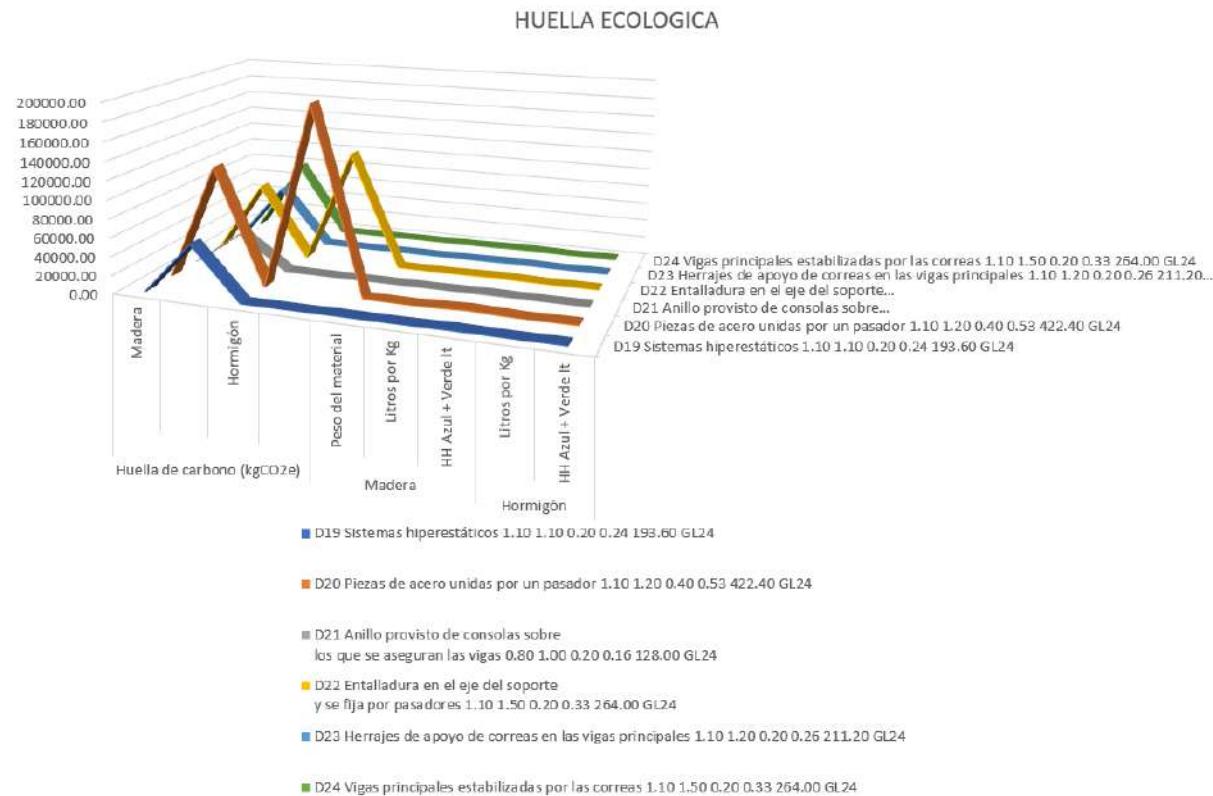
Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 9. Uniones Metálicas

Análisis estructural												
UNIONES METALICAS												
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso	Carga admisible Por	Carga admisible	Cargas permanentes	Cargas de duracion	Cargas dinamicas	Detalle
		Largo	Alto	Ancho								
D19	Sistemas hiperestáticos	1.10	1.10	0.40	0.48	0.39	7955.59	856.56	0.98	1.23	1.47	
D20	Piezas de acero unidas por un pasador	1.10	1.20	0.40	0.53	0.42	7955.59	917.74	0.98	1.23	1.47	
D21	Anillo provisto de consolas sobre los que se aseguran las vigas	0.80	1.00	0.20	0.16	0.128	1358.72	1386.81	0.98	1.23	1.47	
D22	Entalladura en el eje del soporte y se fija por pasadores	1.10	1.50	0.20	0.33	0.264	7955.59	8014.97	0.98	1.23	1.47	
D23	Herrajes de apoyo de correas en las vigas principales	1.10	1.20	0.20	0.26	0.2112	1358.72	1386.81	0.98	1.23	1.47	
D24	Vigas principales estabilizadas por las correas	1.10	1.50	0.20	0.33	0.264	7955.59	8014.97	0.98	1.23	1.47	



Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella ecológica				Huella de carbono (kgCO2e)				
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera		Hormigón		Madera		Hormigón		
								Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde It	Litros por Kg	HH Azul + Verde It	Litros por Kg	HH Azul + Verde It		
D19	Sistemas hiperestáticos	1.10	1.10	0.20	0.24	193.60	GL24	294.80	57073.28	0.00	0	193.60	4.55	880.88	1.57	303.95
D20	Piezas de acero unidas por un pasador	1.10	1.20	0.40	0.53	422.40	GL24	294.80	124523.52	469.50	198316.8	422.40	4.55	1921.92	1.57	663.17
D21	Anillo provisto de consolas sobre los que se aseguran las vigas	0.80	1.00	0.20	0.16	128.00	GL24	294.80	37734.4	0.00	0	128.00	4.55	582.40	1.57	200.96
D22	Entalladura en el eje del soporte y se fija por pasadores	1.10	1.50	0.20	0.33	264.00	GL24	294.80	77827.2	469.50	123948	264.00	4.55	1201.20	1.57	414.48
D23	Herrajes de apoyo de correas en las vigas principales	1.10	1.20	0.20	0.26	211.20	GL24	294.80	62261.76	0.00	0	211.20	4.55	960.96	1.57	331.58
D24	Vigas principales estabilizadas por las correas	1.10	1.50	0.20	0.33	264.00	GL24	294.80	77827.2	0.00	0	264.00	4.55	1201.20	1.57	414.48



Fuente: Elaboración Propia, 2023

4.2.3. Resultado de análisis de datos

Como resultado del análisis de datos tenemos una gran variedad de detalles y datos cuantificables que se pueden implementar en una obra de gran luz implementando madera laminada, cada uno de los cuales es favorable, sin embargo, existen algunos detalles constructivos que pueden beneficiar tanto al consumidor como, así como el medio ambiente.

Para identificar cada uno de estos detalles se implementó una tabla de niveles de aceptación (Figura 17) que nos ayudará a identificar cuál de estos es el más óptimo.

NIVELES	COLOR
ACEPTABLE	
TOLERABLE	
ALTO	

Figura 17. Niveles de Aprobación
Fuente: Elaboración Propia, 2023

Para identificar los detalles más óptimos al momento de la encuesta, se desarrolló una tabla de cálculo (Figura 18) que nos puede ayudar al momento de la elección, la cual estará compuesta por:

- El número de detalle
- El nombre de los detalles

- El peso resulta en (Kg/m3) a través de las dimensiones detalladas de las tablas anteriores.
- El resultado de la huella de carbono a través del resultado de la madera y el hormigón propuesto anteriormente en las tablas anteriores.
- El resultado de los 2 mencionados anteriormente
- El porcentaje del total.

Numero de detalle	Detalle	Densidad (Kg/m3)	Huella de carbono (kgCO2e)			RESULTADO	Porcentaje
			Madera	Hormigon			
D1	Detalle de ensamblaje en ángulo por uniones metálicas						
D2	Transmitir al tirante el esfuerzo horizontal						
D3	Detalle de ensamblaje en ángulo por cuña de madera laminada						
D4	Ensamblaje por entalladuras múltiples						
Total							

Figura 18. Cuadro de cálculos para identificar el detalle más óptimo
Fuente: Elaboración Propia, 2023

Una vez propuesta la mencionada tabla de cálculo se comenzarán a colocar todos los datos correspondientes a cada detalle (Figura 19) con todos estos datos se podrá comprobar cuál es el más óptimo a la hora de identificarlos, cosa que hago. No digamos que los detalles que no son elegidos por esta tabla de cálculos son de mala calidad o no son óptimos a la hora de aplicarlos en una edificación, sino que estos detalles pueden cumplir otro tipo de función ya que los elegidos por la tabla lo son porque cumplen con los parámetros de respeto al medio ambiente y satisfacción del cliente.

Numero de detalle	Detalle	Densidad (Kg/m3)	Huella de carbono (kgCO2e)			RESULTADO	Porcentaje
			Madera	Hormigon			
D1	Detalle de ensamblaje en ángulo por uniones metálicas	290.40	8560.92	136342.8	144903.72	145194.12	8%
D2	Transmitir al tirante el esfuerzo horizontal	686.40	202350.72	322264.8	524615.52	525301.92	29%
D3	Detalle de ensamblaje en ángulo por cuña de madera laminada	739.20	217916.16	347054.4	564970.56	565709.76	31%
D4	Ensamblaje por entalladuras múltiples	792.00	233481.6	371844	605325.6	606117.60	33%
Total						1842323.40	

Figura 19. Cuadro de datos final
Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 10. Detalles en Pórticos Resultados

Numero de detalle	Detalle	Densidad (Kg/m3)	Huella de carbono (kgCO2e)			RESULTADO	Porcentaje
			Madera	Hormigon			
D1	Detalle de ensamblaje en ángulo por uniones metálicas	290.40	8560.92	136342.8	144903.72	145194.12	8%
D2	Transmitir al tirante el esfuerzo horizontal	686.40	202350.72	322264.8	524615.52	525301.92	29%
D3	Detalle de ensamblaje en ángulo por cuña de madera laminada	739.20	217916.16	347054.4	564970.56	565709.76	31%
D4	Ensamblaje por entalladuras múltiples	792.00	233481.6	371844	605325.6	606117.60	33%
Total						1842323.40	

NIVELES	COLOR	RANGO
ACEPTABLE	Verde	0% a 20%
TOLERABLE	Amarillo	20% a 40%
ALTO	Rojo	40% a 100%



Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 11. Detalles de Fijaciones Estructurales Resultados

Numero de detalle	Detalle	Densidad (Kg/m3)	Huella de carbono (kgCO2e)			RESULTADO	Porcentaje
			Madera	Hormigon			
D5	Detalle de fijacion estructura	14560.00	4292288	0	4292288	4306848.00	57%
D6	Detalle de rebaje en pletinas	166.40	49054.72	0	49054.72	49221.12	1%
D7	Detalle de fijacion estructural	10584.00	3120163	0	3120163	3130747.00	42%
D8	Detalle de rebaje en pletinas	105.60	31130.88	0	31130.88	31236.48	0%
Total						7518052.60	

NIVELES	COLOR	RANGO
ACEPTABLE	Verde	0% a 20%
TOLERABLE	Amarillo	20% a 40%
ALTO	Rojo	40% a 100%

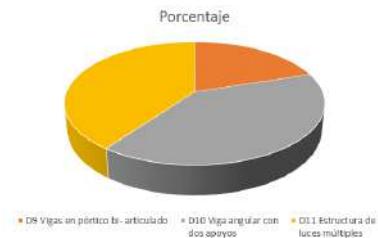


Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 12. Vigas Resultados

Numero de detalle	Detalle	Densidad (Kg/m3)	Huella de carbono (kgCO2e)			RESULTADO	Porcentaje
			Madera	Hormigon			
D9	Vigas en pórtico bi-articulado	10400.00	3065920	4882800	7948720	7959120.00	20%
D10	Viga angular con dos apoyos	20800.00	6131840	9765600	15897440	15918240.00	40%
D11	Estructura de luces múltiples	20800.00	6131840	9765600	15897440	15918240.00	40%
Total						39795600.00	

NIVELES	COLOR	RANGO
ACEPTABLE	Verde	0% a 20%
TOLERABLE	Amarillo	20% a 40%
ALTO	Rojo	40% a 100%

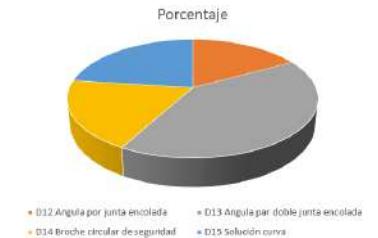


Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 13. Articulaciones Resultados

Numero de detalle	Detalle	Densidad (Kg/m3)	Huella de carbono (kgCO2e)			RESULTADO	Porcentaje
			Madera	Hormigon			
D12	Angula por junta encolada	193.60	57073.28	90895.2	147968.48	148162.08	17%
D13	Angula par doble junta encolada	457.60	134900.48	214843.2	349743.68	350201.28	41%
D14	Broche circular de seguridad	211.20	62261.76	99158.4	161420.16	161631.36	19%
D15	Solución curva	264.00	77827.2	123948	201775.2	202039.20	23%
Total						862033.92	

NIVELES	COLOR	RANGO
ACEPTABLE	Verde	0% a 20%
TOLERABLE	Amarillo	20% a 40%
ALTO	Rojo	40% a 100%



Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 14. Tableros Encolados Resultados

Numero de detalle	Detalle	Densidad (Kg/m3)	Huella de carbono (kgCO2e)			RESULTADO	Porcentaje
			Madera	Hormigon			
D16	Dos tableros de planchas encoladas y con láminas cruzadas	2560.00	754688	0	754688	757248.00	47%
D17	Tres tableros encolados y con láminas cruzada	1600.00	471680	0	471680	473280.00	29%
D18	Nervios de madera laminada encolada y planchas de unión	1280.00	377344	0	377344	378624.00	24%
Total						1609152.00	

NIVELES	COLOR	RANGO
ACEPTABLE		0% a 25%
TOLERABLE		25% a 50%
ALTO		50% a 100%

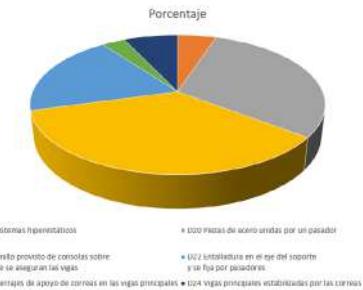


Fuente: Elaboración Propia, 2023

Tabla 15. Uniones Metálicas Resultado

Numero de detalle	Detalle	Densidad (Kg/m3)	Huella de carbono (kgCO2e)			RESULTADO	Porcentaje
			Madera	Hormigon			
D19	Sistemas hiperestáticos	193.60	57073.28	0	57073.28	57266.88	5%
D20	Piezas de acero unidas por un pasador	422.40	124523.52	198316.8	322840.32	323262.72	30%
D21	Anillo provisto de consolas sobre los que se aseguran las vigas	128.00	377344.4	0	377344.4	377472.40	35%
D22	Entalladura en el eje del soporte y se fija por pasadores	264.00	77827.2	123948	201775.2	202039.20	19%
D23	Herrajes de apoyo de correas en las vigas principales	211.20	32261.76	0	32261.76	32472.96	3%
D24	Vigas principales estabilizadas por las correas	264.00	77827.2	0	77827.2	78091.20	7%
Total						1070605.36	

NIVELES	COLOR	RANGO
ACEPTABLE		0% a 20%
TOLERABLE		20% a 50%
ALTO		50% a 100%



Fuente: Elaboracion Propia, 2023

4.2.4. Interpretación de resultados

Una vez obtenidos todos los resultados podremos interpretar gracias a los colores correspondientes que los detalles que tienen verde son los más óptimos a la hora de implementar en una construcción de madera laminada, ya que para llegar a ese resultado se han implementado datos obtenidos de investigaciones. Cálculos rigurosos y desarrollados para llegar a esta conclusión, gracias a la aplicación de estas tablas podemos verificar cuál es la más óptima al momento de desarrollarla para cualquier tipo de detalle, por supuesto son sus respectivos datos obtenidos previamente ya que sin estos datos nada puede ser obtenido.

4.2.5. Maquetas

Figura 20. Detalle de ensamblaje en Angulo por uniones metálicas



Fuente: Elaboración Propia, 2023

Figura 21. Detalle de rebaje en pletinas



Fuente: Elaboración Propia, 2023

Figura 22. Vigas en pórtico bi-articulado



Fuente: Elaboración Propia, 2023

Figura 23. Nervios de madera laminada encolada y planchas de unión



Fuente: Elaboración Propia, 2023

Figura 24. Entalladura en el eje del soporte y se fija por pasadores



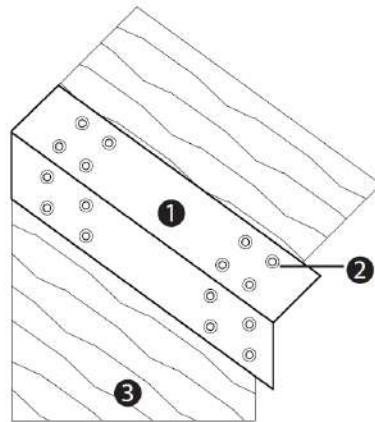
Fuente: Elaboración Propia, 2023

Los modelos que se han implementado anteriormente son el resultado de los detalles más óptimos a la hora de interpretarlos en las edificaciones, estos modelos se dan a partir de la tabla de resultados del análisis de datos, gracias a esta tabla se puede comprobar cuál es el más óptimo.

4.3 Aplicación de Catalogo

4.3.1. Detalle en Pórticos

Detalle de ensamblaje en ángulo por uniones metálicas

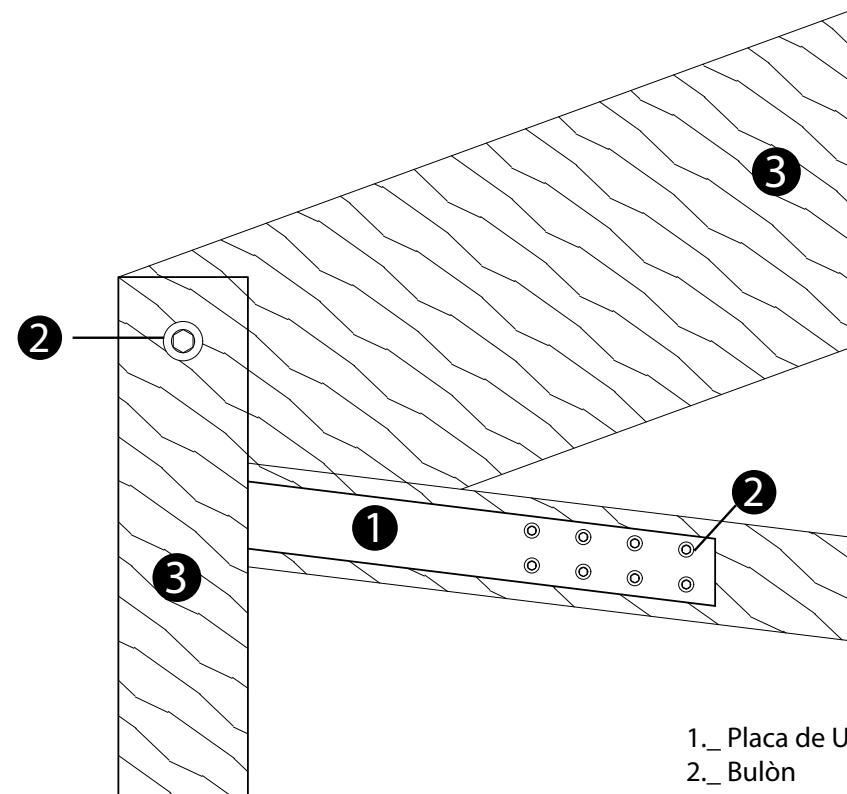


- 1._ Placa de Union
- 2._ Bulòn
- 3._ Madera laminada Par (comprimida)



Son las soluciones constructivas más utilizadas. Al presentar la unión mediante múltiples muescas, según la bisectriz del ángulo, en las uniones de las piezas encoladas se produce una rigidez superior a la que se puede conseguir utilizando elementos metálicos.

Transmitir al tirante el esfuerzo horizontal

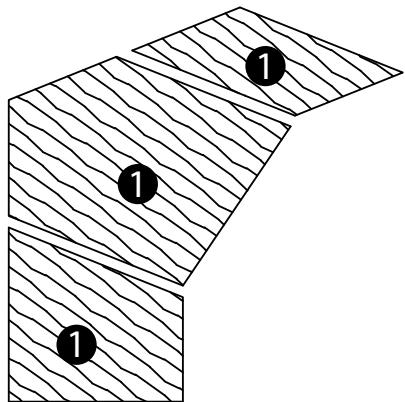


- 1._ Placa de Union
- 2._ Bulòn
- 3._ Madera laminada Par (comprimida)



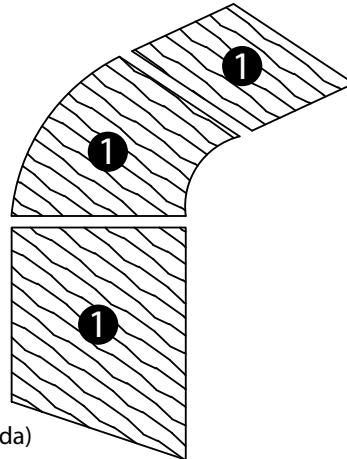
Consta de una pieza metálica con la forma adecuada para recibir el empuje y transmitir la fuerza horizontal al compás. La conexión de las correas con el dintel se puede realizar si las vigas se colocan con su paramento superior a ras del dintel del porche.

Detalle de ensamblaje en ángulo por cuña de madera laminada



1_ Madera laminada Par (comprimida)

Ensamblaje por entalladuras múltiples

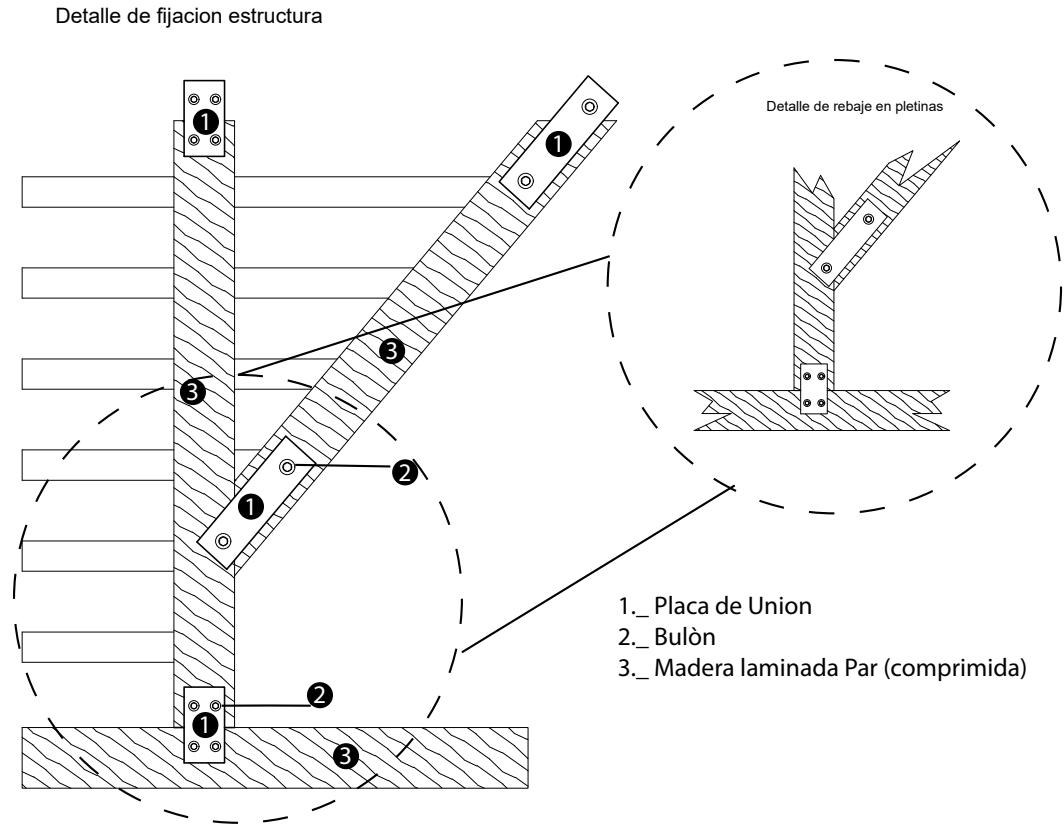


Son las soluciones constructivas más utilizadas. Al presentar la unión mediante múltiples muescas, según la bisectriz del ángulo, en las uniones de las piezas encoladas se produce una rigidez mayor que la que se puede conseguir utilizando elementos metálicos.

Excelente comportamiento a flexión y compresión.

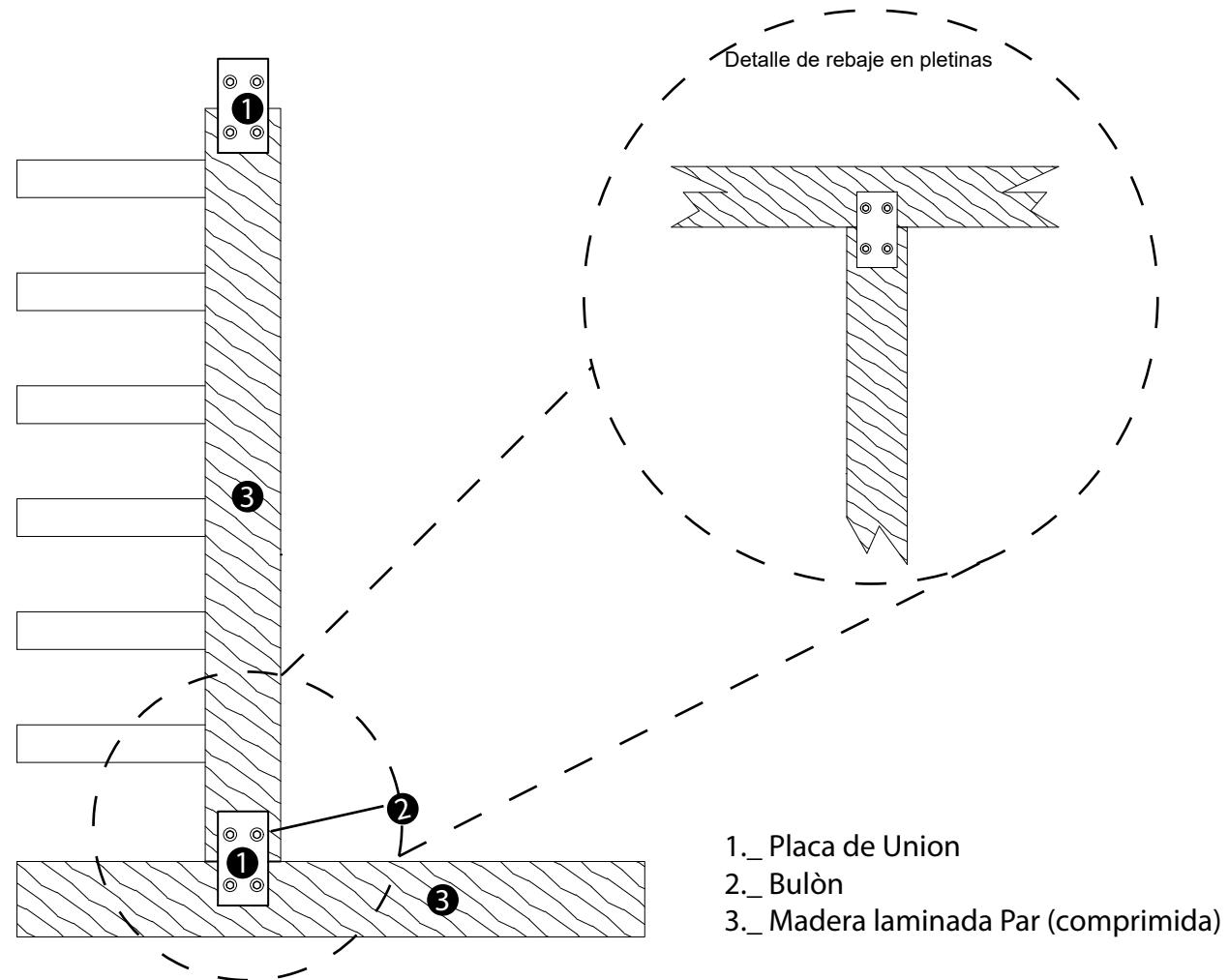
- Conductividad térmica débil.
- Ausencia de dilatación térmica.
- Variaciones dimensionales según la dirección axial (paralela a las fibras) prácticamente despreciables bajo el efecto de las variaciones de humedad.
- Gran estabilidad química.

4.3.2. Detalle de Fijaciones Estructurales



Se busca elevar el poder del espacio para formar un interior con totalidad, jugando con los tamaños, en cada una de sus medidas.

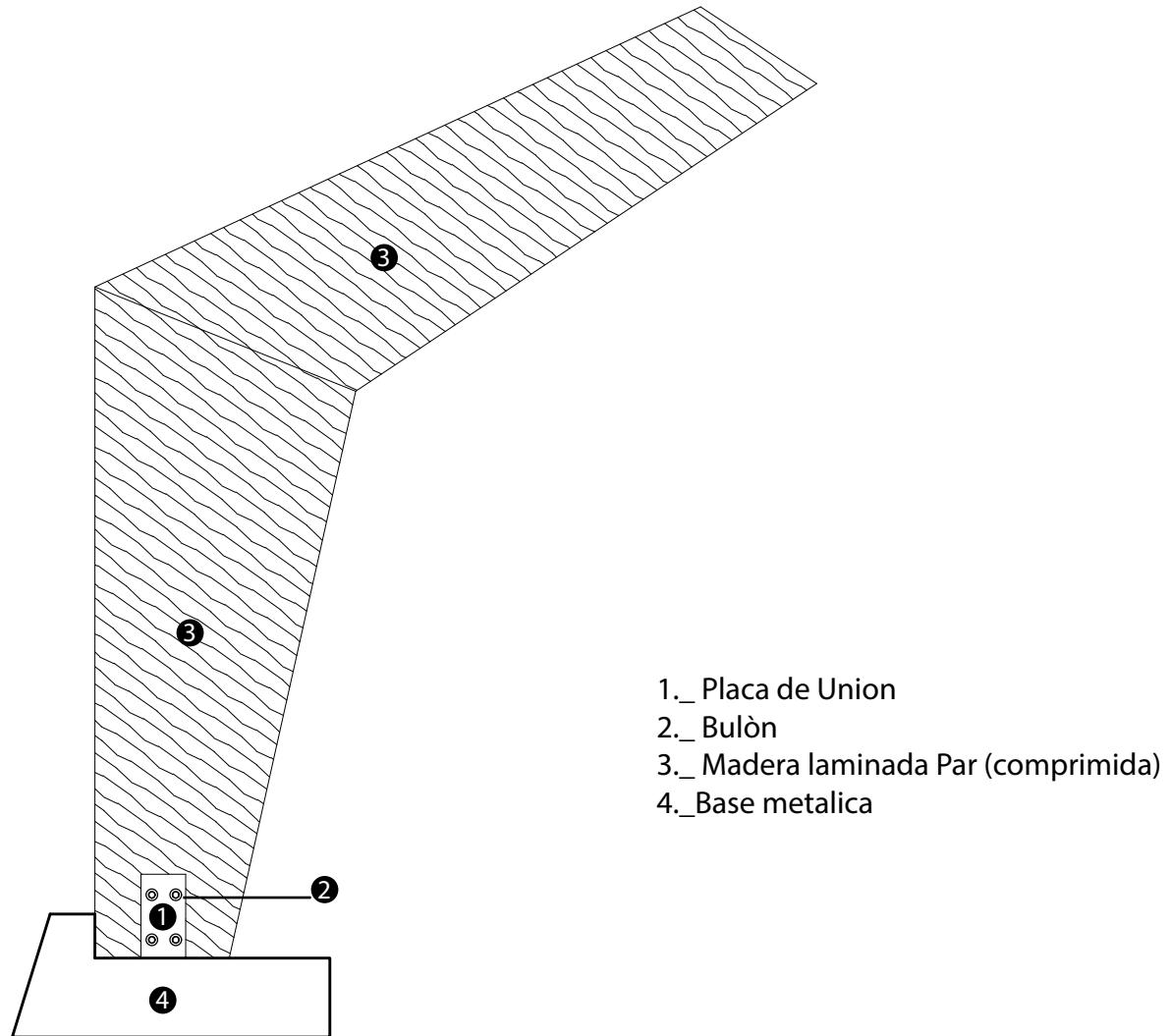
Detalle de fijacion estructura



Se busca elevar el poder del espacio para formar un interior con totalidad, jugando con los tamaños, en cada una de sus medidas.

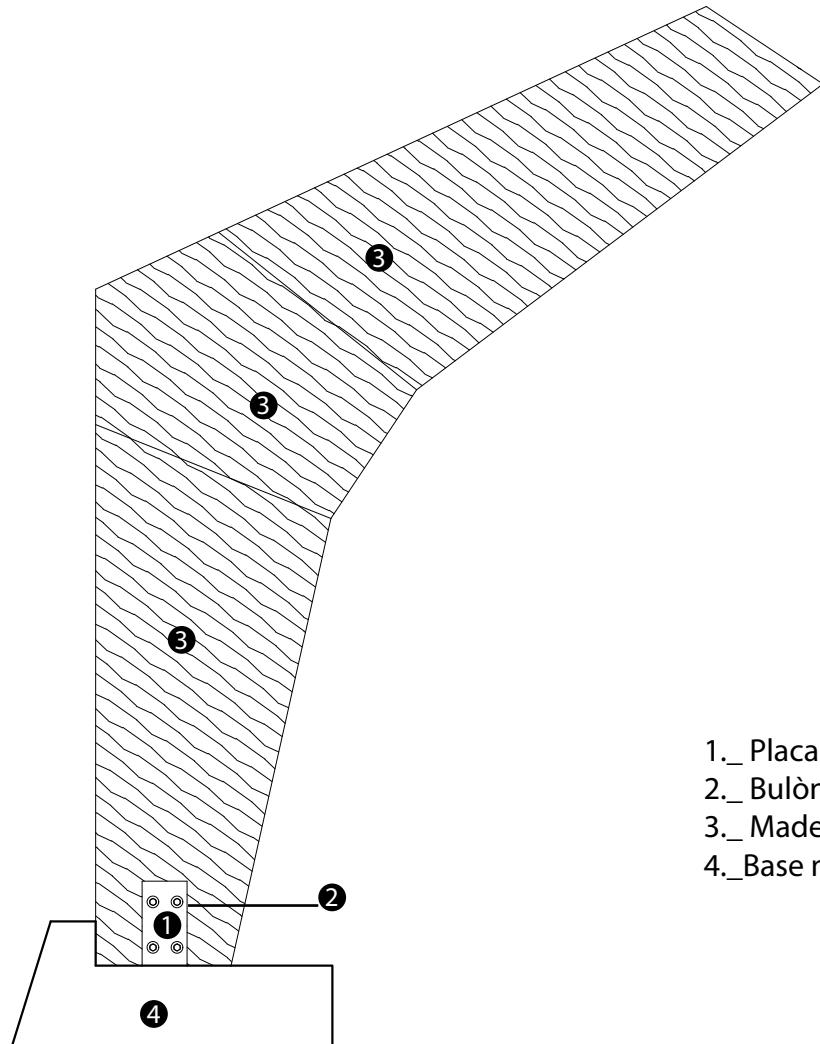
4.3.3. Articulaciones

Angula por junta encolada



Es la unión entre soporte y dintel, es necesario comprobar la tracción transversal en ella, y las tensiones más importantes son radiales y se originan en el pegado de las láminas, en las zonas de máxima curvatura.

Angula par doble junta encolada

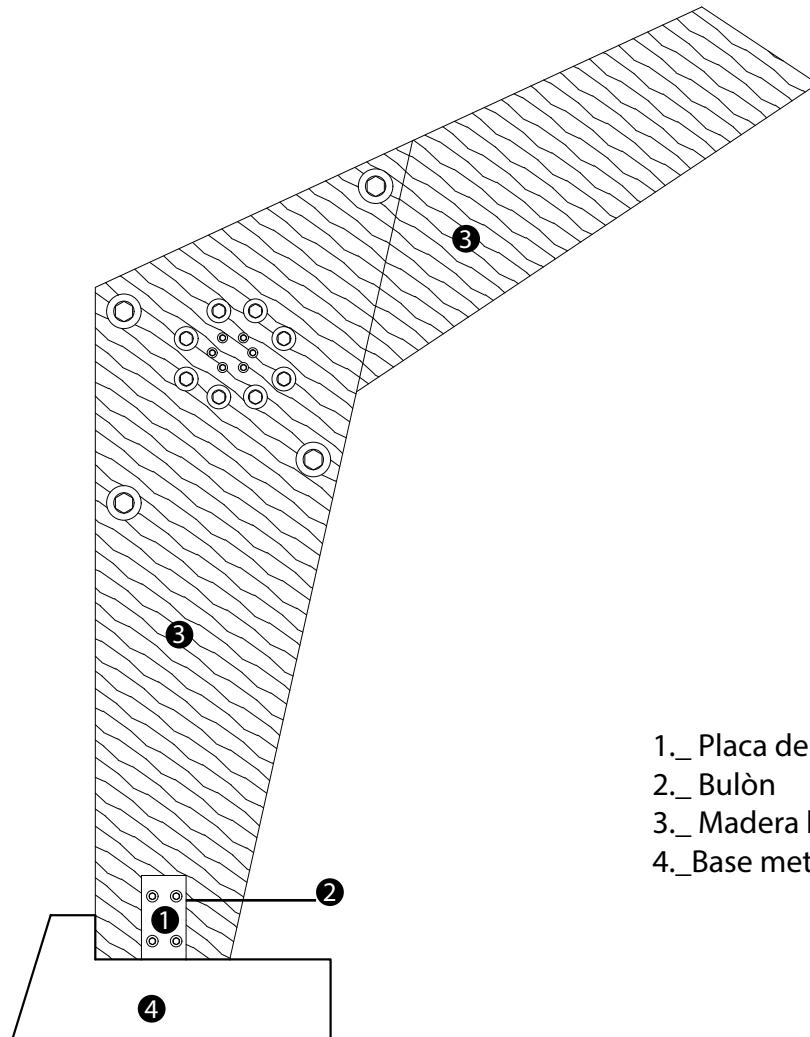


- 1._ Placa de Union
- 2._ Bulòn
- 3._ Madera laminada Par (comprimida)
- 4._ Base metalica



Es la unión entre soporte y dintel, es necesario comprobar la tracción transversal en ella, y las tensiones más importantes son radiales y se originan en el pegado de las láminas, en las zonas de máxima curvatura.

Broche circular de seguridad

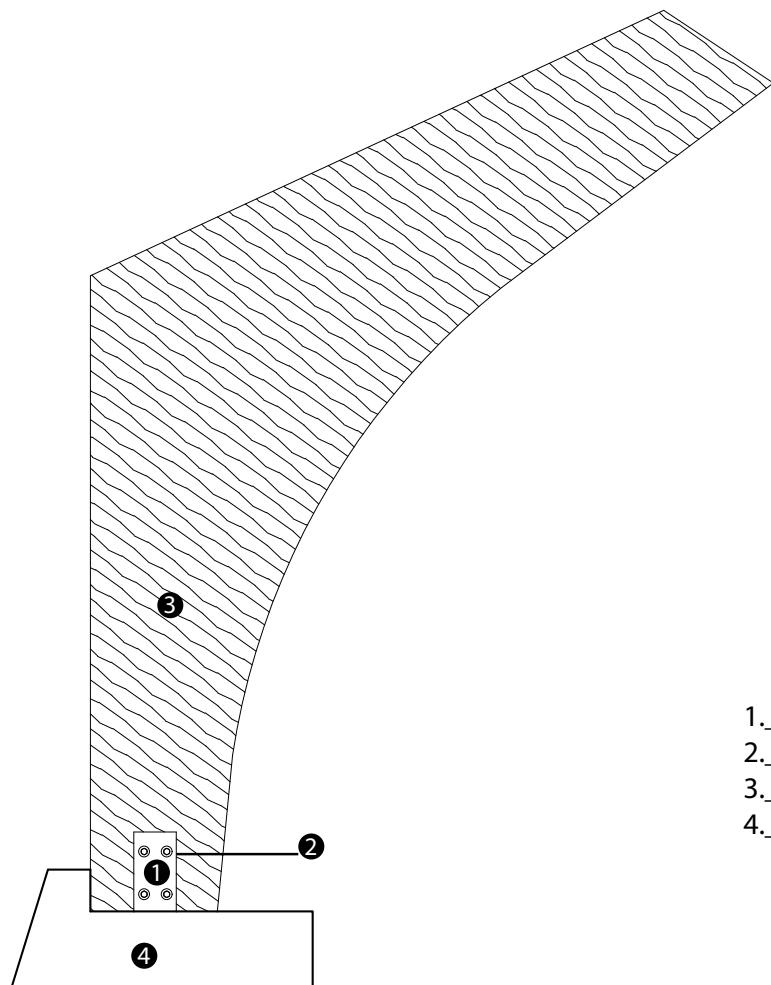


- 1._ Placa de Union
- 2._ Bulòn
- 3._ Madera laminada Par (comprimida)
- 4._ Base metalica



Es la unión entre soporte y dintel, es necesario comprobar la tracción transversal en ella, y las tensiones más importantes son radiales y se originan en el pegado de las láminas, en las zonas de máxima curvatura.

Solución curva



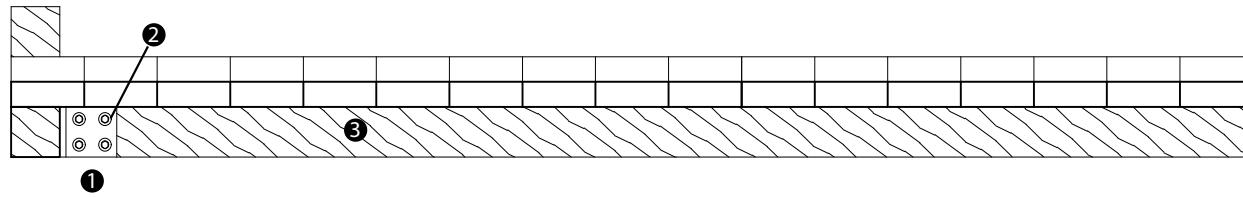
- 1._ Placa de Union
- 2._ Bulòn
- 3._ Madera laminada Par (comprimida)
- 4._ Base metalica



Es la unión entre soporte y dintel, es necesario comprobar la tracción transversal en ella, y las tensiones más importantes son radiales y se originan en el pegado de las láminas, en las zonas de máxima curvatura.

4.3.4. Tableros Encolados

Dos tableros de planchas encoladas y con láminas cruzadas

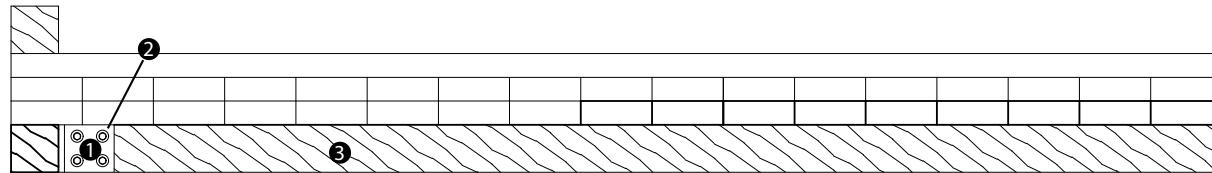


- 1._ Placa de Union
- 2._ Bulòn
- 3._ Madera laminada Par (comprimida)



Se han creado estructuras que superan los 60 m de luz, proponiéndose como alternativa a estructuras en las que la débil resistencia al fuego de los cables de acero permite que la madera muestre su eficacia a través de conceptos técnicos avanzados.

Tres tableros encolados y con láminas cruzada

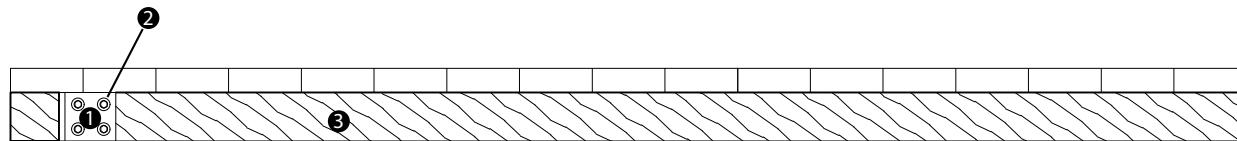


- 1._ Placa de Union
- 2._ Bulòn
- 3._ Madera laminada Par (comprimida)



Se han creado estructuras que superan los 60 m de luz, proponiéndose como alternativa a estructuras en las que la débil resistencia al fuego de los cables de acero permite que la madera muestre su eficacia a través de conceptos técnicos avanzados.

Nervios de madera laminada encolada y planchas de unión



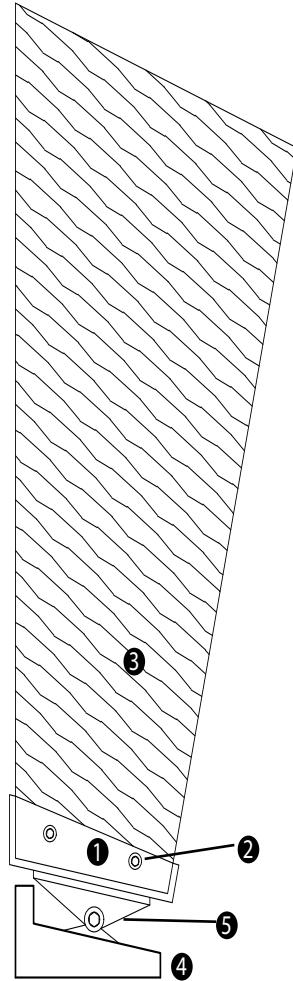
- 1._ Placa de Union
- 2._ Bulòn
- 3._ Madera laminada Par (comprimida)



Se han creado estructuras que superan los 60 m de luz, proponiéndose como alternativa a estructuras en las que la débil resistencia al fuego de los cables de acero permite que la madera muestre su eficacia a través de conceptos técnicos avanzados.

4.3.5. Vigas

Vigas en pórtico tri- articulado

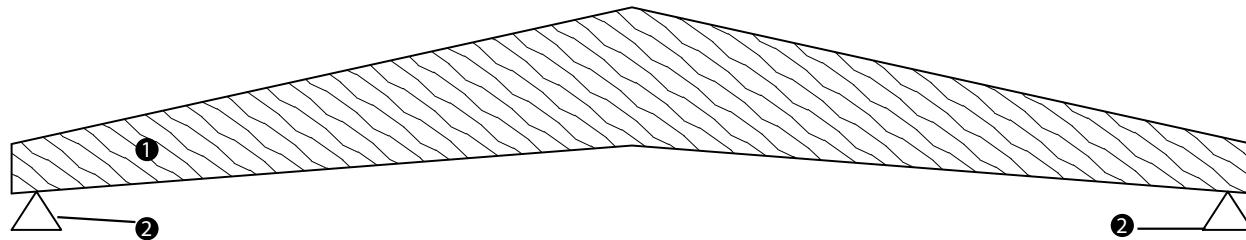


- 1._ Placa de Union
- 2._ Bulòn
- 3._ Madera laminada Par (comprimida)
- 4._ Base articulada
- 5._ Soporte



Están formados por una viga unida rígidamente a los soportes, quedando estos articulados por sus bases. Los momentos flectores de la viga se transmiten a los apoyos mediante la conexión rígida entre ellos.

Viga angular con dos apoyos

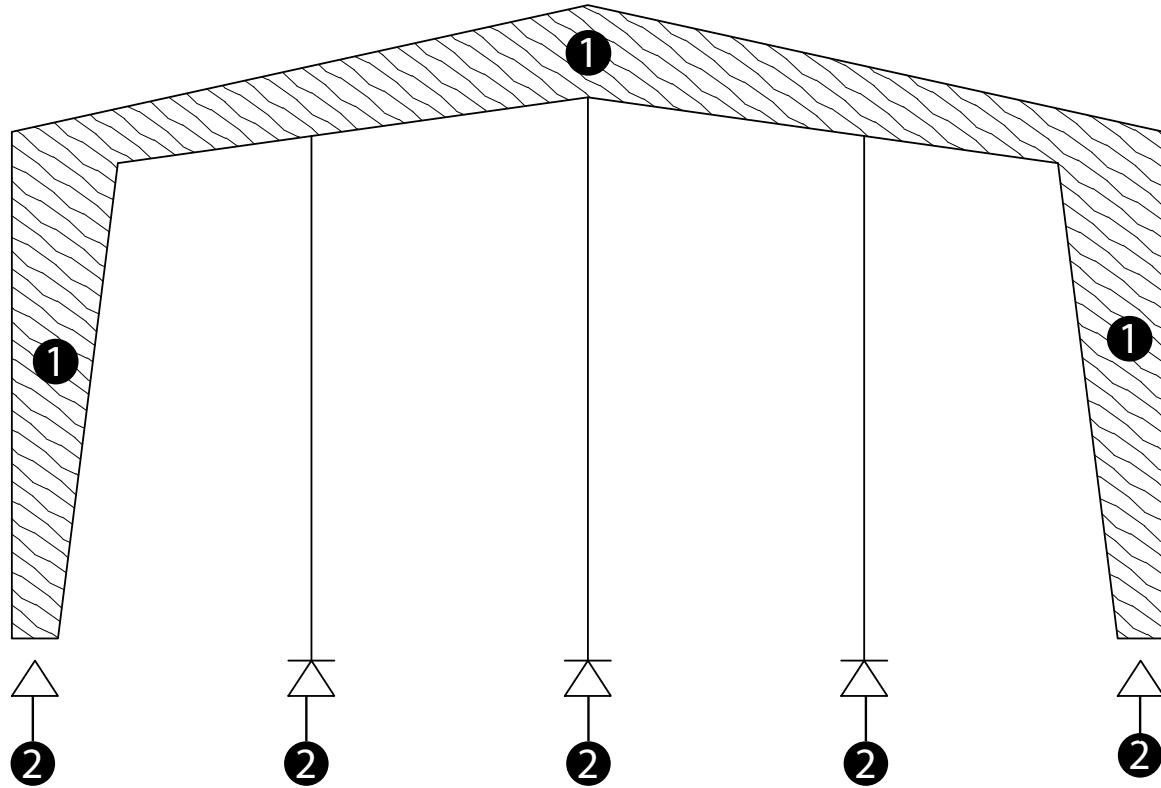


- 1._ Madera laminada Par (comprimida)
- 2._ Apoyos



Es una viga que permite la entrada de luz de 8 a 10 m de ancho gracias a sus dos soportes.

Estructura de luces múltiples

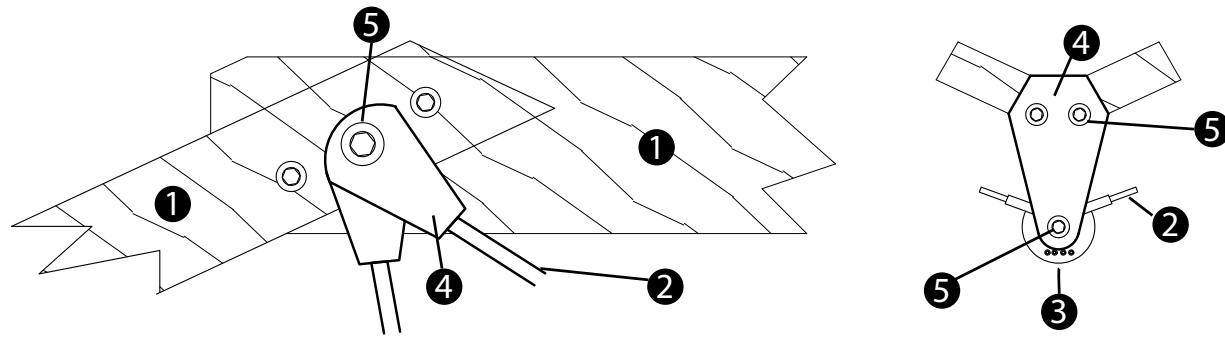


- 1._ Madera laminada Par (comprimida)
- 2._ Apoyos



Es una viga que permite una entrada de luz de 8 a 20 m de ancho gracias a sus múltiples luces.

Sistemas hiperestáticos

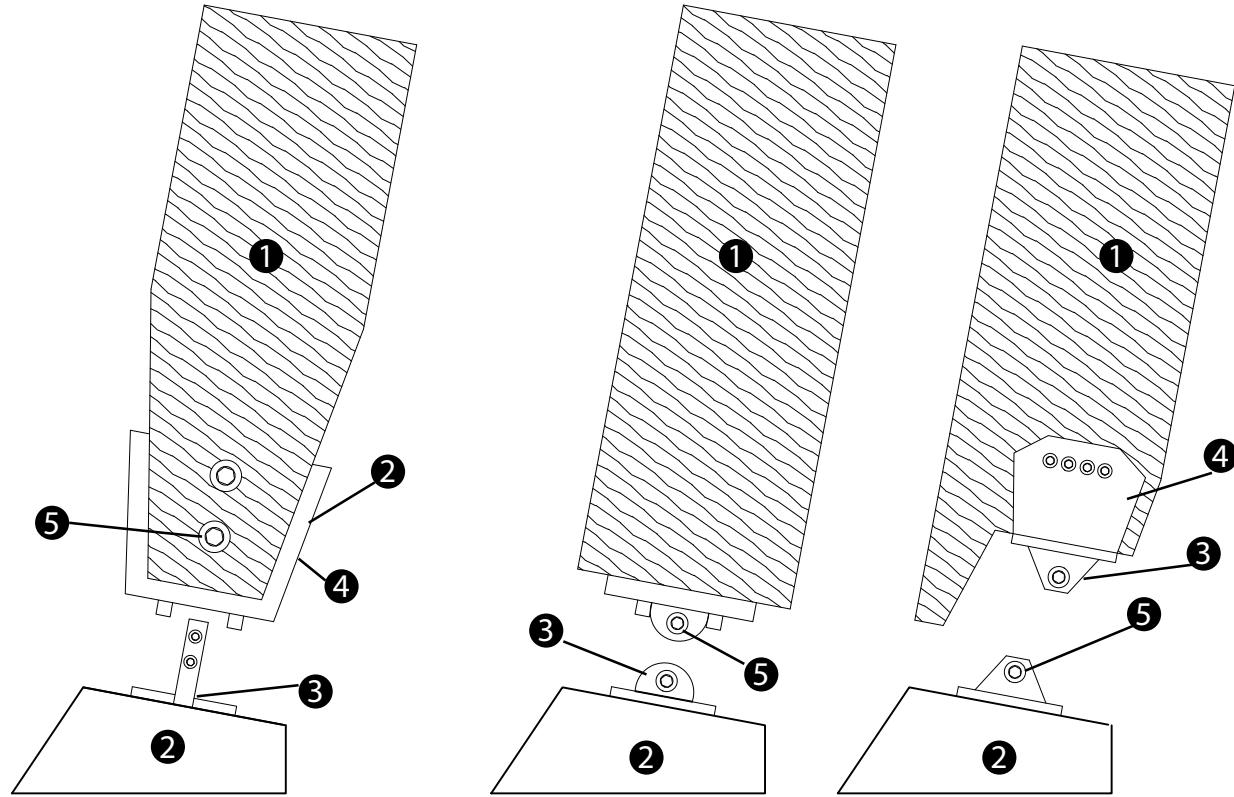


- 1._ Madera laminada Par (comprimida)
- 2._ Tirantes de acero
- 3._ Placa de union
- 4._ Placa de Recubrimiento
- 5._ Bulòn
- 6._ Anillas



Permiten que el sistema se deforme libremente, sin estrés adicional en los nudos, gracias a la combinación de madera y acero.

Piezas de acero unidas por un pasador

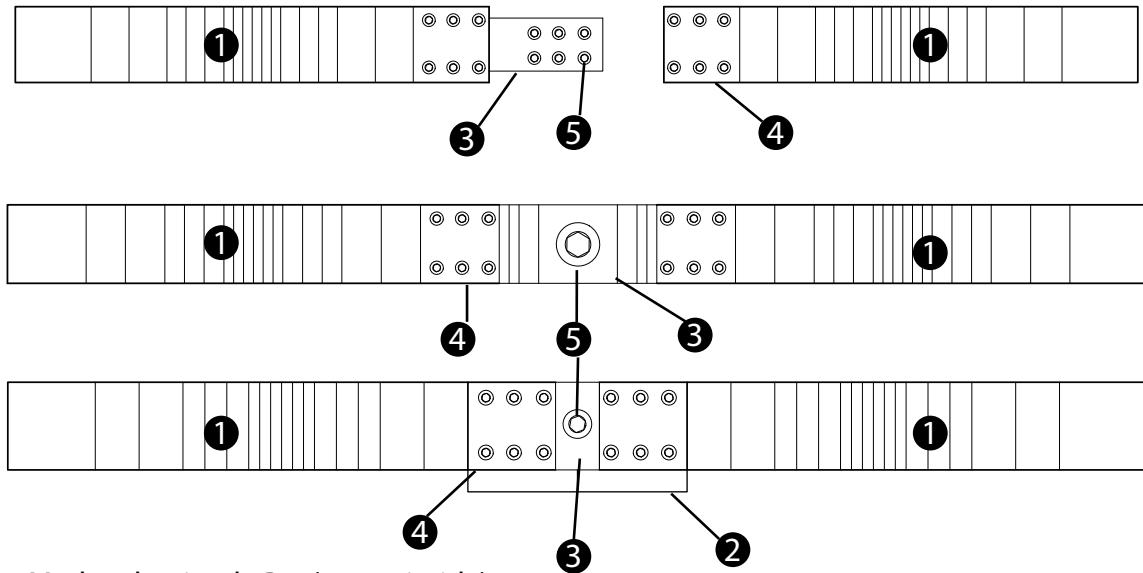


- 1._ Madera laminada Par (comprimida)
- 2._ Base metalica
- 3._ Placa de union
- 4._ Placa de Recubrimiento
- 5._ Bulòn

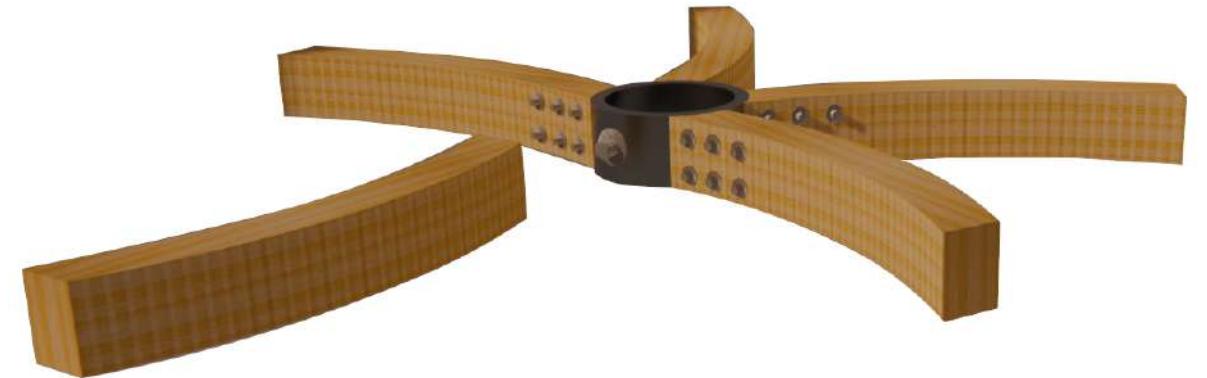


Las estructuras de madera laminada descansan sobre bases de hormigón armado, siendo muy utilizado el sistema de bisagras obtenido mediante piezas de acero unidas por un pasador.

Anillo provisto de consolas sobre los que se aseguran las vigas



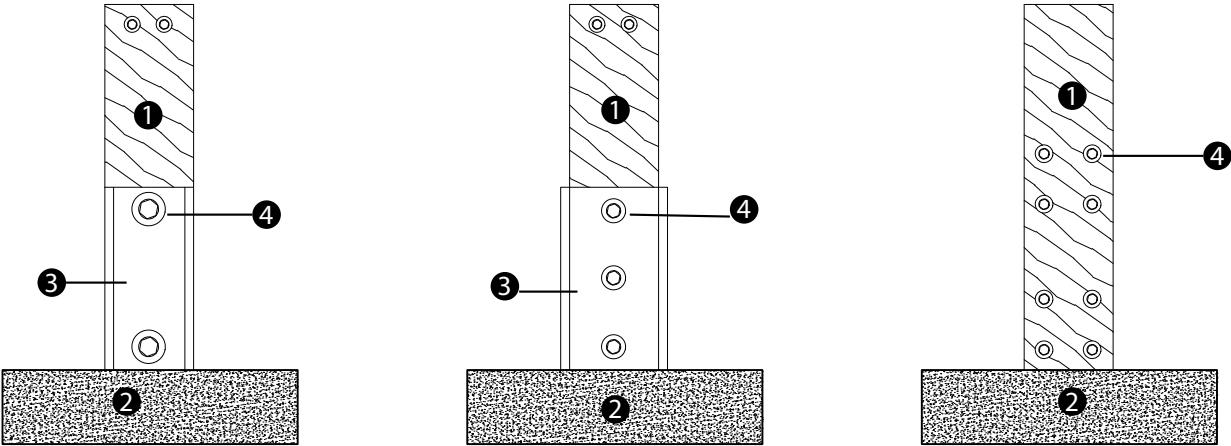
- 1._ Madera laminada Par (comprimida)
- 2._ Base metálica
- 3._ Placa de unión
- 4._ Placa de Recubrimiento
- 5._ Bulòn





La unión de los elementos se resuelve con piezas de acero en forma de anillos provistas de ménsulas sobre las que se fijan las vigas o con ramales de chapa de acero que penetran en las muescas previstas en la pieza de madera.

Entalladura en el eje del soporte y se fija por pasadores



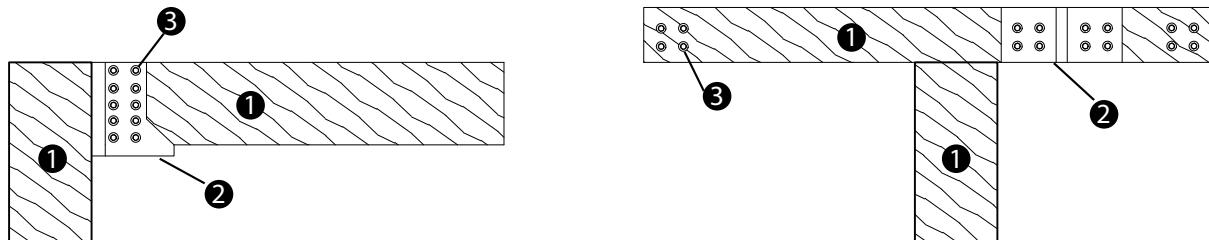
- 1._ Madera laminada Par (comprimida)
- 2._ Base de hormigon
- 3._ Placa de union
- 4._ Bulòn





El empotramiento de los soportes se puede realizar mediante chapas de acero en los laterales o perfiles en U o doble T.

Herrajes de apoyo de correas en las vigas principales

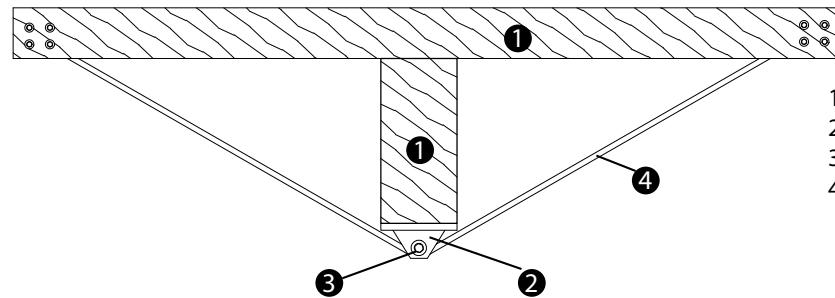
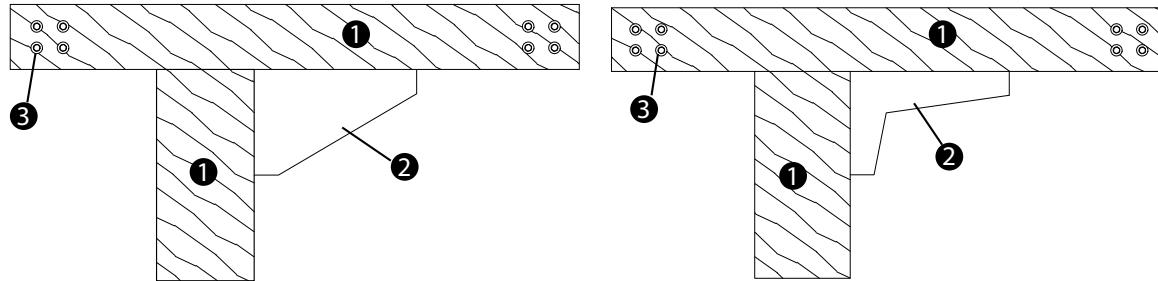


- 1._ Madera laminada Par (comprimida)
- 2._ Placa de union
- 3._ Bulòn



La unión de las correas con el dintel se realiza con piezas especiales de chapa galvanizada de espesores comprendidos entre 2 y 4 mm, en forma de estribos o ménsulas, en el caso de vigas simplemente apoyadas.

Vigas principales estabilizadas por las correas



- 1_ Madera laminada Par (comprimida)
- 2_ Placa de union
- 3_ Bulòn
- 4_ Tirantes de Acero





Para cubrir grandes espacios puede ser interesante utilizar correas continuas (utilizando uniones tipo Cantiléver); en estos casos las vigas principales pueden estabilizarse contra el colapso lateral mediante las vigas secundarias.

Conclusiones

Este producto se enfoca en crear un catálogo de detalles constructivos en madera laminada de grandes luces que busca promover el desarrollo de estas construcciones implementando este material y dejando de acostumbrarse a lo habitual como las construcciones de concreto y metal. Si bien el objetivo principal es promover el uso de madera laminada en las futuras construcciones del país, no significa que realmente exista la posibilidad de que este tipo de construcciones de madera laminada aparezcan de la noche a la mañana, de lo contrario tomará mucho tiempo. años pares.

Gracias a todos estos estudios que hemos investigado en profundidad, pudimos crear tablas de cálculo para el análisis de detalles constructivos de madera laminada para grandes luces, lo que nos permitió analizar detalladamente con datos cuantificables cómo funciona cada uno de ellos en términos de análisis. huella estructural y ecológica, se aplicaron estas submetodologías ya que son las más cercanas al momento de aplicación en un estudio.

Al momento de desarrollar estas tablas con los datos de todos los detalles, se pudo saber cuál es el más óptimo al momento de la selección para aplicar en un levantamiento de grandes luces para madera laminada, sin embargo, no descarto que los detalles que no son elegidos por esta tabla de análisis son defectuosos o de mala calidad, pero también se pueden aplicar, pero con un poco más de recursos y tiempo.

Los resultados se dividieron en categorías como: Detalle en marcos, dentro de esta categoría se analizaron los temas antes mencionados, cuyo detalle que fue más acce-

sible al momento de ponerlo en una construcción es: Detalle de montaje en ángulo por juntas metálicas, esto se debe al hecho de que la aplicación de la cantidad de láminas de placa base que se pueden implementar es más que suficiente y no requiere mucho elemento químico y la unión metálica es más fácil de crear y manipular para este detalle que los detalles anteriores.

Así mismo en el caso de Detalles de Fijaciones Estructurales Resultados como resultado tenemos: Detalle de hueco en placas, esto se debe a que también se comparó con los demás detalles y salió más óptimo porque a diferencia de los anteriores no requiere la implementación de madera más laminada lo que beneficia mucho al contratista ya que tienen las mismas funciones que los detalles anteriores y cumplen con los requisitos.

En el caso de las Vigas tenemos: que las Vigas en pórtico Triarticulado es la más óptima, ya que cumple con todos los parámetros que necesita a diferencia de las anteriores que también cumplen, pero al momento de aplicarlas es más complejo, caro y sin prestaciones, una de las peculiaridades de este detalle es que la junta metálica que se aplica es muy innovadora ya que hace un tiempo se creía algo imposible de llevar a la práctica.

Asimismo, en el caso de Juntas el resultado es: Ángulo por junta encolada, esto se debe a que cumple con todos los requisitos y se puede aplicar con los resultados antes mencionados. Lo que lo diferencia de los detalles que se compararon es que es por su precio y tiempo, ya que al recrear este detalle se puede observar que no requiere el mismo procedimiento de fabricación, lo cual requiere mucho tiempo, sino que es más sencillo y de buena calidad.

En el caso de Tableros Encolados tenemos como resultado el detalle: Nervios y placas de unión de madera laminada encolada, lo que se diferencia de los demás detalles de comparación es que este no requiere de una cantidad excesiva de madera laminada ya que tiene el mismo funcionamiento que los anteriores y sus uniones metálicas son más fáciles de aplicar que los demás.

Y por último están las juntas metálicas, como resultado tenemos: Muesca en el eje del soporte y fijación mediante pasadores, en este caso se pudo observar que todas las juntas metálicas son muy óptimas a la hora de aplicarlas y fabricarlas y casi ninguna podría descartarse por el momento. para colocarlos, por lo que se analizó en términos de porcentajes ya que en términos de datos cuantificables es el más óptimo al momento de su uso.

Recomendaciones

Una vez revisado y analizado lo anterior, existen recomendaciones que se pueden implementar para mejorar este catálogo de detalles constructivos en madera laminada para grandes luces como:

Fomentar la creación de catálogos, se recomienda continuar con el desarrollo de este catálogo de detalles constructivos de madera laminada para grandes luces, ya que este tipo de construcciones pueden sustituir a las construcciones habituales que podemos ver por todos lados. Estos futuros catálogos que se implementarán deberán tener más información de otras partes del mundo que ya están apoyando este tipo de construcciones con madera laminada, ya que este catálogo es solo la clave para futuros catálogos y proyectos que puedan promover el uso de madera laminada. para luces grandes.

Asimismo, a la hora de promover colaboraciones, es recomendable fomentar la colaboración de empresas constructoras, academias, empresas, obreros de la construcción, etc. Estas alianzas pueden facilitar una mayor investigación y conocimiento de más tipos de construcción implementando madera laminada.

Sin embargo, no nos olvidemos de fomentar la concienciación a nivel medioambiental, ya que es bien sabido que el medio ambiente y la edificación no se llevan muy bien, claro que se ha intentado poner remedio pero este proceso es, poco a poco, uno de las mejores soluciones que se pueden llevar a cabo es el uso de madera laminada ya que es una de las más amigables con el medio ambiente, ya que la madera tiene componentes favorables como: puede ayudar en el almacenamiento de Co₂, ya que estos son buenos almacenamiento, son 100%

reciclable e incluso puedes reutilizar edificios que ya no están en uso.

En cuestión a la hora de implementar este tipo de construcciones en el país se requiere una estricta vigilancia porque la gente está muy acostumbrada a crear otro tipo de construcciones sin madera laminada, gracias a esto pueden ver accidentes a futuro en las obras. al momento de realizarlo o ya finalizado.

Finalmente, puede ayudar a fortalecer el entrenamiento y la formación. Se recomienda que personas ya capacitadas en esta rama de la construcción puedan ayudar a otras personas que se están capacitando o que ya están trabajando, porque este tema sería nuevo para ellos. Dado que hoy en día no vemos mucho de estas construcciones y hoy vemos edificios más tradicionales, por supuesto hay que enseñarles todo sobre esto ya que ante el más mínimo fallo podrían ocurrir varios accidentes, tanto medioambientales como para la sociedad.

Referentes Bibliograficos

-Adingelam. (2021). Proyectos de grandes luces en madera laminada. Ingelam.

-Andina, M. (2021, 8 febrero). Maderera Andina: ¿Cómo mantener la madera laminada? Maderera Andina.

-Díaz, R. (2021, 27 septiembre). Edificios de madera: ¿Solución para combatir el cambio climático? Verde y Azul.

-Dmccol. (2023). Descubre el costo del metro cuadrado de estructura metálica: guía completa. Cerrajeros Quito.

-Madera laminada - Madebu - Ingeniería de madera. (2021, 16 noviembre). Madebu - Ingeniería de Madera.

-Marketing. (2020, 20 octubre). Patologías del hormigón: qué son, tipos y cómo prevenirlas a tiempo.

-Navarro, A. (2021, 30 diciembre). Problemas mas comunes para el montaje de una estructura metálica | Grimosa. Grimosa.

-Ochoa, A. (2020, 31 diciembre). ¿Qué es la economía circular y cómo se aplica en la arquitectura? Architectural Digest.

-Staff View: Riesgos antrópicos generados por la actividad minera. (s. f.).

-Verdegen. (2021, 3 mayo). 7 medidas para reducir el impacto ambiental de una construcción. Generación Verde

-Lando A. (2021) Proyecto de autoconstrucción para viviendas sociales de madera.

- David C. (2014). Sistemas constructivos tradicionales como sistemas de conocimiento local Chile.

-Designingbuildings.co.uk. Recuperado el 19 de enero de 2024

-Edu.uy. Recuperado el 19 de enero de 2024

-Galería de Escuela Villa El Palqui / José Cruz & Asociados - 38. (s. f.). ArchDaily en Español.

-NE Philly Apartments - Philadelphia, PA - 4 apartment communities. (2024, 3 enero). Philly Apartment Rentals.

-Dalston Lane: El edificio de madera laminada más grande del mundo - ECVerde. (2022, July 5). Economía Circular Verde.

-Norma técnica e.010 madera del reglamento nacional de edificaciones. (n.d.).

-Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). 2011b. Descripción de las cadenas

-Souza, E. (2023, 4 diciembre). ¿Cuáles son los desafíos de la construcción con madera en altura? ArchDaily en Español.

-(MAE) & Organización internacional de las maderas tropicales (OIMT). Quito.

--Espinosa, Pedro & Proaño, Diego & Barrera Peñafiel, Luis & Crespo, Eva. (2018). Catálogo de madera Estructural de Ecuador.

-Board of the Cartagena Agreement (1984). Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. 4a. edición.

Lima, Perú: Junta del Acuerdo de Cartagena.

-Valencia Giraldo A. (2019). La madera como un nuevo-material sostenible.

-WOOD, L.W., Recommended Building Code Requirements for Wood and Wood Base Materials.

-Revista AOA. (2018). ¿Cuáles son los desafíos de la construcción con madera en altura?

-Lopés L. (2018). Analysis and evolution of prefabricated-building systems, environmental impact and interaction with the traditional Mexican construction system.

-Barrera M, M. F. (2008). Modelos Epistémicos en Investigación y Educación. Caracas: Ediciones Quirón, 115 pp.
Bernal, C. (2010).

-Vargas Febres, C. G. (2019). La autoconstrucción en la periferia de Cusco. Un estudio de enfoque mixto. AREA, 25(2), pp. 1-12

-Fdez-Golfin, Juan & Garcia, Conde & Conde, María & Cabezas, Jose Antonio & Sánchez-González, Mariola & Fernández de Simón, Brigida & Cervera, Maria Teresa. (2022). LA MADERA: CONCEPTOS CLAVE PARA SU IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA.

-Corporacion chilena de la madera (CORMA). (2017) Manual De Construccion De Grandes Luces En Madera –Corma

-David C. (2014). Sistemas constructivos tradicionales como sistemas de conocimiento local Chile.

-Alexander F. & Mario U. (2019). Manual de diseño cons-

trucción, montaje y aplicación.

-Rodríguez, AV (2019). La metodología cuantitativa holística de componentes sustitutivos (Chocos) en la valoración paisajística. Caso de aplicación.

-Stadhaus N1: El Edificio de Madera, Más Alto del Mundo – Revista El Mueble y la Madera.

-Jorge Iván Campos. (2023, January 13). La madera en la construcción - Block Software. Block Software.

-Luis, P., & Veiga, S. (n.d.). LA MADERA LAMINADA ENC LADA: HISTORIA y DEFINICION.

-Madera para arquitectura: el mejor material sostenible-Garnica. (2021).

-NE Philly Apartments - Philadelphia, PA - 4 apartment communities. (2024b, enero 3). Philly Apartment Rentals.

-Virginia McLeod. “El detalle en la arquitectura contemporánea en madera”. Blume.2010



Anexo 1. Láminas de madera de la misma calidad

COEFICIENTE REDUCTOR POR DEFECTO DE LAMINAD	NUMERO DE LAMINAS	TRACCION PARALELA A LA FIBRA	MODULO DE ELASTICIDAD POR FLIXION	COMPRESION PARALELA A LA FIBRA	ESFUERZO CORTANTE PARALELO A LA FIBRA	COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA
0.75	4 o mas	1	1	1	0.9	1
0.65	4	0.68	0.89	0.87	0.9	1
	5	0.72	0.89	0.89		
	10	0.77	0.91	0.91		
	15	0.8	0.92	0.92		
	20	0.82	0.93	0.93		
	30	0.84	0.94	0.93		
	50	0.85	0.94	0.94		
100	0.88	0.95	0.95			
0.5	4	0.4	0.77	0.76	0.9	1
	5	0.44	0.72	0.78		
	10	0.53	0.82	0.82		
	15	0.56	0.83	0.83		
	20	0.6	0.84	0.84		
	30	0.64	0.86	0.85		
	50	0.66	0.87	0.87		
100	0.7	0.88	0.88			

Fuente: Elaboración Propia, 2023

Anexo 2. Combinación de láminas de distinta calidad

COMPOSICION	NUMERO DE LAMINAS	TRACCION PARALELA A LA FIBRA	MODULO DE ELASTICIDAD POR FLIXION	COMPRESION PARALELA A LA FIBRA	ESFUERZO CORTANTE PARALELO A LA FIBRA	COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA
1/3/1 0.75/0.65/0.75 1/2/1 0.75/0.65/0.75 1/4/1 0.75/0.65/0.75	4 o mas	0.95	0.98	0.93	0.9	1
1/2/1 0.65/0.50/0.65 1/3/1 1/4/1	4,5 y 6 10 15 20 30 50 100	0.68 0.74 0.76 0.78 0.8 0.82 0.84	0.88 0.9 0.91 0.92 0.92 0.93 0.94	0.82 0.85 0.86 0.87 0.88 0.89 0.9	0.9	1

Fuente: Elaboración Propia, 2023

Anexo 3. Duración de la carga

DURACION DE LA CARGA	COEFICIENTE
De larga duracion (peso propio y cargas permanentes)	1,00
De duracion media (peso propio + viento + cargas eventuales)	1.25
De corta duracion (peso propio + carga de impacto + viento)	1.5

Fuente: Elaboración Propia, 2023

Anexo 4. Coeficiente según la longitud y posición de los apoyos

Longitud de apoyo (cm)	1.5	2.5	4,0	5,0	6,0	10	15
Coeficiente	1.7	1.53	1.36	1.19	1.14	1.1	1,00

Fuente: Elaboración Propia, 2023

Anexo 5. Cargas formando Angulo con la fibra de la madera

Relacion C/R	1/100	1/125	1/150	1/200	1/250	1/300
Coeficiente	0.8	0.87	0.9	0.91	0.93	0.95

Fuente: Elaboración Propia, 2023

Anexo 6. Esbeltez

Duracion de la carga	Valores limites de l/r	coeficiente
Cargas Permanentes	$\leq \sqrt{\frac{11,46 \cdot E}{C_{II}}}$	$1 - 0,0437 \frac{C_{II}}{E} \left(\frac{l}{r}\right)^2$
	$\geq \sqrt{\frac{11,46 \cdot E}{C_{II}}}$	$5,73 \frac{E}{C_{II}} \left(\frac{r}{l}\right)^2$
Cargas de duracion intermedio	$\leq \sqrt{\frac{10 \cdot E}{C_{II}}}$	$1,25 - 0,0626 \frac{C_{II}}{E} \left(\frac{l}{r}\right)^2$
	$\geq \sqrt{\frac{10 \cdot E}{C_{II}}}$	$6,24 \frac{E}{C_{II}} \left(\frac{r}{l}\right)^2$
Cargas dinamicas	$\leq \sqrt{\frac{8,62 \cdot E}{C_{II}}}$	$1,50 - 0,087 \frac{C_{II}}{E} \left(\frac{l}{r}\right)^2$
	$\geq \sqrt{\frac{8,62 \cdot E}{C_{II}}}$	$6,46 \frac{E}{C} \left(\frac{r}{l}\right)^2$
r=dimencion transversal menor		
L= longitud de la pieza		
E= modulo de elasticidad		
C=tension de compresion paralela a la fibra		

Fuente: Elaboración Propia, 2023

Anexo 7. Coeficiente de esbeltez para maderas cosificadas 0,50 y 0,40.

Esbeltez		valores de coeficiente		
l/r	l/b	Cargas permanentes	Cargas de duracion media	Cargas dinamicas
Menos de 5	1.4	1	1.25	1.5
5	1.4	0.99	1.24	1.49
10	2.9	0.98	1.23	1.47
20	5.8	0.96	1.2	1.44
30	8.7	0.94	1.17	1.4
40	11.5	0.91	1.13	1.34
50	14.4	0.87	1.08	1.27
60	17.3	0.83	1	1.1
70	20.2	0.77	0.9	1.01
80	23	0.7	0.79	0.86
90	26	0.61	0.68	0.72
100	28.8	0.53	0.58	0.6
120	34.6	0.4	0.42	0.44
140	40.4	0.31	0.32	0.33
160	46.2	0.24	0.25	0.25
180	52	0.2	0.2	0.2
200	57.7	0.16	0.16	0.17
200	63.5	0.13	0.14	0.14
240	69.2	0.11	0.12	0.12
250	72.2	0.1	0.11	0.11

Fuente: Elaboración Propia, 2023



Universidad
Indoamérica

Arquitectura
2024