

**Diseño de Elementos para Uniones Estructurales  
en Sistemas Constructivos de Madera Aplicados en  
Viviendas  
Quito, 2024**

**Abraham Gabriel Buenaño Pérez**



Universidad  
Indoamérica

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE ARQUITECTURA

DISEÑO DE ELEMENTOS PARA UNIONES ESTRUCTURALES EN SISTEMAS  
CONSTRUCTIVOS DE MADERA APLICADOS EN VIVIENDAS

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de  
Arquitecto

Autor(a)

**Buenaño Pérez Abraham Gabriel**

Tutor(a)

Jorge Ponce Tamayo

QUITO - ECUADOR  
2024

Buenaño, G. 2024.

Diseño de Elementos para Uniones Estructurales en  
sistemas constructivos de Madera Aplicados en Viviendas.

Universidad Tecnológica Indoamérica - Quito

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

Yo, BUENAÑO PÉREZ ABRAHAM GABRIEL, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “DISEÑO DE ELEMENTOS PARA UNIONES ESTRUCTURALES EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MADERA APLICADOS EN VIVIENDAS, QUITO, 2024”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorico al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

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

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

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 26 días del mes de Enero de 2024, firmo conforme:



.....  
BUENAÑO PÉREZ ABRAHAM GABRIEL  
C.I. 1727156091  
Dirección: Capelo  
Correo: gabriel\_arq2509@hotmail.com

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

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

Quito, 26 de enero de 2024



.....  
BUENAÑO PÉREZ ABRAHAM GABRIEL  
C.I. 1727156091

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE ELEMENTOS PARA UNIONES ESTRUCTURALES EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MADERA APLICADOS EN VIVIENDAS, QUITO, 2024” presentado por BUENAÑO PÉREZ ABRAHAM GABRIEL 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

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

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: DISEÑO DE ELEMENTOS PARA UNIONES ESTRUCTURALES EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MADERA APLICADOS EN VIVIENDAS, QUITO, 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

.....  
JOSE LEYVA  
C.I. 1756756902

.....  
JUAN JOSE CASTRO  
C.I. 1719954354

## DEDICATORIA

El trabajo investigativo le dedico a Dios por haberme acompañado y guiado en mi camino, sobre todo darme las fuerzas necesarias en los momentos difíciles de mi carrera. Dedico este trabajo investigativo a mi familia por apoyarme y guiarme en esta etapa de mi carrera, quiero dedicar especialmente a mi madre Lupe Pérez que ha sido un pilar fundamental en el proceso de mi carrera profesional, apoyandome en cada instante con ese cariño y amor incondicional, a mi padre Cristobal Buenaño, el cual me ha otorgado los valores y disciplina necesaria para seguir adelante y continuar con mis estudios universitarios, gracias a ellos soy una persona con valores y principios. Paralelamente quiero dedicar a mi hermano David Buenaño que es un ejemplo de hombre ha seguir adelante siempre con una mirada de esperanza y a mi hermana Viviana Buenaño por ser un apoyo de perseverancia y confianza.

A mi tutor el Ing Jorge Ponce que me ha estado acompañando en todo este proceso academico, en conjunto a mis lectores Jose Leyva y Juan Jose Castro, por llegar a formar parte de este proceso investigativo.

## AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a todas las personas que han estado apoyándome en esta etapa de mi estudio y gracias a Dios hoy culmina una meta propuesta en mi vida, me siento muy feliz de haber de haber obtenido esta meta y recordar que con esfuerzo y sacrificio se alcanza el éxito, paralelamente quiero agradecer a mi tutor el Msc. Ing Jorge Ponce por su apoyo incondicional y guías para poder llevar a cabo un proyecto investigativo, y de igual manera a los Arquitectos que han llevado a cabo este sueño conmigo.

Finalmente deseo agradecer a esta prestigiosa universidad, la cual me ha abierto las puertas para ser un excelente profesional.

## RESUMEN EJECUTIVO

### DISEÑO DE ELEMENTOS PARA UNIONES ESTRUCTURALES EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MADERA APLICADOS EN VIVIENDAS

La madera en la construcción se emplea desde épocas remotas, sin embargo, esta es capaz de aportar significativamente al cuidado del medio ambiente, por lo cual se propone implementarla en edificaciones sociales y de gran altura, ya que consta de propiedades óptimas para su construcción y edificación, entre ellas está la protección térmica y acústica.

Teniendo en cuenta que los elementos de madera son implementados en viviendas, estos deben ser capaces de transmitir cargas vivas y muertas. Para ello, sería importante diseñar uniones con elementos de acero que sean capaces de transmitir las cargas y de generar una mayor estabilidad y resistencia frente a los sismos y al viento, por ello, se llevó a cabo una investigación previa de las uniones de acero y de la madera y se plantea un set de componentes de acero, capaces de generar gran diversidad de conexiones en diferentes nodos estructurales, los cuales conducen dichas cargas, sin perder propiedades físicas y mecánicas.

Para esto, se elaboró un conjunto de piezas que son capaces de reemplazar elementos de uniones tradicionales, basándose en un diseño de elementos modulares por medio de ensambles y encajes, apoyándose en una soldadura de electrodo 60-13Amp logrando la unión a base de pernos y chapas de acero, los cuales abrazan a la madera, impidiendo deslizamiento de elementos verticales y horizontales, estos elementos de unión poseen la capacidad de adaptarse a diversas configuraciones estructurales, siempre y cuando el sistema constructivo de madera sea de poste a viga.

Con este set de uniones se mejora y facilita la colocación permitiendo un ahorro de tiempo en el conjunto de la fabricación y precios más competitivos en las construcciones, se puede emplear tanto en edificaciones pequeñas de madera como construcciones en mediana altura, esto se determina mediante un adecuado cálculo estructural.

**DESCRIPTORES:** Configuraciones Estructurales, Diseño Estructural, Elementos Modulares, Resistencia

## ABSTRACT

### CREATING COMPONENTS FOR JOINTS IN WOODEN STRUCTURES USED IN DWELLINGS

Wood has been used in construction since ancient times, however, it is able to contribute significantly to environmental care, which is why it is proposed to be implemented in social and high-rise buildings, since it has optimal properties for its construction and functionality, these include thermal and acoustic protection.

Taking into account that these wood elements are implemented in houses, they must be able to transmit live and dead loads. For this purpose, it would be important to design joints with steel elements that are capable of transmitting loads and generating greater stability and resistance to earthquakes and wind, because of this, previous research of steel and wood joints was carried out and a set of steel components is proposed, capable of generating a great diversity of connections in different structural nodes, which conduct such loads, without losing physical and mechanical properties.

For this purpose, a set of pieces that are capable of replacing elements of traditional joints was elaborated, based on a design of modular elements by means of assemblies and sockets, relying on a 60-13Amp electrode welding, achieving the union based on bolts and steel plates, which clasp the wood, preventing slippage of vertical and horizontal elements, these joint elements have the ability to adapt to various structural configurations, as long as the system is designed in a way that allows for the use of a wide range of structural elements.

This set of joints improves and facilitates the placement allowing time savings in the overall manufacturing and more competitive prices in construction, it can be used in both small wooden buildings and medium height constructions, this is determined by a proper structural calculation.

**KEYWORDS:** Structural Configurations, Structural Design, Modular Elements, Resistance

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>ETAPA 1</b> .....	<b>17</b>
<b>Conocimiento previo</b> .....	<b>17</b>
1.Introducción .....	19
1.1 Objetivos.....	20
1.1.1. Objetivo general.....	20
1.1.2. Objetivos específicos: .....	20
1.2 Madera .....	21
1.3 Sistemas Constructivos de la Madera.....	25
1.3.5. Sistema Poste Viga.....	28
1.4 Sistemas de Unión y Fijación.....	28
<b>ETAPA 2</b> .....	<b>36</b>
<b>Aplicación metodológica</b> .....	<b>36</b>
2.Fundamentación Teórica .....	37
2.1 Estado del Arte.....	37
2.2 Marco Conceptual .....	38
3.Materiales y métodos.....	38
3.1 Metodología de la Investigación.....	38
3.2 Esquema Metodológico.....	39
3.3 Cuadro de Referentes .....	40
3.4 Fases de la Metodología .....	41

**ETAPA 3 . . . . .44**

**Difusión de resultados . . . . .44**

4. Difusión de resultados . . . . .45

    4.1 Fase 1 “Análisis e Indagación Bibliográfica” . . . . .45

    4.2 Fase 2 “Caracterización” . . . . .46

    4.3 Fase 3 “Desarrollo de la Unión” . . . . .52

    4.4 Fase 4 “Comparación” . . . . .56

        4.4.1. Folleto de los Diversos Tipos de Uniones Aplicados en Vivienda. . . . .56

            4.4.3.1. Plantas Arquitectónicas . . . . .69

            4.4.3.2. Plantas Isométricas . . . . .71

            4.4.3.3. Cortes Arquitectónicos . . . . .73

            4.4.3.4. Elevaciones Arquitectónicas. . . . .75

            4.4.3.5. Detalles Constructivos . . . . .79

5. Reflexiones finales . . . . .81

6. Recomendaciones . . . . .82

7. Referencias bibliográficas. . . . .83

8. Anexos . . . . .84

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Especies Madereras . . . . . 24

Tabla 2. Escuadrias de la Madera . . . . . 24

Tabla 3. Dimensionamiento de la Madera . . . . . 29

Tabla 4. Cuadro de Referentes . . . . . 40

Tabla 5. Cuadro de Conectores Metalicos . . . . . 45

Tabla 6. Folleto de uniones de acero . . . . . 66

Tabla 7. Análisis de los prototipos diseñados. . . . . 67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del Ecuador conjunto a las zonas madereras del Ecuador . . . . .	21
Figura 2. Gráfico de la sección del tronco de madera latifoliada . . . . .	22
Figura 3. Gráfico de la sección de un tronco de madera conifera . . . . .	22
Figura 4. Gráfico de las diferentes secciones utilizadas para la madera. . . . .	23
Figura 5. Gráfico de la madera laminada . . . . .	23
Figura 6. Sistema constructivo de entramado . . . . .	26
Figura 7. Sistema constructivo de muros de madera . . . . .	26
Figura 8. Panel Prefabricado . . . . .	27
Figura 9. Mampostería de muros macizos . . . . .	27
Figura 10. Sistema constructivo poste viga . . . . .	28
Figura 11. Caracterización de unión mediante clavos . . . . .	30
Figura 12. Caracterización de unión mediante clavos lanceros . . . . .	31
Figura 13. Caracterización de unión mediante pernos . . . . .	32
Figura 14. Caracterización de unión mediante conectores. . . . .	33
Figura 15. Caracterización de unión mediante placas metálicas dentadas . . . . .	34
Figura 16. Esquema Metodológico . . . . .	39
Figura 17. Unión de acero para elementos rotatorios . . . . .	46
Figura 18. Unión de acero para elementos inclinados . . . . .	47
Figura 19. Unión de acero para elementos fijos inclinados . . . . .	48
Figura 20. Unión de acero para elementos estructurales horizontales . . . . .	49
Figura 21. Unión de acero para estructuras inclinadas . . . . .	50
Figura 22. Unión de acero para fijación columna viga . . . . .	51
Figura 23. Primer prototipo de unión . . . . .	52
Figura 24. Segundo prototipo de unión . . . . .	53
Figura 25. Tercer prototipo de unión . . . . .	54
Figura 26. Cuarto prototipo de unión . . . . .	55
Figura 27. Primera Planta Arquitectónica . . . . .	69
Figura 28. Segunda Planta Arquitectónica . . . . .	70
Figura 29. Primera Planta Isométrica . . . . .	71
Figura 30. Segunda Planta Isométrica . . . . .	72
Figura 31. Corte Arquitectónico A.A . . . . .	73
Figura 32. Corte Arquitectónico B.B . . . . .	74
Figura 33. Elevación Frontal . . . . .	75
Figura 34. Elevación Lateral Derecha . . . . .	76
Figura 35. Elevación Lateral Izquierda . . . . .	77
Figura 36. Elevación Posterior . . . . .	78
Figura 37. Detalle Constructivos de Uniones . . . . .	79
Figura 38. Detalle Constructivo de Uniones. . . . .	80

## ETAPA 1

Conocimiento previo

## ● Introducción

La madera es un elemento con magníficas propiedades físicas y mecánicas, el cual es un material amigable con el medio ambiente sobre todo si se compara con elementos constructivos tradicionales, los cuales no son biodegradables y perjudican los ecosistemas debido a su tardía descomposición en comparación con la madera, hoy en día existen plantaciones madereras certificadas en el país las cuales poseen plantaciones con grandes extensiones, las cuales se pueden utilizar para el uso y consumo en edificaciones y en otros elementos, lo cual no perjudican al medio ambiente, debido a que es una tala de arboles autorizada en base a plantaciones y no a bosques en zonas protegidas como los de la amazonia del Ecuador.

Se analiza el problema en base a los diferentes sistemas de fijación de acero, en elementos estructurales de madera, ya que en la actualidad existe un exceso de uniones de acero para viviendas sociales, los cuales son capaces de abarcar y unir diferentes elementos, sin embargo, esto conlleva a un aumento de material y una mayor implementación de mano de obra, generando así un aumento económico en la producción de un elemento de acero y a su vez una prolongación de tiempo para su fabricación.

En América Latina existe una alta frecuencia de parajes húmedos y secos, haciendo que las uniones de acero para viviendas se empiecen a cambiar físicamente con el paso del tiempo, deteriorándose siempre y cuando no se realice un mantenimiento adecuado y preciso, evitando así potenciales fallos estructurales en las residencias, ya sea por las condiciones climáticas o falta de personal calificado.

En Ecuador, la mayoría de elementos de unión existentes, se delimitan a proyectos específicos, de las cuales se obtiene un desperdicio de material y un elevado costo de producir un elemento de acero, sin embargo hoy en día ha desaparecido en gran medida el uso de la construcción en madera en el Ecuador, por la falta de conocimiento, y capacitación del personal de esta área, lo que conlleva la construcción de nuevas tecnologías como son el hormigón y acero que poco a poco ha ido suplantando las construcciones en madera, ya que estos necesitan comparativamente poco mantenimiento y se producen en grandes escalas, sin embargo, en la ciudad de Quito se realizan construcciones en madera a mínima escala, ya que se necesita un personal altamente calificado para su proceso de ejecución y colocación, lo cual conlleva un costo adicional en conjunto a un excedente de variables como delimitantes de diseño, construcción y mantenimiento continuo.

El hecho de tener una unión universal de acero para elementos estructurales de madera para una viviendas de mediana escala, va a facilitar su implementación y colocación, como la creación a grandes escalas, que conlleven un valor económico moderado, con la finalidad que sea capaz de colocarse en diversas construcciones en madera, facilitando su implementación, logrando una unión de acero con elementos modulares y extraíbles, estableciendo para diversos proyectos arquitectónicos, sin perder propiedades mecánicas ni físicas.

Las uniones en madera se emplean para unir variados elementos, ya sea en uno o dos planos estructurales, para esto se plantea una unión de acero universal para viviendas, la cual será capaz de dividirse en fragmentos y unir cada elemento estructural con los aldaños, sin perder propiedades mecánicas o físicas.

Paralelamente esta puede ser empleada en cubiertas con cualquier ángulo de inclinación que sea global y se pueda adaptar a diversos proyectos arquitectónicos, ya sea de vivienda unifamiliar o mejor aun en viviendas de mediana altura, logrando mediante sus ensambles y pernos que se sujetan de la madera, generando mas resistencia, para soportar cargas significativas, siempre y cuando la madera implementada sea de tipo estructural, en la cual se pueden identificar en tres elementos estructurales siendo: los pórticos principales, las riostras y las correas, algunos de estos elementos pueden ser fabricados en el Ecuador de *Pinus Radiata*, mejorando físicamente y mecánicamente su resistencia para soportar grandes cargas, ya sea cargas vivas o muertas (Domenech Aguiar, 2022).

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1. Objetivo general

Elaborar un set de uniones de acero para viviendas en mediana altura, que sea capaz de adaptarse a diversos sistemas estructurales, mediante la observación e investigación bibliográfica, para mejorar el tiempo de ejecución y producción de estos elementos, a partir de un diseño innovador idóneo para adaptarse a diversos elementos estructurales.

### 1.1.2. Objetivos específicos:

- Investigar acerca de la madera y los diferentes sistemas constructivos que la utilizan, enfatizando en los elementos de unión existentes y sus características, mediante una búsqueda bibliográfica, para conocer el funcionamiento de los diversos sistemas de conexión

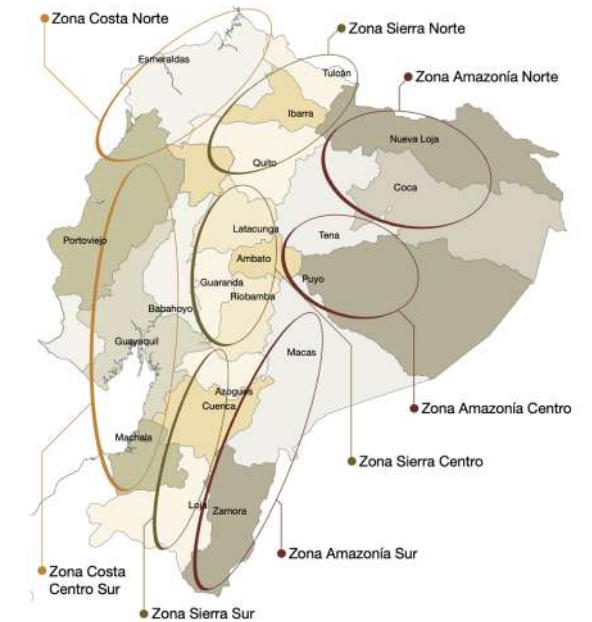
- Analizar las variables y el alcance en base al diseño de la unión metálica y especificaciones técnicas de las uniones metálicas para sistemas constructivo aporticado, con el fin de conocer las características técnicas y funcionales de cada elemento.
- Diseñar un set de uniones estandarizadas, adaptable a diferentes configuraciones en estructuras de madera.

## Madera

### 1.2.1. Bosques Certificados y Plantaciones de Madera

En la provincia de Esmeraldas se destaca principalmente el aprovechamiento de madera en bosques nativos y plantaciones para las industrias de tableros contrachapados mientras que, en el centro y sur de la región ecuatoriana, se extrae balsa para empresas que elaboran paneles para la exportación, sin embargo, en la sierra aproximadamente el 95% de madera proviene de plantaciones forestales, en especial de pinos y eucalipto, el primero abastece a la industria de tableros aglomerados y pallets, el segundo a la industria. En la amazonia sobresale el aprovechamiento de madera aserrada.

En Ecuador, hoy en día el 84,22% del volumen total de madera es aprovechado en bosques, de uso masivo de cuatro especies siendo: el eucalipto, el pino, la balsa y la teca, lo que significa un volumen total de 1,70,043,06 m<sup>3</sup> de madera, las cuales nacen principalmente de la región costa, que son maderas de un mayor valor comercial en el mercado, deforestando mas de 100 años en esta zona, siempre y cuando el ministerio del ambiente, siga otorgando permisos, ya que tiene la responsabilidad de el manejo y aprovechamiento de bosques masivos y plantaciones (Romero & Velasteguí, 2011).



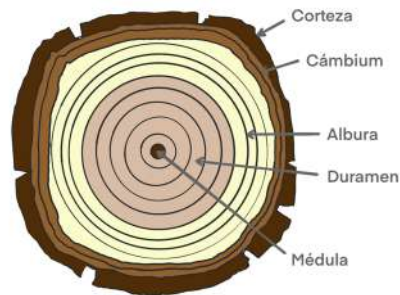
**Figura 1.** Mapa del Ecuador conjunto a las zonas madereras del Ecuador

**Fuente:** Elaboración Propia, basado en el gráfico Descripción de las Cadenas Productivas de Madera en el Ecuador (Romero & Velasteguí, 2011).

### 1.2.2. Maderas Latifoliadas

Estas maderas pertenecen genéticamente a bosques tropicales y subtropicales, estas especies también son conocidas también como especies latifoliadas o frondosas, estas se caracterizan por su crecimiento en climas templados, estas especies poseen propiedades físicas siendo: la resistencia y la rigidez que posee mediante la capacidad de soportar mayores cargas que la madera Conífera, ya que esta se encuentra como una madera dura, dificultando su uso en producción y edificación (Tejada, 1982).

Las maderas Latifoliadas presentan una densidad mayor en su resistencia, abarcando un modulo de elasticidad en el interior de su estructura, sin embargo, estas especies tienden a crecer en el hemisferio sur, bosques montañosos y climas tropicales, para lo cual demora en crecer de 5 a 8 años, dependiendo de su cuidado y localización geográfica de la especie (Tejada, 1982).



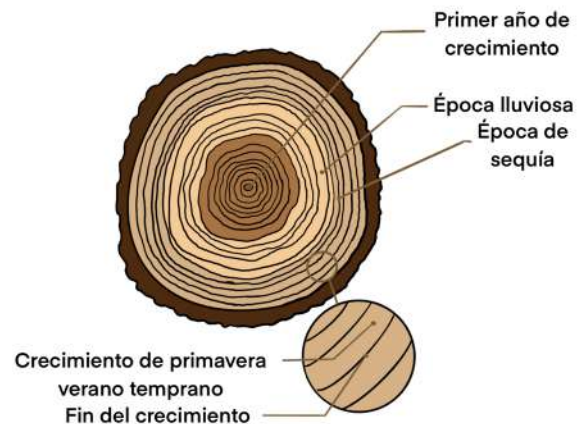
**Figura 2.** Gráfico de la sección del tronco de madera latifoliada

**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.2.3. Maderas Coníferas

Las maderas coníferas es un tipo de madera que nace de un grupo de arboles, el cual se reproducen mediante semillas contenidas en piñas o conos, de ahí proviene su nombre de conífera, conocida también por ser la madera mas antigua de los arboles, la mayoría de coníferas suelen ser maderas blandas de color pálido y con una estructura porosa, paralelamente cuenta en su interior con una superficie resinosa, también esta constituida por elementos leñosos llamados traqueidas, que conforman del 80 al 90% del volumen total de la madera, teniendo como propósito una mayor resistencia y conducción (Tejada, 1982).

Estas maderas poseen una resistencia media ya que crecen en grandes plantaciones para diversos usos gracias a su corto tiempo de obtención, sin embargo, este tipo de madera se emplea para la fabricación de maderas laminadas, la cual se utiliza como madera estructural (Tejada, 1982).



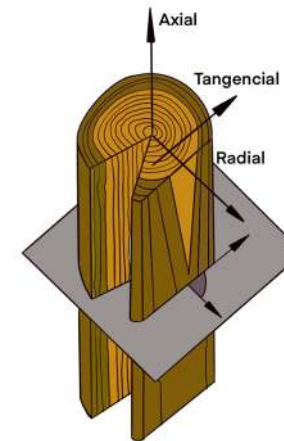
**Figura 3.** Gráfico de la sección de un tronco de madera conífera

**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.2.4. Madera Aserrada

La madera aserrada es el producto mas tradicional, que se extrae de la madera, la cual se obtiene a base de secciones de troncos de la madera, mediante sierras circulares, obteniendo madera de diferentes dimensiones y especificaciones, básicamente este tipo de madera posee características físicas como pueden ser: propiedades acústicas, eléctricas, térmicas, entre otras (Vignote Peña, 2016).

Existen diversos cortes de madera, estas pueden ser: radial, norte de Francia, americano, tropical, sin embargo, la mas comunes que se implementa hoy en día son: corte tangencial, axial y radial, debido a la obtención de diversas piezas de madera, ya que no es un elemento heterogéneo, para lo cual se usa diferentes direcciones de la madera para generar mayores piezas de madera, dependiendo del uso que se va a implementar (Vignote Peña, 2016).



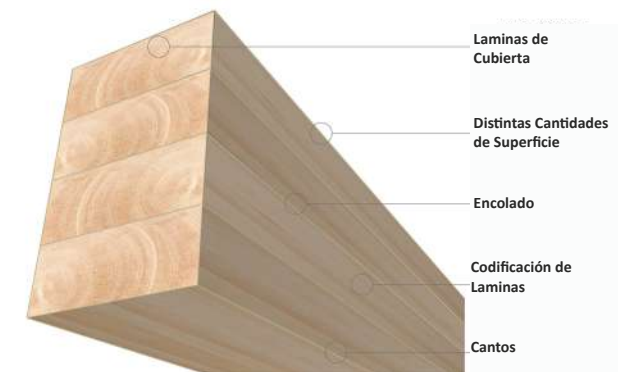
**Figura 4.** Gráfico de las diferentes secciones utilizadas para la madera.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.2.5. Madera Laminada

La madera laminada es un material derivado de la madera aserrada, el cual se limpia los desperfectos y hongos de la madera aserrada y pasa por un proceso de maquinaria, esta madera se obtiene a base de capas de madera que se seccionan a lo largo con la fibra orientada en paralelo y se encolan entre si, mejorando propiedades físicas, gracias a su materia prima en base a la función de la homogeneidad de las continuas capas de madera. Existen dos tipos de laminado: madera laminada horizontal, en la que los planos son encolados y perpendiculares mediante la dimensión mayor del corte transversal y la madera vertical, la cual el encolado es perpendicular a la menor dimensión (Sevilla Allende, 2018).

La madera laminada responde de manera positiva a cargas estructurales, al tener mayor rigidez, volviendo así un elemento primordial en construcciones de madera o construcciones híbridas (Sevilla Allende, 2018).



**Figura 5.** Gráfico de la madera laminada

**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.2.6. Identificación de Especies

Existen diversos tipos de madera, para usos en la construcción, los cuales se extraen de plantaciones certificadas, mediante productores madereros del momento, los cuales se encargan de la obtención de la madera, sin embargo las especies más recomendadas para uso en la construcción, deben ser especies de árboles frondosos, ya que se logra una mejor resistencia al momento de la construcción, de las cuales existen diversas especies en la región costa y sierra, las especies más utilizadas en la construcción son: madera colorada, chanul, arenillo y moral (Manual La Construcción de Viviendas En Madera, n.d.).

Especie Maderera	Provincias de Siembra	Uso	Densidad (kg/m3)
Seique	Región Amazónica	Estructuras - Carpintería	635,46
Chanul	Esmeraldas - Carchi	Estructuras - Mobiliario	843,33
Arenillo	Región Costa - Amazonia	Estructuras - Construcción	824,61
Cedro	Región Costa - Amazonia	Estructura - Carpintería	407,06
Moral	Región Sierra - Amazonia	Estructuras - Construcción	761,17
Nogal	Región Sierra - Amazonia	Estructura - Carpintería	550,68
Pino	Región Sierra	Construcción - Ebanistería	614,29
Roble	Esmeraldas - Los Rios - Napo	Estructuras - Construcción	574,61

**Tabla 1.** Especies Madereras  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.2.7. Escuadrias

La escuadría de la madera, dependen del uso y la implementación en la construcción, las cuales abarcan elementos estructurales como son: vigas, columnas o viguetas, para lo cual se establecen diversas dimensiones, las cuales y emplean en obra siendo:

Dimensión Real b x h (cm)	Equivalente Comercial (Inch)	Uso Frecuente
4 x 4	2 x 2	Pie derecho
4 x 6,5	2 x 3	Pie derecho - viguetas
4 x 9	2 x 4	Pie derecho - columnas
4 x 14	2 x 6	Vigas - viguetas
4 x 16,5	2 x 7	Vigas - viguetas
4 x 19	2 x 8	Vigas - viguetas
4 x 24	2 x 10	Vigas - viguetas
6,5 x 6,5	3 x 3	Columnas
6,5 x 9	3 x 4	Columnas - vigas
9 x 9	4 x 4	Columnas
9 x 14	4 x 6	Columnas - vigas
9 x 19	4 x 8	Vigas
9 x 24	4 x 10	Vigas
9 x 29	4 x 12	Vigas
14 x 14	6 x 6	Columnas
14 x 19	6 x 8	Columnas - vigas
14 x 24	6 x 10	Vigas
14 x 29	6 x 12	Vigas

**Tabla 2.** Escuadrias de la Madera  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.2.8. Estructura de la Madera

Los árboles que están localizados en la región amazónica, poseen diversas secciones del tronco siendo:

- Corteza Exterior: La cual se encarga de proteger y cuidar al árbol de los agentes atmosféricos, siendo estos la lluvia, el sol, que esta formado por una membrana llamada floema.
- Corteza Interior: Es la capa que tiene transporta los alimentos elaborados en las hojas, que trasladan a las ramas, tronco y raíces, estas poseen un tejido llamado floemático.
- Cambium: Es una membrana que esta localizada entre la corteza interior y la madera, estas células son capaces de dividirse durante el árbol se encuentre con vida.
- La Xilema: Es la zona maderable del tronco, en la cual se encuentra la albura y la medula.
- La albura: Esta es la zona exterior de la xilema, cuya función primordial es de trasladar el agua y sales minerales de las raíces a las hojas.
- El duramen: Es la parte inactiva, y tiene como función dar un resistencia y soporte al árbol.
- La Medula: Es la zona céntrica de la sección del tronco y esta constituida por un tejido parenquimático (Madera Laminada Encolada Estructural, 2012).

### 1.2.9. Anatomía de la Madera

Los árboles poseen la presencia de una secuencia de tejidos leñosos rígidos, los cuales rodean y forman la albura, lo cual se distingue de otras plantas existentes, sin embargo, en base a estos tejidos, los árboles llegan a obtener copas de mayor altura a diferencia de las plantas que no son capaces de producir madera. La madera tiene dos propósitos principales que son: sostener y transportar la savia, a través de nuevas células, aumentando el diámetro del árbol, no obstante, cuando el árbol entra en reposo, produce una renovación interna de los diferentes anillos del tronco del árbol (Oliwa, 1984).

## 1.3 Sistemas Constructivos de la Madera

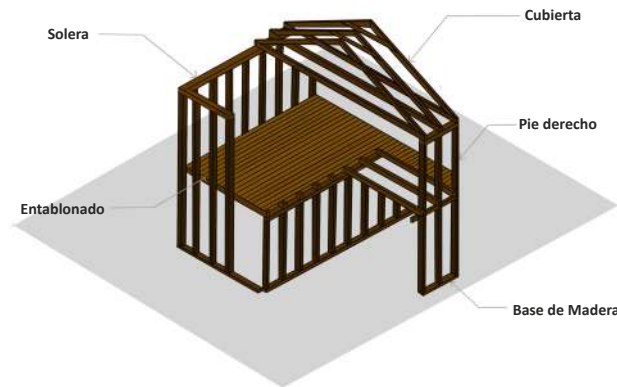
La madera puede llevarse a cabo con diversos sistemas constructivos o fabricación, los cuales se emplean principalmente en la estructura, ya sea en armados horizontales o verticales, para ello se basa mediante el proyecto a realizarse, dependiendo de la escala para obtener un mejor sistema constructivo que se acople y facilite su colocación, cada uno de estos requiere de piezas madereras en distintas secciones y tamaños, hasta la fabricación completa de uno o más elementos volumétricos, haciendo que cada uno requiera equipos especializados para la creación de la misma, como lo es la madera laminada (Tejada, 1982).

Hoy en la actualidad se emplean diversos sistemas constructivos, funcionales y capaces de soportar cargas estructurales, adaptándose al proyecto siendo Sistema de entramado, Sistema de Panel SIP, Bloques de madera, Sistema de poste y viga, Sistema CLT y Sistema de Muros de Carga (Inat Trigueros, 2011).

### 1.3.1. Sistema Constructivo de Entramado

Uno de los sistemas que se coloca de manera mas factible es el sistema de entramado, el cual, consiste en una trama de diferentes elementos lineales de madera, esta puede ser aserrada o laminada, de una escuadría aproximada de 80 a 100mm de espesor, estos son unidos mediante sistemas de fijación de acero hasta lograr un conjunto solido y rígido, capaz de soportar diversas cargas estructurales, siendo el elemento mas utilizado para construcciones en madera, debido a su tiempo de ejecución y costos invertidos (Guía de Construir Con Madera, 2010).

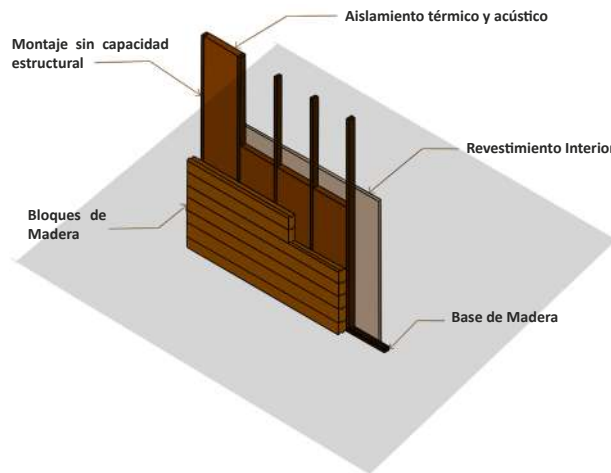
La firmeza de este sistema se basa en dos propiedades: los ensambles en las uniones de las caras de la madera o la triangulación para generar un arriostramiento de sus miembros, este esta formado por solo la estructura, los cuales suelen ir vistos, sin embargo, este sistema debe implementar mampostería como: ladrillo, paneles, vidrio, entre otros, para dividir y sub dividir los espacios (Guía de Construir Con Madera, 2010).



**Figura 6.** Sistema constructivo de entramado  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.3.2. Sistema de Muros en Laminas de Madera

Adicionalmente la madera posee el sistema de muros de laminas de madera, este sistema de construcción se basa en el uso de muros de carga de madera, esta puede ser en laminas o en bloques de madera, ubicados en sentido horizontal, este sistema se emplea solamente en elementos verticales, teniendo un elemento para mampostería, sin embargo, dentro de las propiedades físicas cuenta con un sistema de aislamiento acústico para áreas internas y un revestimiento exterior para hongos e insectos (Guía de Construir Con Madera, 2010).



**Figura 7.** Sistema constructivo de muros de madera  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.3.3. Sistema de Paneles Prefabricados

Otro sistema de madera mas frecuente y utilizado es de paneles prefabricados, este se trata de un sistema superficial, que permite albergar en su interior una estructura capaz de soportar cargas sobre la misma, partiendo de paneles compuestos, estos son fabricados a diferentes medidas, introduciendo líneas de montaje totalmente automatizadas, otorgando optimas condiciones de trabajo y manejo de los componentes, facilitando la implementación en construcciones de madera, generando una modulación de amplios espacios internos (Inat Trigueros, 2011).

Estas se diferencian en el método de construcción del panel, para implementarle cohesión y forma, entre ellos están:

- Paneles de madera laminada o alistonada
- Paneles de madera alistonada contrachapada
- Paneles de tablero de aglomerado



**Figura 8.** Panel Prefabricado  
**Fuente:** Construcción de estructura de madera, 2017

### 1.3.4. Sistema de Muros Macizos

Entre los diversos sistemas de madera, se encuentra el sistema de muros de carga Macizos, este sistema se emplea de manera tradicional, el cual se basa en su estabilidad y resistencia en los muros de carga, estos se realizan uniendo y apilando trozos de madera en sentido horizontal, escuadrados a 20cm de diámetro, para encajar unos con otros en los planos de apoyo a modo de machimbrado, haciendo también que se traben en las esquinas, las juntas se resuelven mediante múltiples encajes geométricos, las cuales son seccionados mediante maquinas, para dar una mayor estabilidad y resistencia. Para reforzar la unión se implementa pernos y tirantes de acero para controlar grandes alturas (Inat Trigueros, 2011).

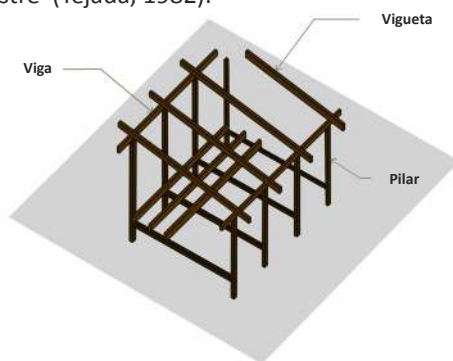


**Figura 9.** Mampostería de muros macizos  
**Fuente:** Construcción de estructura de madera, 2017

### 1.3.5. Sistema Poste Viga

En la actualidad el sistema constructivo mas factible a ejecución, hace referencia al sistema aporticado, este es un sistema que esta constituido mediante vigas y columnas, las cuales se colocan a modo de pórticos, estos van separados con una distancia de alrededor de 1,5 metros si estos se encuentran unidos por entablonados o alrededor de 3,50 metros si van unidos por viguetas que crucen la estructura, transmitiendo cargas de la parte superior al nivel inferior, este sistema se utiliza en gran escala para viviendas, ya que genera un peso liviano, abarcando hasta tres pisos, esto va a estar llevado a cabo mediante uniones de acero para su mayor resistencia estructural (Tejada, 1982).

Actualmente es un método ampliamente utilizado, por su bajo costo de mano de obra y pocos elementos para su ensamble, generando menos tiempo de construcción, facilitando su edificación del proyecto, sin embargo, este sistema tiene ciertas limitaciones, las cuales son resueltas mediante un cuidadoso diseño e implementación de estabilidad lateral, específicamente en muros de mampostería, o elementos en direcciones de diagonal de arriostre (Tejada, 1982).



**Figura 10.** Sistema constructivo poste viga  
Fuente: Elaboración Propia, 2024

### 1.4 Sistemas de Unión y Fijación

Todas las construcciones que estén realizadas en madera, se emplean diversos elementos de unión, ya sea dos o mas elementos estructurales, que convergen en un punto, creando una estructura uniforme y soportante, estas uniones dan origen a nudos, los cuales se encargan de trasladar las cargas verticales y horizontales, mediante elementos de acero, estos pueden ser: clavos, pernos, conectores metálicos o placas metálicas, las cuales se implementan en el diseño, considerado aspectos estructurales, arquitectónicos y constructivos (Dominguez, 2015).

Mediante estos elementos de acero estructurales resuelven esfuerzos axiales, generando una unión con elementos de madera mas largos, sin generar puntos de debilidad, impidiendo el deslizamiento de una pieza con respecto a la otra, fijando y asegurando varios cuerpos independientes, generando un conjunto que conforme una estructura monolítica, dando como resultado una fijación de elementos mediante los distintos tipos de uniones (Letamendi Arregui, 2004).

Todos los elementos estructurales de la madera y ensambles deber ser capaces de soportar y mantener una estabilidad requerida, para esto se verifica la estructura y se estudia el diseño, conjunto a su resistencia, para lo cual se considera lo siguiente:

- La geometría proporcional de la estructura
- Analizar la interacción y unión requerida entre los diferentes elementos estructurales de madera

- Proporcionar elementos de arrostramiento, mediante diafragmas adecuados, en base a los planos paralelos con dirección a las fuerzas laterales que actúan sobre la estructura.

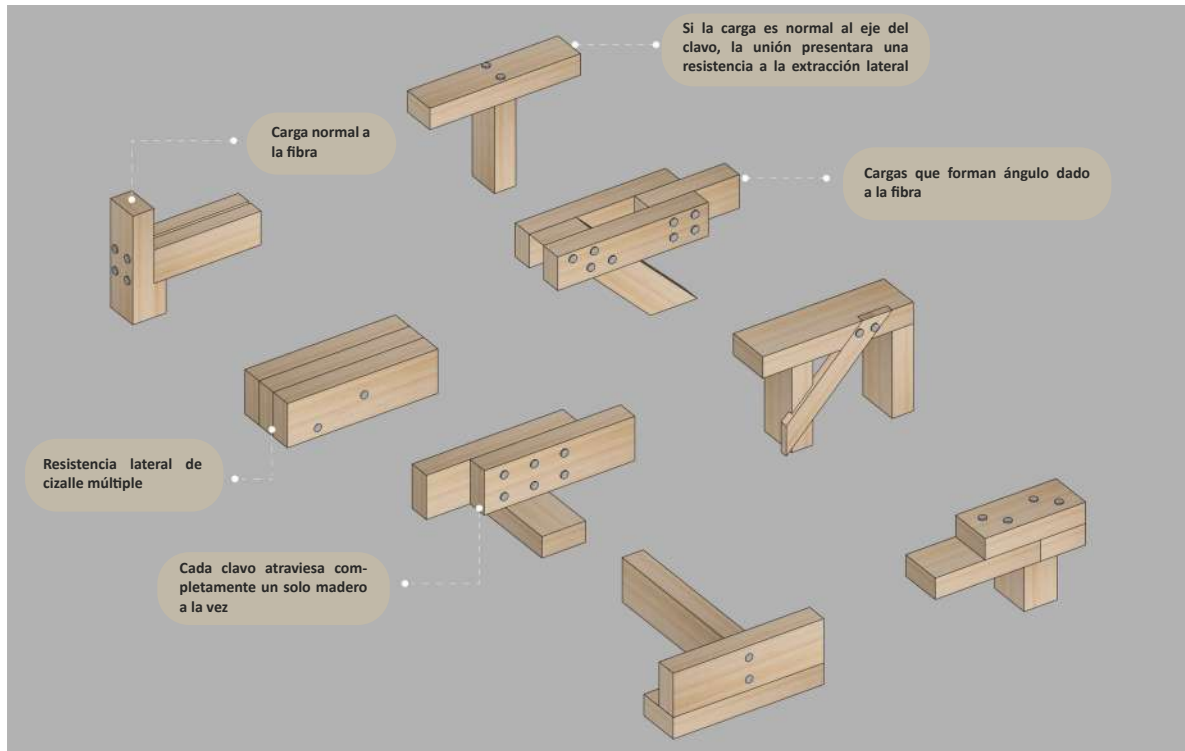
Designación m x m	Largo (mm)	Diámetro intermedio (mm)	Diámetro mínimo de Cabeza (mm)	Cantidad de Clavos Kg
150 x 5.6	150	5.6	13.4	24
125 x 5.1	125	5.1	11.9	37
100 x 4.3	100	4.3	10.3	66
90 x 3.9	90	3.9	8.7	103
75 x 3.5	75	3.5	7.9	145
65 x 3.1	65	3.1	7.1	222
50 x 2.2	50	2.2	6.7	405
45 x 2.2	45	2.2	6.3	559
30 x 2.0	30	2	5.1	1195
25 x 1.7	25	1.7	4.3	2042
20 x 1.5	20	1.5	3.8	3362
15 x 1.3	15	1.3	3.3	6026

**Tabla 3.** Dimensionamiento de la Madera  
Fuente: Elaboración Propia, 2024

### 1.4.1. Unión Mediante Clavos

El clavo es el elemento más común y simple de ser colocado para unir elementos de madera con un óptimo resultado, este puede ser de vástago liso o estirado, ya que es ensamblado a base de alambres endurecidos con un bajo porcentaje de carbono, mediante un proceso de trefilado en frío, logrando terminaciones de galvanizado, barnizado o pulido. Los clavos se basan mediante la norma NCh1198 (Madera – Construcciones en Madera y Cálculo), obteniendo especificaciones técnicas para uniones con los

clavos de la norma NCh1269 Of90, ya que son clavos de acero de sección circular que se emplea en un uso general. Los clavos son elementos de fijación simple y de fácil implementación, se caracterizan por ser capaces de transmitir los esfuerzos de un elemento a otro, sin embargo, los clavos poseen una deformidad que es ocasionada por la transmisión excedente del esfuerzo que tiende a rajar la madera debido a su pequeña sección transversal y por la flexión del clavo debido a su dimensión larga y pequeño momento de inercia (Letamendi Arregui, 2004).

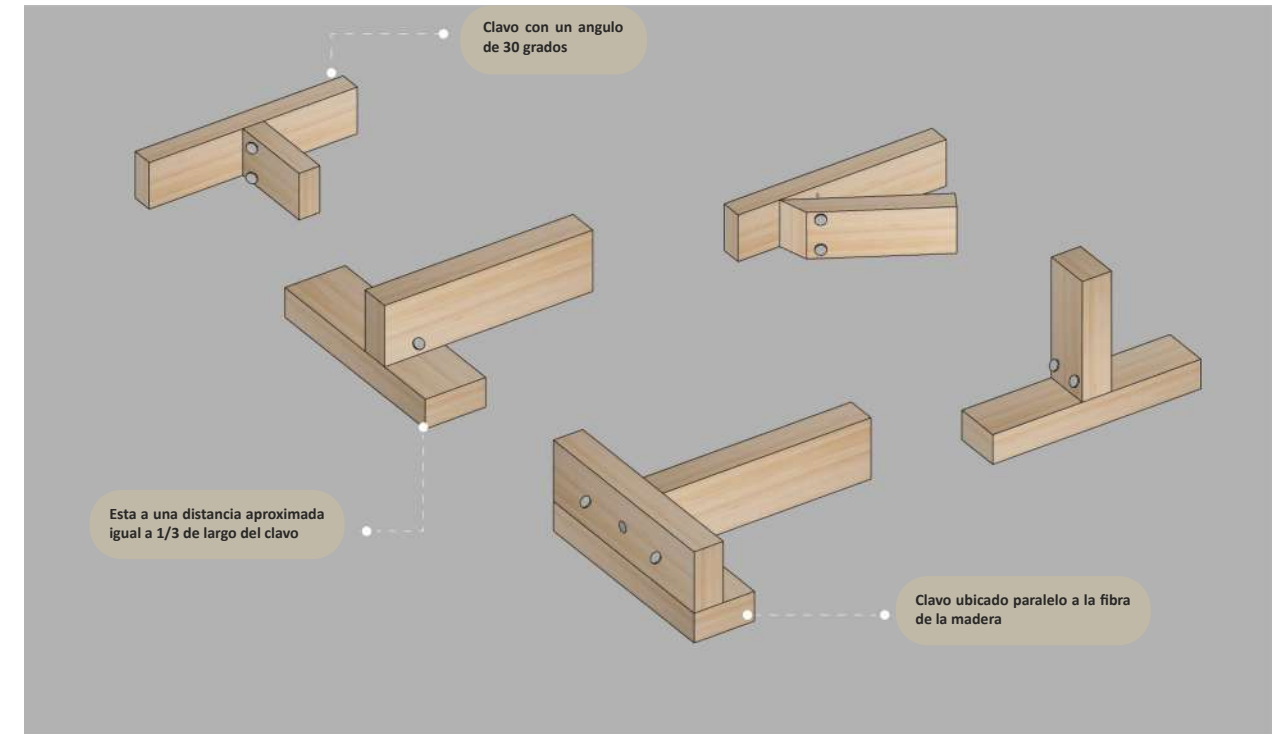


**Figura 11.** Caracterización de unión mediante clavos  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.4.2. Unión Mediante Clavos Lanceros

El sistema de fijación de madera, mediante la colocación de clavos inclinados a un ángulo de 30 grados, con la pieza donde queda incrustado la cabeza del clavo a una distancia aproximada de 1/3 del largo del clavo, longitud del extremo

de dicho elemento, hay que tomar en cuenta que las cargas obtenidas, tanto de extracción directa como lateral en un clavo colocado con una inclinación, ya sea perpendicular a la fibra o paralela, esta determinado mediante la norma NCh 1198 Of91 (Letamendi Arregui, 2004).

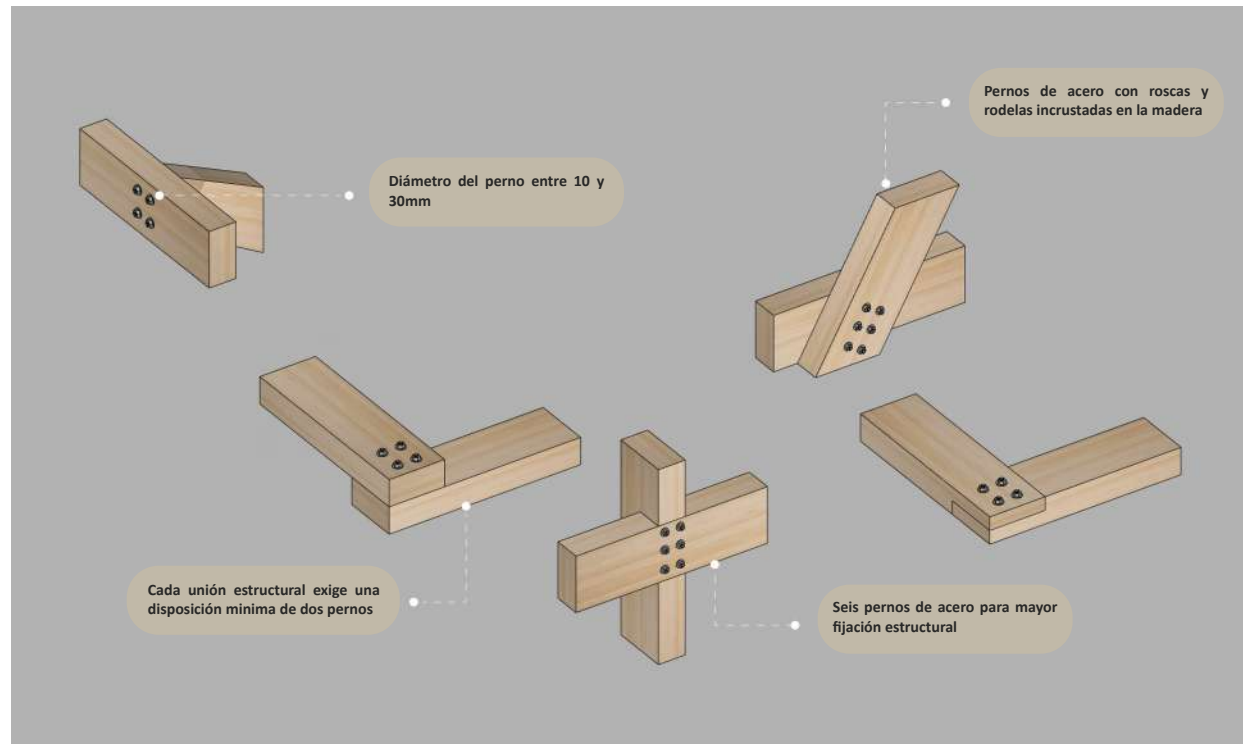


**Figura 12.** Caracterización de unión mediante clavos lanceros  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.4.3. Unión mediante Pernos

El perno de acero se aplica sobre elementos de madera, los cuales atraviesan al lado posterior para ser ajustado con una rosca de acero, obteniendo tensiones de aplastamiento en la madera, las especificaciones de pernos deben cumplir con la norma NCh 300, esta debe tener un

diámetro que permitan una rápida y eficaz colocación, teniendo en cuenta los agujeros de la madera, los cuales deben cumplir con un mayor diámetro, dependiendo del tamaño del perno en mm, este se establece entre 10 y 30mm (Letamendi Arregui, 2004).

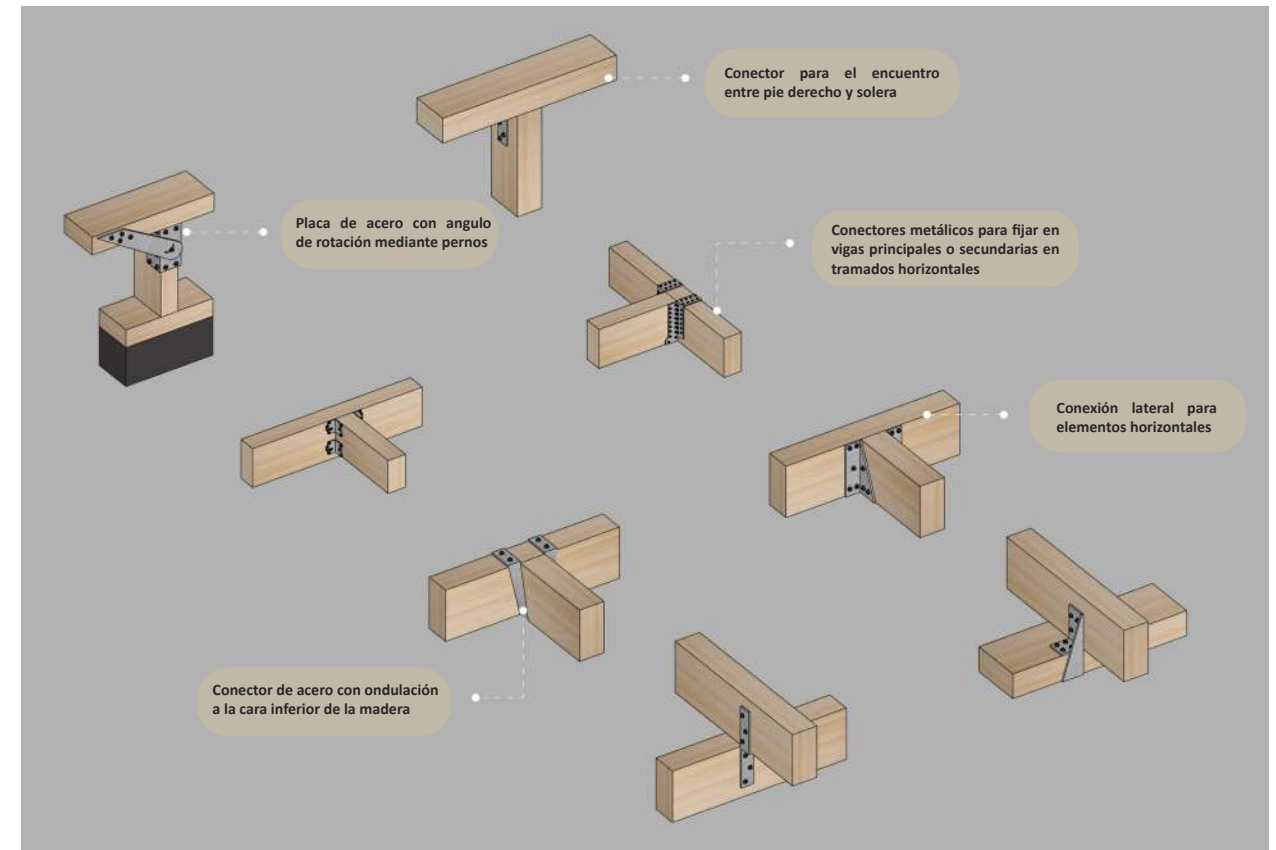


**Figura 13.** Caracterización de unión mediante pernos  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.4.4. Sistemas Conectores Metálicos

La producción de los componentes metálicos, los cuales conectan estructuras en madera, abarca una tecnología evolucionada y precisa, a lo que se refiere en el proceso industrial para conexiones de acero, ya que esta se fabrica mediante planchas en rollo de acero que supero

los 4mm, las cuales son cortadas con laser dependiendo de las dimensiones requeridas, para posteriormente soldar las piezas, obtenidas elementos solidos, estos se distinguen de dos tipos: conectores para dimensiones regulares y conectores de dimensiones altas, alrededor existen 40 conectores metálicos, habiendo un exceso de elementos de acero (Letamendi Arregui, 2004).

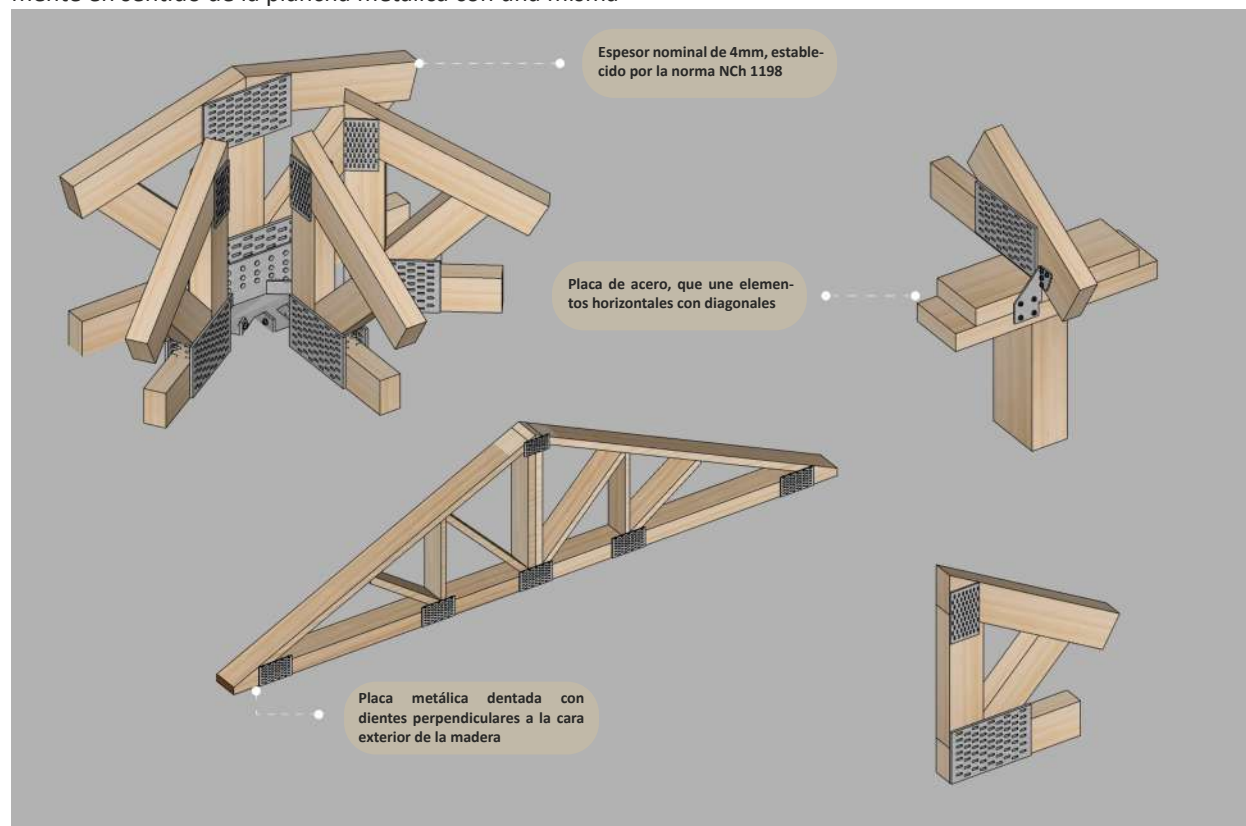


**Figura 14.** Caracterización de unión mediante conectores  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 1.4.5. Unión Mediante Placas Metalicas Dentadas

Las placas dentadas son producidas de acero, de al menos 1mm de grosor, la cual posee un tratamiento corrosivo galvanizado y aberturas de metal, conformando una secuencia de dientes de acero ubicados perpendicularmente en sentido de la plancha metálica con una misma

dirección y sentido, las cuales penetran en las caras externas de la madera, generando una unión o empalme, siempre y cuando estas estén ubicadas simétricamente respecto a los ejes madereros que los unen y cumplan con las propiedades de ruptura en tracción de 310 Mpa y una tensión de fluencia de 230 Mpa, basados en la norma NCh 1198 (Letamendi Arregui, 2004).



**Figura 15.** Caracterización de unión mediante placas metálicas dentadas

**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

## ETAPA 2

### Aplicación metodológica

## Fundamentación Teórica

### 2.1 Estado del Arte

Los autores Queipo de Llano Moya Juan, entre otros, realizan una investigación en base a la construcción con madera, posee características térmicas, y regula el CO2 de la atmosfera, siendo un elemento imprescindible en el uso de la construcción, ya que facilita el uso y la aplicación por su ligero peso en cualquier métodos de constructivo, acortando tiempos en mano de obra, sin embargo se utiliza una gama de tipos de unión y acoples de acero, ya que son capaces de regular la seguridad estructural de la madera (Guía de Construir Con Madera, 2010).

Afana Midzic autora del artículo "Madera Acoplada con Metal" menciona que la madera posee una tonalidad natural volviendo una estancia agradable, generando un confort en las personas que habitan dentro de la misma, sin embargo la madera puede ser ocupada en grandes espacios mediante el uso de métodos de pretensión y un reforzamiento en las uniones con placas metálicas resistentes a cargas de momento, siempre y cuando sea madera laminada encolada, este tipo de soluciones genera un beneficio en los distintos tipos de construcciones, ya que a través de la pretensión de vigas GLULAM, existe una alta probabilidad de incrementar la capacidad de carga, facilitando la construcción de edificios de mediana altura (Midzic, 2011).

Los autores Francisco Villalobos Ramírez y Guillermo González Beltrán tienen como objetivo determinar el comportamiento estructural de conexiones de acero semirrígidas, capaces de transmitir momentos de carga, evaluando la capacidad local que pueda resistir la estruc-

tura en diferentes esfuerzos, la cual debe tener la capacidad de soportar momentos sísmicos (Villalobos et al., 2009).

El autor Raúl Andrés Segovia Araya del artículo Developing of a Highly Stiff and Ductile Reinforced Connection Concept With Enhanced Pinching for Timber Structures menciona las diferentes conexiones rígidas, las cuales siempre van a la par con transmitir cargas estructurales, sin mencionar aspectos en desempeños sísmicos como el pinching, el refuerzo de este elemento se lleva a cabo mediante la adhesión por pegamento epoxi de una platina de acero a la madera estructural (Sevilla Allende, 2018).

Los autores Marggy Ades entre otros, realizan una investigación del artículo Ensamblados de Madera, el cual habla las diferentes uniones ya sea de encajes, ranuras, uniones con elementos externos de acero o con pegamentos a base de resina, las cuales tienen como propósito formar elementos estructurales que abarquen diferentes direcciones las cuales transmitan las diferentes cargas vivas y muertas (Martínez De Velasco et al., 2013).

## 2.2 Marco Conceptual

En la actualidad en el Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad del continente y del mundo, con una ubicación geográfica que da la posibilidad a una gran variedad de especies maderables, gracias a sus regiones climáticas, dando a cabo una velocidad de crecimiento de diferentes especies forestales, estos se emplean en grandes porcentajes para el uso y distribución de la madera dentro del mercado nacional e internacional, llevándolo también en el área de la construcción siendo este bastante extenso, pero a su vez se ve restringido el uso por la falta de capacitación técnica del personal, sobre la construcción de grandes infraestructuras con madera (Ordoñez, 2022).

Para la obtención de la madera existen diversas plantaciones madereras certificadas, de madera conífera o su nombre científico pinus radiata, ya que esta crece de manera progresiva y masiva, están localizados en la zona norte de esmeraldas, la cual posee una superficie de 25.000 ha de bosques tropicales de la región Amazónica, superando las 4.000 especies forestales en nuestro país, las cuales se pueden extraer sin afectar a los diversos tipos de arboles, sin destruir el medio ambiente y apropiadas para su uso y construcción (Ordoñez, 2022).

Las maderas en su mayoría tropicales y subtropicales, provenientes de las especies, latifoliadas, las cuales se diferencian tanto interna como externamente con las maderas coníferas, las cuales crecen en climas templados, esta madera posee un rápido crecimiento de las cuales se obtiene diferentes tipos de plantaciones ecuatorianas que pueden ser extraídas como son: el ciprés, el eucalipto, el nogal, el pino, el seique, entre otras especies (Ordoñez, 2022).

## Materiales y métodos

### 3.1 Metodología de la Investigación

En base a este análisis aplicamos una metodología de investigación mixta, ya que se obtiene datos cuantitativos y cualitativos de fuente secundaria de acuerdo a lo planteado por (Hernandez Sampieri, 2000), en esta podemos obtener datos medibles, llegando a validar el proceso para obtener un optimo resultado, para esto se estructura, esta metodología en cuatro fases principales, siendo: fase 1 análisis e investigación bibliográfica en base a diferentes fuentes de indagación, que culmina en una tabla comparativa, fase 2 caracterización de cada tipo de unión metálica, su colocación y funcionamiento, fase 3 desarrollo de la unión para la cual se analiza y plantea una unión de acero capaz de abarcar diferentes configuraciones estructurales de madera, fase 4 comparación, en esta zona se analiza y compara la unión diseñada con las uniones de acero metálicas existentes, en base a diversas variables a continuación estas fases se pueden observar en el siguiente esquema.

### 3.2 Esquema Metodológico

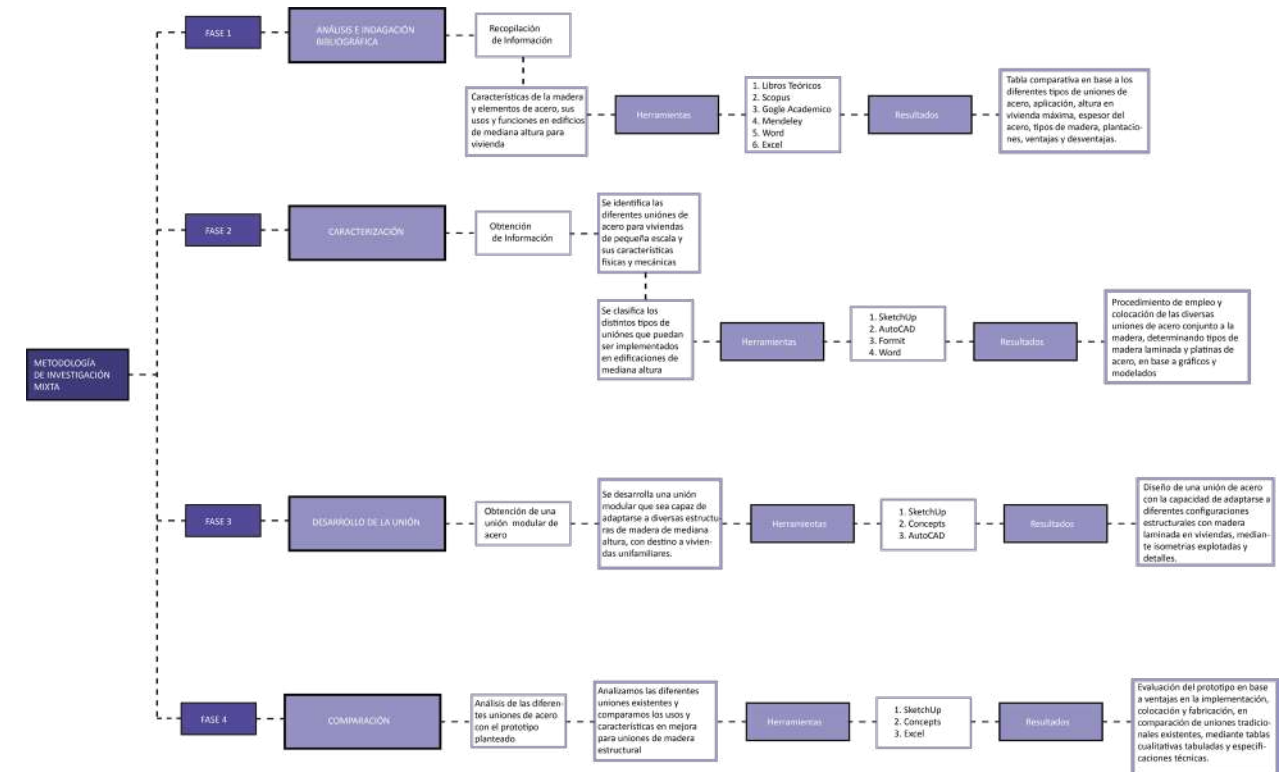


Figura 16. Esquema Metodológico  
Fuente: Elaboración Propia, 2024

### 3.3 Cuadro de Referentes

NOMBRE	Sistema de Plataforma con Entramado Ligero de Madera	Manual de la Construcción de Viviendas en Madera	Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino	Madera Acoplada con Metal	DEVELOPING OF A HIGHLY STIFF AND DUCTILE REINFORCED CONNECTION CONCEPT WITH ENHANCED PINCHING FOR TIMBER STRUCTURES	Ensamblajes de Madera
AUTORES	Santiago Trigueros	Letamendi Arregui, Jose Ignacio	Marcelo Tejada	Midzic Afana	Raúl Andrés Segovia Araya	Martínez De Velasco, Castro, Alberto Regina Posada, Mariano
AÑO	2011	2004	1982	2011	2021	2013
UBICACIÓN	España	Chile	Peru	España	Chile	España
CARACTERÍSTICAS	El sistema constructivo de entramado es una tipología de vivienda que se aplica en viviendas unifamiliares, donde este sistema se muestra más competitivo y es por ello que este estudio se centra en ellas.  Hace pocos años en España aparecieron el sistema de construcción de hormigón, el cual llegó a finales del siglo XIX y empezó a ser desplazado al sistema constructivo que se basa en muros de fábrica realizados con viguetas de madera.	Este documento abarca funciones y usos de la madera, tanto en forma aserrada y laminada, las cuales, se implementan a diversos usos como son paneles prefabricados o tabiques estructurales, también a diferentes sistemas de unión para elementos estructurales.	Este manual de madera resume los conocimientos sobre madera tropical acumulados en este proyecto gracias a las múltiples investigaciones de tecnología e ingeniería de la madera realizadas en los años pasados.	Los sistemas constructivos son compuesto de los elementos verticales puntuados en la tierra y elementos horizontales incrustados, y después los superficies de madera hechos de los elementos horizontales apilados y alternativamente conectados en los fines, con placas metálicas de acero, las cuales son capaces de unir diversos planos estructurales	Menciona las diferentes conexiones rígidas, las cuales siempre van a la par con transmitir cargas estructurales, sin mencionar aspectos en desempeños sísmicos como el pinching, el refuerzo de este elemento se lleva a cabo mediante la adhesión por pegamento epoxico	Abarca las diferentes uniones ya sea de encajes, ranuras, uniones con elementos externos de acero o con pegamentos a base de resina, las cuales tienen como propósito formar elementos estructurales que abarquen diferentes direcciones las cuales transmitan las diferentes cargas vivas y muertas.
CITA	(Inat Trigueros, 2011)	(Letamendi Arregui, 2004)	(Tejada, 1982)	(Midzic, 2011)	(Aldo Araya, 2021)	(Martínez De Velasco et al., 2013)
BIBLIOGRAFÍA	Inat Trigueros, S. (2011). SISTEMA DE PLATAFORMA CON ENTRAMADO LIGERO DE MADERA. Universidad Politécnica de Cataluña, 1-129.	Letamendi Arregui, J. I. (2004). Manual de la Construcción de viviendas en Madera. CORMA, 1-626.	Tejada, M. (1982). Manual de diseño para maderas del grupo andino.	Midzic, A. (2011). Madera Acoplada con Metal. 1-139.	Aldo Araya, R. A. (2021). DEVELOPING OF A HIGHLY STIFF AND DUCTILE REINFORCED CONNECTION CONCEPT WITH ENHANCED PINCHING FOR TIMBER STRUCTURES. 1-63.	Martínez De Velasco, R., Castro, A., & Posada, M. (2013). Ensamblajes de Madera. 1-15.

**Tabla 4.** Cuadro de Referentes  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

### 3.4 Fases de la Metodología

#### 3.4.1. Fase 1

En esta etapa, se analiza e investiga, sobre los tipos uniones de placas de acero en el mercado, para la implementación en viviendas sociales de mediana altura, en base a estructuras de madera, conjunto a su sistema constructivo el cual conlleva el método poste viga o aporticado, del cual abarcamos diversas fuentes de investigación como son: Scopus, libros académicos, tesis de master y doctorados, entre otras fuentes bibliográficas, obteniendo información bibliográfica que aborden de manera clara y precisa el método de implementación de las uniones, para este análisis, nos basamos de un cuadro de análisis cualitativo de metodología tabular, la cual nos aborda temas concretos a analizarse como son: características, usos, numero de plantas, espesor del acero, tipo de madera, ventajas, desventajas y densidad de cada especie maderera, obteniendo datos precisos para su conocimiento e información.

#### 3.4.2. Fase 2

En esta fase se estudia las uniones mas utilizadas a nivel nacional, para esto se lleva a cabo mediante una investigación previamente planteada, para lo cual identificamos las diversas uniones de acero existentes en elementos estructurales de madera para viviendas sociales, las cuales constan de conectores metálicos y placas metálicas, determinando la materialidad y el acero conjunto a su espesor y la funcionalidad físicas, conjunto a propiedades mecánicas de cada elemento de acero, la cual sea capaz de soportar cargas estructurales, para esto se analiza la utilización de la madera laminada, la cual tiene la propie-

dad de adaptarse a un diversos sistemas estructurales, sin poseer fallos en cortes, tracción o flexión, obteniendo una madera capaz de llevar a cabo una edificación optima de mediana altura, con diversas uniones metálicas de acero, mediante gráficos en base a una serie de despieces y desglose se cada elemento de unión de acero.

#### 3.4.3. Fase 3

En este estudio se analiza en base a las diferentes uniones de acero, planteando mejorar sus propiedades de colocación y una mejora en la aplicación de diversas uniones estructurales, planteando una unión universal para viviendas, la cual sea capaz de unir diversos planos y direcciones estructurales, teniendo la capacidad de adaptarse a diferentes inclinaciones de la madera, encajando al sistema constructivo poste viga o aporticado, el cual hoy en día se usa de manera eficaz y frecuente, debido a su alta facilidad de construcción y ahorro de tiempo en armado, conjunto con la mano de obra, obteniendo así un alcance amplio para diversos proyectos arquitectónicos, en madera laminada, mejorando las uniones existentes en el mercado.

Para esta investigación, se plantea el proceso y evolución de cada unión abarcando sus ventajas y desventajas para obtener un producto final adecuado y eficaz a las necesidades constructivas, para ello se usa bocetos y programas de dibujo y visualización en 3D.

#### **3.4.4. Fase 4**

En esta última etapa una vez diseñada la unión, se genera una comparación entre las diversas uniones de acero existentes, con el prototipo planteado en este proceso investigativo, se obtiene un análisis que consiste en base a su resistencia y diversas aplicaciones en viviendas de gran altura, obteniendo así varias ventajas constructivas en el sistema aporticado y un ahorro económico, ya que su producción es en masa abarata costos y mano de obra debido a que se emplea la misma unión para todos los elementos estructurales, ya sea rectos, inclinados, sin debilitar resistencia a cargas vivas y muertas.

## ETAPA 3 Difusión de resultados

### Difusión de resultados

#### 4.1 Fase 1 “Análisis e Indagación Bibliográfica”

En esta primera fase se analiza y se plantea las diferentes uniones de acero, siendo las más implementadas en la actualidad, siendo analizadas su uso y método de aplicación en conjunto con varias propiedades para su adaptabilidad en viviendas sociales, llevando a cabo ventajas y desventajas, en base a esta tabla comparativa.

CONECTORES METÁLICOS DE ACERO	USOS Y APLICACIÓN	CANTIDAD DE PLANTAS MÁXIMAS	ESPESES DE LAMINA DE ACERO	TIPOS DE MADERA	PROVINCIAS DE SIEMBRA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación en viviendas sociales y estructuras de madera aporricada.</li> <li>Uso en estructuras horizontales de viga y vigaeta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 2 a 3 plantas con madera laminada.</li> <li>Entre 1 planta con madera aserrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Platina de acero entre 2 a 4 milímetros de espesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Teca (Tectona Grandis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Teca Esmeraldas, Manabí, Sto Domingo Los Rios, Guayaquil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran resistencia y durabilidad a cargas estructurales.</li> <li>Poseen un bajo nivel de corrosión para usos exteriores.</li> <li>Fácil y rápida instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensibilidad a la corrosión y al deterioro, para el cual se debe hacer un óptimo mantenimiento.</li> <li>Fragilidad a temperaturas elevadas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soporta cargas pesadas y resiste tensiones en la vivienda.</li> <li>Unión y fijación entre columna y viga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 2 a 3 plantas con madera laminada.</li> <li>Entre 1 planta con madera aserrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Platina de acero entre 2 a 3 milímetros de espesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Nogal (Juglans Neotropica)</li> <li>Seique (Cadrelinga)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nogal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> <li>Seique Sucumbios, Orellana,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran resistencia y durabilidad a cargas estructurales.</li> <li>Poseen una eficaz unión mediante soldadas o pernos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deterioro en lugares húmedos expuestos a la interperie.</li> <li>Alto costo de mantenimiento.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resiste tensiones de cubiertas y vigas inclinadas.</li> <li>Se emplea en elementos a diversos ángulos de inclinación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 2 a 3 plantas con madera laminada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Platina de acero entre 3 a 5 milímetros de espesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Nogal (Juglans Neotropica)</li> <li>Seique (Cadrelinga)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nogal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> <li>Seique Sucumbios, Orellana,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptabilidad a diversos elementos, aportando estructuralmente.</li> <li>Maneja índices de inclinación para diversos proyectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor tiempo requerido en taller.</li> <li>Alto costo de producción.</li> <li>Mayor precisión requerida en la geometría de sus componentes.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación en viviendas sociales y estructuras de madera aporricada.</li> <li>Fijación horizontal de viga y vigaeta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 1 a 2 plantas con madera laminada.</li> <li>Entre 1 planta con madera aserrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Platina de acero entre 2 a 3 milímetros de espesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Teca (Tectona Grandis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Teca Esmeraldas, Manabí, Sto Domingo Los Rios, Guayaquil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran resistencia y durabilidad a cargas estructurales.</li> <li>Poseen un bajo nivel de corrosión para usos exteriores.</li> <li>Fácil y rápida instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interferencia con conectores en distintos planos.</li> <li>Alto costo de mantenimiento.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reparación y fijación en estructura de viviendas unifamiliares.</li> <li>Fijación horizontal de viga y vigaeta, mediante un ángulo de inclinación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 1 a 2 plantas con madera laminada.</li> <li>Entre 1 planta con madera aserrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Platina de acero entre 2 a 3 milímetros de espesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Teca (Tectona Grandis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Teca Esmeraldas, Manabí, Sto Domingo Los Rios, Guayaquil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora los esfuerzos axiales y transversales que se puedan generar.</li> <li>Aporta a que la madera no se fissure con las cargas soportadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor tiempo en fabricación para su ángulo de inclinación.</li> <li>Mayor cálculo para una eficaz precisión.</li> <li>Mano de obra especializada para su colocación.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación en vigas inclinadas para cubiertas.</li> <li>Anclaje y fijación con el resto de estructura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 2 a 3 plantas con madera laminada.</li> <li>Entre 1 planta con madera aserrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Platina de acero entre 3 a 5 milímetros de espesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Nogal (Juglans Neotropica)</li> <li>Seique (Cadrelinga)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nogal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> <li>Seique Sucumbios, Orellana,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El diámetro de las perforaciones en la madera no limita su resistencia física.</li> <li>Posee una alta flexibilidad y manejo del acero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interferencia con conectores en distintos planos.</li> <li>Alto costo de mantenimiento.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor fijación en estructuras lineales.</li> <li>Anclaje y fijación con la madera a diferentes caras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 2 a 3 plantas con madera laminada.</li> <li>Entre 1 planta con madera aserrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Platina de acero entre 3 a 5 milímetros de espesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Nogal (Juglans Neotropica)</li> <li>Seique (Cadrelinga)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nogal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> <li>Seique Sucumbios, Orellana,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se adapta a diversas caras de la madera.</li> <li>Genera resistencia y fijación a la madera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensibilidad a la corrosión y al deterioro, para el cual se debe hacer un óptimo mantenimiento.</li> <li>Fragilidad a temperaturas elevadas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se implementa en edificios de mediana a gran altura.</li> <li>Ancla diversos puntos de unión desde el suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 18 a 25 plantas con madera laminada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Platina de acero entre 2 a 8 milímetros de espesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Castaño (Castanea Sativa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Península Ibérica en Europa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une grandes estructuras de madera.</li> <li>Es capaz de superar 15 pisos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto costo de producción.</li> <li>Alto tiempo empleado para su fabricación y cálculo estructural.</li> </ul>

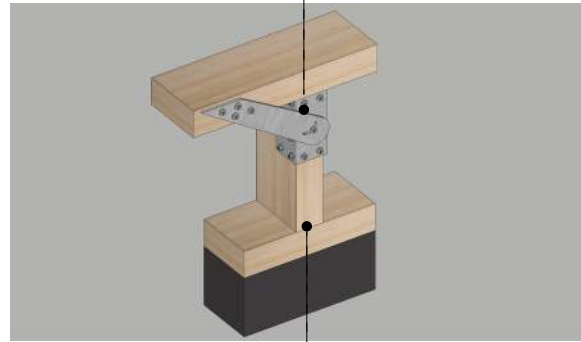
Tabla 5. Cuadro de Conectores Metálicos  
Fuente: Elaboración Propia, 2024

## 4.2 Fase 2 “Caracterización”

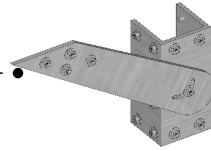
En esta segunda fase, se genera una caracterización las cuales albergan las uniones mas implementadas a ni-

vel país, obteniendo características de la unión de acero como son: el tipo de acero y espesor, el tipo de la madera estructural que se puede implementar y las diversas aplicaciones en viviendas sociales.

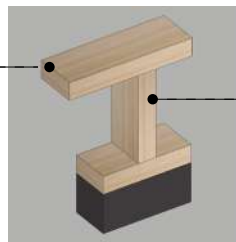
Placa de Acero con un brazo de Rotación mediante Pernos



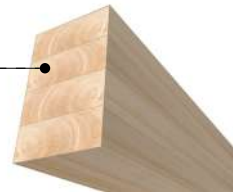
Elemento estructural, que se adapta a diversas inclinaciones en base a su placa metálica, la cual se sujeta a la madera mediante pernos.



Placa de acero de 3 milímetros de espesor, que se conforma de un brazo mecánico el cual genera un ángulo determinado para sujeción de la madera.



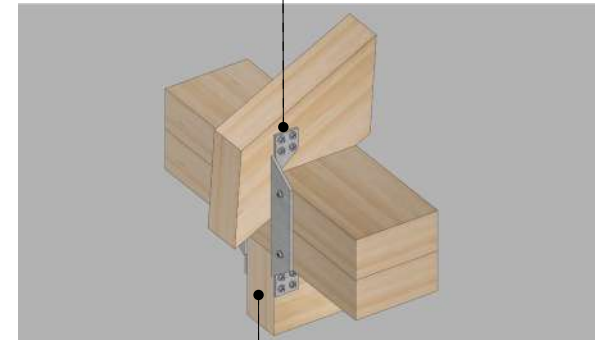
Elementos estructurales, conformados por viga, columna, la cual soporta cargas vivas o muertas.



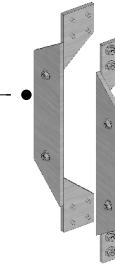
Madera laminada, sellada para usos estructurales en viviendas sociales y diversas aplicaciones.

**Figura 17.** Unión de acero para elementos rotatorios  
Fuente: Elaboración Propia, 2024

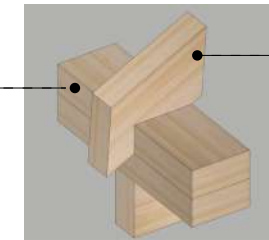
Placa de Refuerzo para Elementos Inclinados de Madera



Placa de refuerzos para uniones con un rebaje en maderas horizontales, con una inclinación determinada.



Placas metálicas de acero de 2 milímetros de espesor, de dos caras, el cual se ancla mediante pernos a todo el cuerpo estructural.



Conjunto de maderas estructurales agrupadas en apoyo para dirigir un elemento en sentido diagonal.



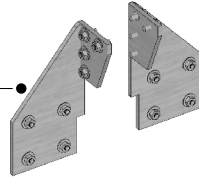
Madera estructural, formada por diversas capas de madera, para soportar resistencia ante cargas vivas.

**Figura 18.** Unión de acero para elementos inclinados  
Fuente: Elaboración Propia, 2024

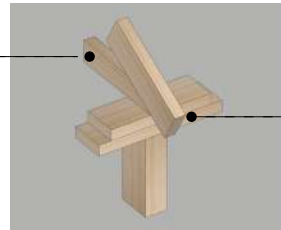
Placa de Acero con Brocheta inclinada para elementos fijos inclinados



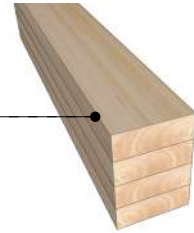
Placas de refuerzos en dos direcciones, soportando un elemento en diagonal, y elementos horizontales, apoyados en un pilar principal.



Platinas de acero de 3 milímetros, con un ángulo de inclinación de 30 grados, el cual une dos maderas conjunto a su inclinación.



Maderas estructurales que apoyan su peso en dos maderas horizontales, con un rebaje en una madera posterior.

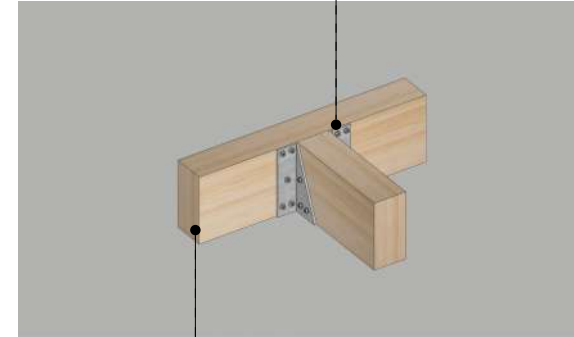


Madera laminada unida mediante adhesivos, para su fijación que permite soportar grandes piezas de madera.

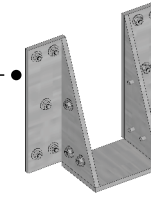
Figura 19. Unión de acero para elementos fijos inclinados

Fuente: Elaboración Propia, 2024

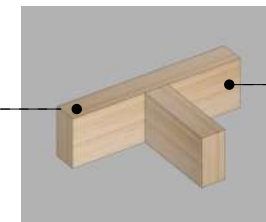
Placa de Acero inclinado para fijación de elementos estructurales horizontales



Estructura que une vigas y viguetas, por medio de una placa de acero el cual abraza mediante la parte inferior de la madera por medio de pernos.



Placa de acero de 3 milímetros de espesor, resistente a cargas horizontales de vigas a viguetas, con una base de soporte en la parte inferior de la vigueta.



Estructuras mediante vigas, para dar sujeción a viguetas horizontales de grandes luces.

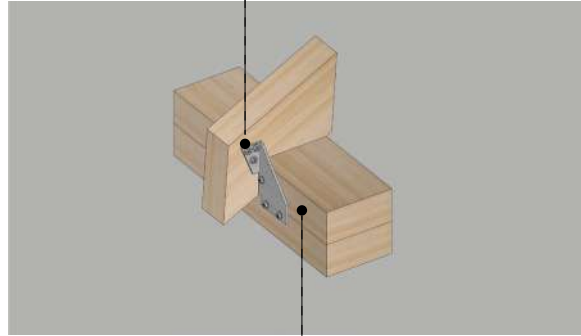


Madera estructural, la cual pasa por un proceso de limpieza y pulido para una mejor reacción física y mecánica para su implementación en vigas y viguetas.

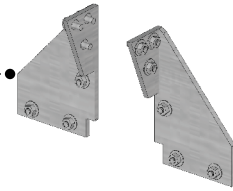
Figura 20. Unión de acero para elementos estructurales horizontales

Fuente: Nombre de la fuente o el autor

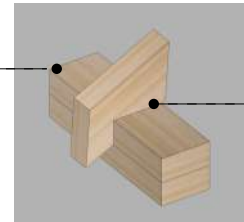
Placa de Acero de unión inclinada para estructuras en cubiertas



Elemento estructural de soporte para uniones inclinadas fijas, con un rebaje en la maderas horizontal, para viviendas de baja altura.



Platinas de acero de 2 milímetros de espesor inclinadas, para sujeción de elementos de madera.



Madera recortada para soportar viga inclinada en función de cubiertas en viviendas sociales.



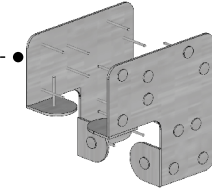
Madera estructural, cultivada en plantaciones madereras en Ecuador.

**Figura 21.** Unión de acero para estructuras inclinadas  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

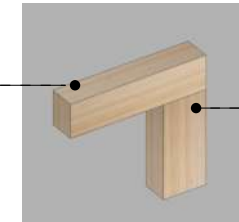
Placas de acero para unión en base a columna y viga



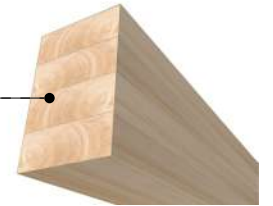
Estructura de acero que une columna y vigas, por medio de una placa de acero el cual abraza mediante la parte lateral de la madera por medio de clavos de acero.



Platinas de acero de 3 milímetros, con un angulo en las esquinas para una mejor fijación y fabricación de este elemento, el cual se une con la madera en base a clavos.



Estructura aporticada de pilar y viga para estructura de viviendas en baja altura.

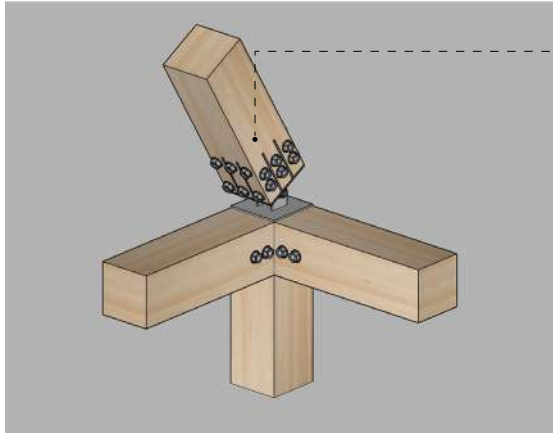


Madera laminada con propiedades de versatilidad en el diseño estructural, conjunto al sistema aporticado.

**Figura 22.** Unión de acero para fijación columna viga  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

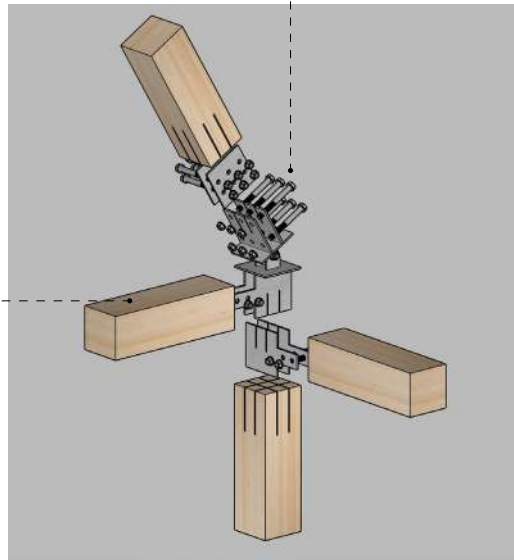
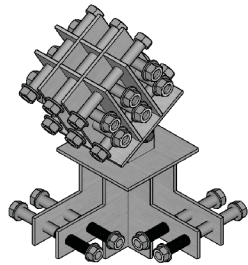
### 4.3 Fase 3 “Desarrollo de la Unión”

Primer Prototipo de Diseño de Unión de Acero



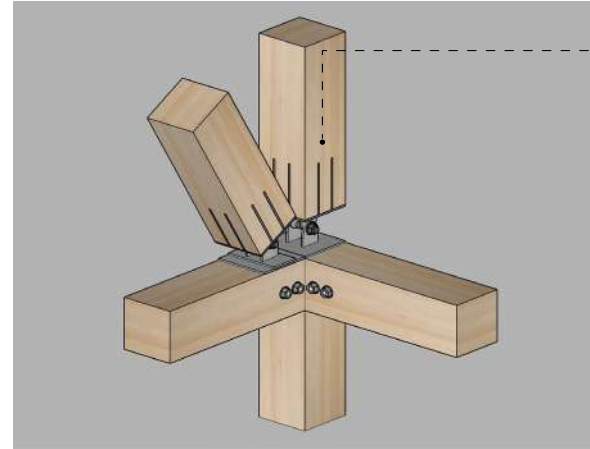
Se genera una pieza de acero de 3 milímetros de espesor, la cual abarca elementos giratorios y secciones de corte, las cuales van encajando para seccionar a la madera laminada.

Se analiza y se plantea una unión de acero, que sea capaz de unir diferentes direcciones de planos estructurales, como son: horizontales, verticales y diagonales, para este modelo encontramos inconvenientes con la continuidad de un elemento vertical y la inexistencia de un elemento en diagonal.



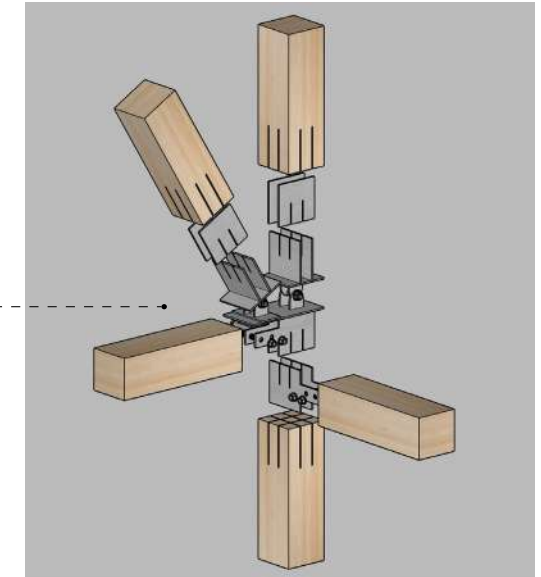
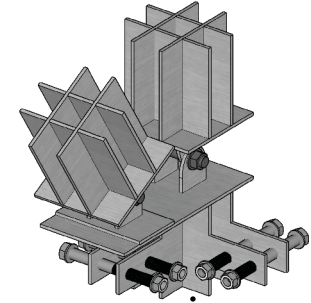
**Figura 23.** Primer prototipo de unión  
Fuente: Elaboración Propia 2024

Segundo Prototipo de Diseño de Unión de Acero



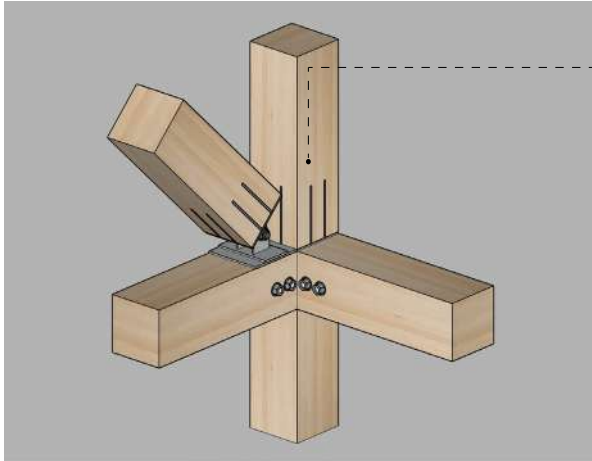
Se diseña una pieza de 3 milímetros de espesor, la cual posee dos radios de giro, para una rotación doble de cada elemento y diversos encajes horizontales para la conexión de vigas.

Se estudia y se genera otro elemento de unión, el cual es capaz de generar conexiones verticales, y diagonales, sin embargo, estas no poseen una fijación adecuada para la madera, ya que los elementos solo se encajan mediante lados opuestos, sin el uso de pernos o algún elemento de compresión.



**Figura 24.** Segundo prototipo de unión  
Fuente: Elaboración Propia 2024

Tercer Prototipo de Diseño de Unión de Acero



Se diseña una pieza de 3 milímetros, la cual tiene un ángulo de rotación y diversos acoples, con engranes para su diagonal y su extensión horizontal, conjunto a extensiones diagonales.

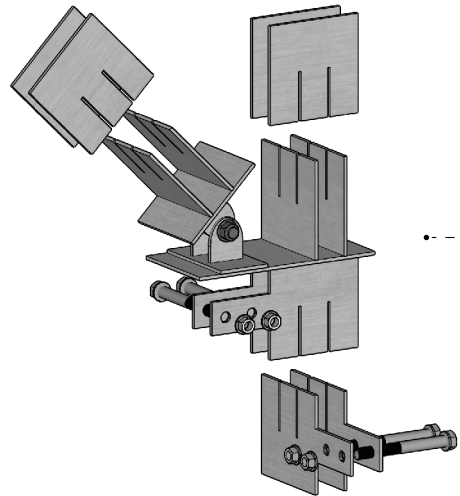
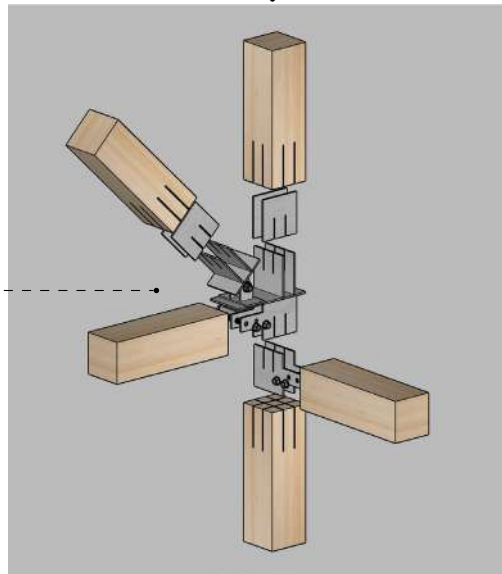
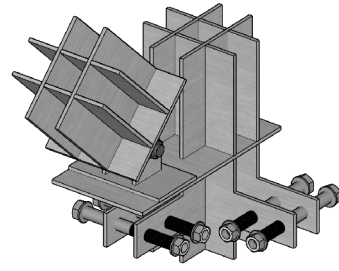
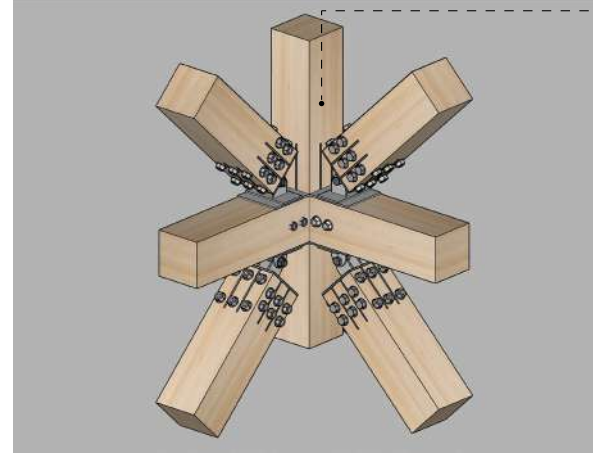


Figura 25. Tercer prototipo de unión  
Fuente: Elaboración Propia 2024

Se genera una unión, la cual posee elementos de conexión horizontales, para el acople de vigas, mediante pernos, paralelamente tiene una conexión vertical en base a encajes de acero, mediante diferentes ángulos, posteriormente posee un brazo de rotación el cual rota a diversos ángulos de inclinación, los cuales no se sujetan con elementos de compresión, generando una deficiencia para una mayor fijación.



Cuarto Prototipo de Diseño de Unión de Acero



Se proporciona una pieza de 3 milímetros, la cual tiene un ángulo de rotación para cada elemento inclinado y diversos acoples, con engranes para su diagonal y su extensión vertical, conjunto a acoples y encajes.

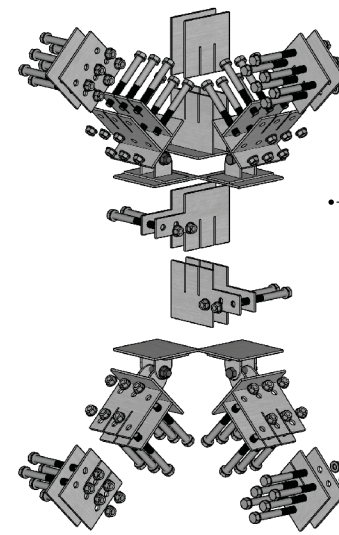
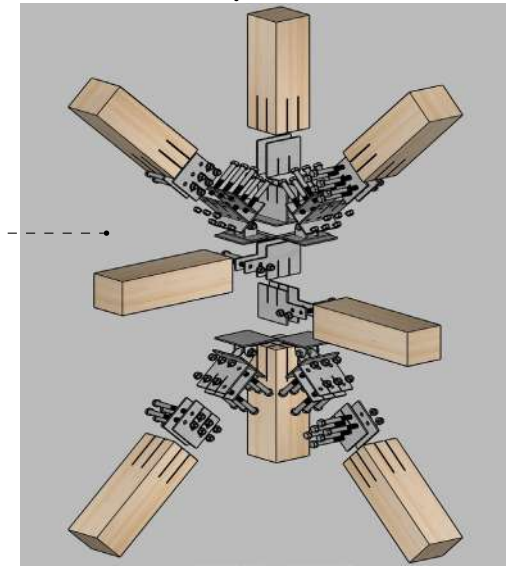
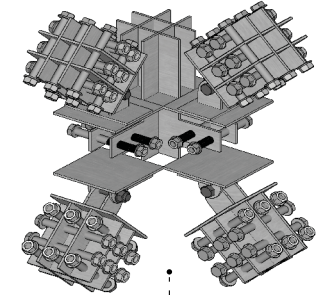


Figura 26. Cuarto prototipo de unión  
Fuente: Elaboración Propia 2024

Se plantea una unión, la cual posee elementos de conexión horizontales, para el acople de vigas, mediante pernos, paralelamente tiene una conexión vertical en base a encajes de acero, mediante diferentes ángulos, posteriormente posee un brazo de rotación fijo, el cual se inclina a diversos ángulos, los cuales se sujetan con 12 pernos de acero, los cuales generan una debilitación en la madera, agrietándose y fisurando su estructura.



#### 4.4 Fase 4 “Comparación”

En esta última fase se determina y se estudia los diferentes tipos de uniones diseñadas para viviendas sociales, que sean capaces de producirse a nivel de producción macro estas se determinan para los diferentes usos y aplicaciones en la estructura previamente planteada por el diseño arquitectónico, para otorgar una mayor eficiencia en la colocación y mano de obra.

Se determina un folleto a nivel general, el cual abarca cada una de las piezas que son capaces de ensamblar un conjunto sólido, generando una unión de acero, esta conlleva un método de colocación y la ubicación dentro del proyecto establecido, en conjunto con detalles constructivos. Paralelamente en esta fase se determina una tabla comparativa, la cual conlleva propiedades y características físicas como mecánicas, de las distintas uniones, abarcando ventajas y desventajas en comparación a uniones de acero tradicionales.

Finalmente implementamos las uniones diseñadas en un proyecto arquitectónico de una vivienda unifamiliar, las cuales se obtiene la localización de las piezas dentro del proyecto.

##### 4.4.1. Folleto de los Diversos Tipos de Uniones Aplicados en Vivienda

Se crea un folleto que cuenta con las diferentes piezas de acero, en conjunto con sus dimensiones y métodos de ensamblaje y sus características, abarcando el tipo de madera y el electrodo implementado para la soldadura.




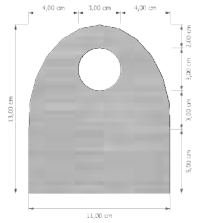

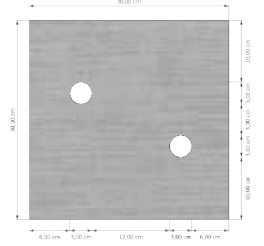
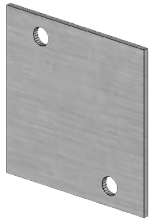
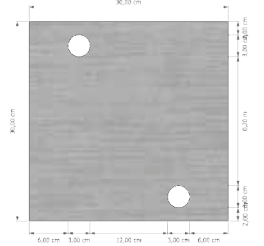
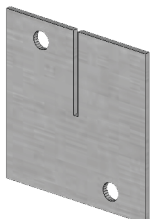
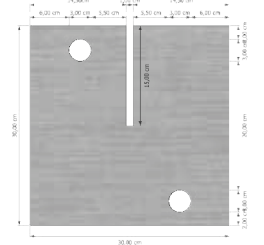
**Universidad  
Indoamérica**

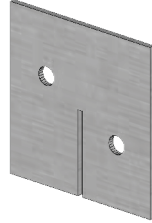
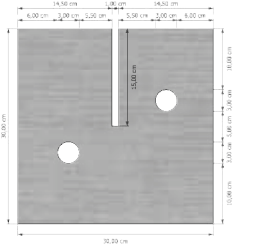

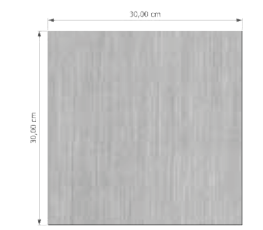

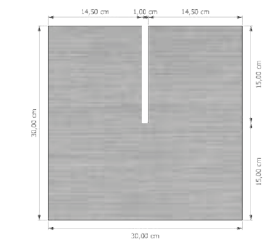
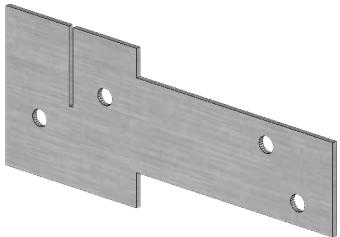
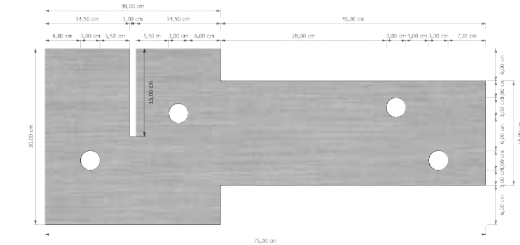
**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE ARQUITECTURA**

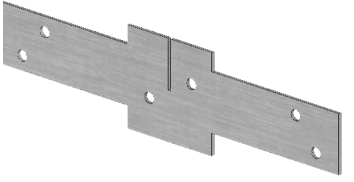
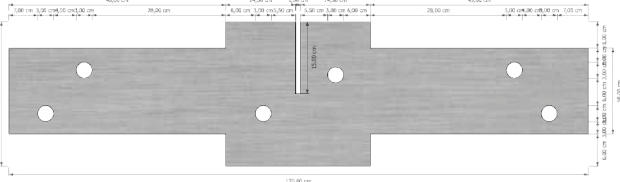
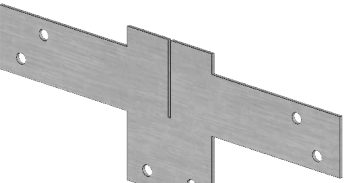
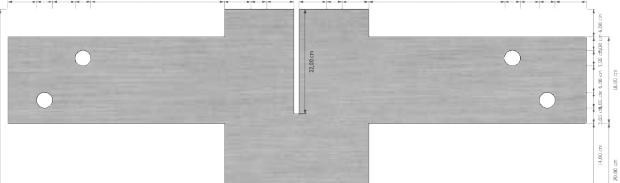
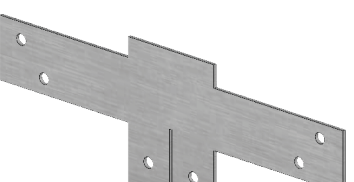
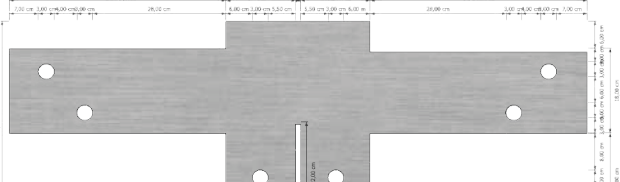
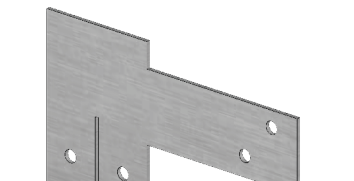

**DISEÑO DE ELEMENTOS PARA UNIONES ESTRUCTURALES EN SISTEMAS  
CONSTRUCTIVOS DE MADERA APLICADOS EN VIVIENDAS**

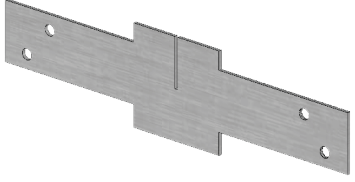

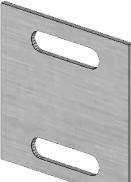
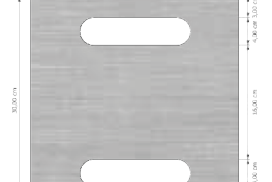
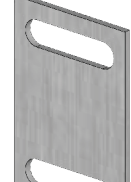
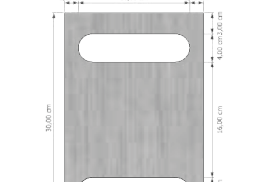
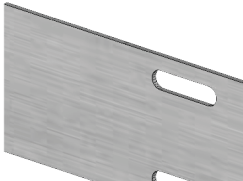

**FOLLETO DE LOS DIVERSOS TIPOS DE UNIONES APLICADOS EN VIVIENDAS**

**QUITO - ECUADOR  
2024**

NOMBRE	PIEZAS METÁLICAS	DIMENSIONES	No. PERNOS
PM1			1 Perno
PM2			2 Pernos
PM3			2 Pernos
PM4			2 Pernos

NOMBRE	PIEZAS METÁLICAS	DIMENSIONES	No. PERNOS
PM5			2 Pernos
PM6			0 Pernos
PM7			0 Pernos
PM8			4 Pernos

NOMBRE	PIEZAS METÁLICAS	DIMENSIONES	No. PERNOS
PM9			6 Pernos
PM10			6 Pernos
PM11			6 Pernos
PM12			4 Pernos

NOMBRE	PIEZAS METÁLICAS	DIMENSIONES	No. PERNOS
PM13			4 Pernos
PM14			2 Pernos
PM15			2 Pernos
PM16			2 Pernos

NOMBRE	PIEZAS METÁLICAS	DIMENSIONES	No. PERNOS
PM17			4 Pernos
PM18			6 Pernos
PM19			8 Pernos

NOMBRE	PIEZAS EXTRAÍBLES	UNIÓN DE ACERO	UNIÓN CON MADERA	COMBINACIÓN
UCC-01 Unión Cimiento Columna				PM4 - PM5 - PM6
UCCL-01 Unión Columna Columna				2PM4 - 2PM5 - PM6
UCV-01 Unión Columna Viga				PM4 - PM5 - PM6 PM7 - PM8
UCV-02 Unión Columna Viga				PM4 - PM5 - PM6 PM7 - PM9

NOMBRE	PIEZAS EXTRAÍBLES	UNIÓN DE ACERO	UNIÓN CON MADERA	COMBINACIÓN
UCV-03 Unión Columna Viga				PM4 - PM5 - PM6 - PM10 - PM12
UCV-04 Unión Columna Viga				PM4 - PM5 - PM6 - PM10 - PM11
UCVD-01 Unión Columna Viga Diagonal				4PM1 - 2PM4 - 2PM5 - PM6 - PM10 - PM11 - PM13 - PM14 - PM15 - PM16
UCVD-02 Unión Columna Viga Diagonal				8PM1 - 3PM4 - 3PM5 - 2PM6 - PM10 - PM11 - 2PM14 - 2PM15 - PM17

NOMBRE	PIEZAS EXTRAÍBLES	UNIÓN DE ACERO	UNIÓN CON MADERA	COMBINACIÓN
UCVD-03 Unión Columna Viga Diagonal				12PM1 - 4PM4 - 4PM5 - 3PM6 - PM10 - PM11 - 3PM14 - 3PM15 - PM18
UCVD-04 Unión Columna Viga Diagonal				16PM1 - 5PM4 - 5PM5 - 4PM6 - PM10 - PM11 - 4PM14 - 4PM15 - PM19
UCVD-05 Unión Columna Viga Diagonal				20PM1 - PM2 - 6PM4 - 6PM5 - 5PM6 - PM13 - 4PM14 - 5PM15 - PM19
UCVD-06 Unión Columna Viga Diagonal				24PM1 - PM2 - PM3 - 7PM4 - 7PM5 - 6PM6 - 3PM13 - 4PM14 - 6PM15 - PM19

NOMBRE	PIEZAS EXTRAÍBLES	UNIÓN DE ACERO	UNIÓN CON MADERA	COMBINACIÓN
UCVD-07 Unión Columna Viga Diagonal		 Electrodo de 60-13 Acero Negro de 10mm	 Madera Laminada Perno de 30mm	28PM1 - PM2 - 2PM3 - 8PM4 - 8PM5 - 7PM6 - 2PM13 - 4PM14 - 7PM15 - PM19
UCVD-08 Unión Columna Viga Diagonal		 Electrodo de 60-13 Acero Negro de 10mm	 Madera Laminada Perno de 30mm	28PM1 - 2PM2 - 2PM3 - 9PM4 - 9PM5 - 8PM6 - 2PM13 - 4PM14 - 8PM15 - PM19

Tabla 6. Folleto de uniones de acero  
Fuente: Elaboración Propia, 2024

#### 4.4.2. Análisis Comparativo

Se diseña una tabla comparativa determinado sus usos y aplicación, en conjunto a el numero de plantas máximas que puede abarcar, ya sea en madera laminada o

aserrada, esto va a depender de el tipo de madera y de la unión, también se estudia el espesor de la lamina de acero, dependiendo su uso y aplicación en las diferentes zonas del proyecto y sus ventajas con sus desventajas en su aplicación.

CONECTORES METÁLICOS DE ACERO	USOS Y APLICACIÓN	CANTIDAD DE PLANTAS MÁXIMAS	ESPESOR DE LAMINA DE ACERO	TIPOS DE MADERA	PROVINCIAS DE SIEMBRA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación en estructuras y cimentación para viviendas sociales</li> <li>Uso en estructuras verticales que conectan con la columna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 2 a 3 plantas con madera laminada</li> <li>Entre 1 planta con madera aserrada</li> </ul>	Platina de acero entre 2 a 4 milímetros de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Teca (Tectona Grandis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nagal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran resistencia y durabilidad a cargas estructurales</li> <li>Poseen un bajo nivel de corrosión para usos exteriores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensibilidad a la corrosión y al deterioro, para el cual se debe hacer un optimo mantenimiento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soporta y conecta cargas verticales entre dos columnas</li> <li>Unión y fijación mediante una serie de pernos para mayor soporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 2 a 3 plantas con madera laminada</li> <li>Entre 1 planta con madera aserrada</li> </ul>	Platina de acero entre 2 a 3 milímetros de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Nagal (Juglans Neotropica)</li> <li>Seique (Cadrelinga)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nagal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran resistencia y durabilidad a cargas estructurales</li> <li>Poseen una eficaz unión mediante soldadas o pernos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se tiene que determinar las dimensiones de la columna para ser implementada</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se implementa en viviendas de mediana altura</li> <li>Conecta columnas con fijación a vigas, mediante pernos seriados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 2 a 3 plantas con madera laminada</li> <li>Entre 1 planta con madera aserrada</li> </ul>	Platina de acero entre 3 a 5 milímetros de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Nagal (Juglans Neotropica)</li> <li>Seique (Cadrelinga)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nagal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptabilidad a diversos elementos, estructurales</li> <li>Resiste tensiones de elementos horizontales con luces entre 3m a 5m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor precisión requerida en la geometría de sus componentes</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación en estructura de sistema aporticado</li> <li>Fijación horizontal y vertical de vigas y columnas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 3 a 4 plantas con madera laminada</li> <li>Entre 2 plantas con madera aserrada</li> </ul>	Platina de acero entre 2 a 3 milímetros de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Teca (Tectona Grandis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Teca Esmeraldas, Manabi, Sto Domingo Los Rios,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran resistencia y durabilidad a cargas estructurales</li> <li>Poseen un bajo nivel de corrosión para usos exteriores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frecuencia mínima de mantenimiento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se coloca para generar tres planos estructurales existentes en la vivienda</li> <li>Fijación horizontal de vigas, mediante un elemento en diagonal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 3 a 4 plantas con madera laminada</li> <li>Entre 2 plantas con madera aserrada</li> </ul>	Platina de acero entre 2 a 3 milímetros de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Teca (Tectona Grandis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Teca Esmeraldas, Manabi, Sto Domingo Los Rios,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora lo esfuerzos axiales y transversales que se puedan generar</li> <li>Aporta a que la madera no se agriete con las cargas soportadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor tiempo en fabricación para su angulo de inclinación</li> <li>Mayor calculo para una eficaz precisión</li> <li>Mano de obra especializada para su colocación</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación en estructuras, las cuales tengan elementos verticales, horizontales y diagonales</li> <li>Deslizamiento de diagonales mediante pernos de sujeción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 3 a 4 plantas con madera laminada</li> <li>Entre 2 plantas con madera aserrada</li> </ul>	Platina de acero entre 2 a 3 milímetros de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Nagal (Juglans Neotropica)</li> <li>Seique (Cadrelinga)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nagal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora el angulo de inclinación para elementos diagonales</li> <li>Posee una eficiencia de colocación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calculo de angulo de inclinación</li> <li>Verificación de colocación por personal autorizado</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocación en viviendas sociales que conformen las tres direcciones estructurales</li> <li>Uso en nudos centrales interiores de la estructura, la cual traslada las cargas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 3 a 4 plantas con madera laminada</li> <li>Entre 2 plantas con madera aserrada</li> </ul>	Platina de acero entre 2 a 3 milímetros de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Nagal (Juglans Neotropica)</li> <li>Seique (Cadrelinga)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nagal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporta las cargas de la estructura de una forma mas equilibrada</li> <li>Genera resistencia y fijación a la estructura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mano de obra especializada en la colocación</li> <li>Verificación de colocación por personal autorizado</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se implementa en viviendas sociales de mediana altura</li> <li>Ancla diversos puntos de unión desde un núcleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 3 a 4 plantas con madera laminada</li> <li>Entre 2 plantas con madera aserrada</li> </ul>	Platina de acero entre 2 a 3 milímetros de espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino (Pinus Radiata)</li> <li>Roble (Dendrobagia Rusby)</li> <li>Nagal (Juglans Neotropica)</li> <li>Seique (Cadrelinga)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pino Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay</li> <li>Roble Esmeraldas, Los Rios, Napo</li> <li>Nagal Carchi, Imbabura, Tungurahua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une grandes estructuras de madera</li> <li>Posee alta resistencia a cargas vivas y muertas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevado costo de producción</li> <li>Alto tiempo empleado para su fabricación y calculo estructural</li> </ul>

Tabla 7. Análisis de los prototipos diseñados  
Fuente: Elaboración Propia, 2024

### 4.4.3. Proyecto

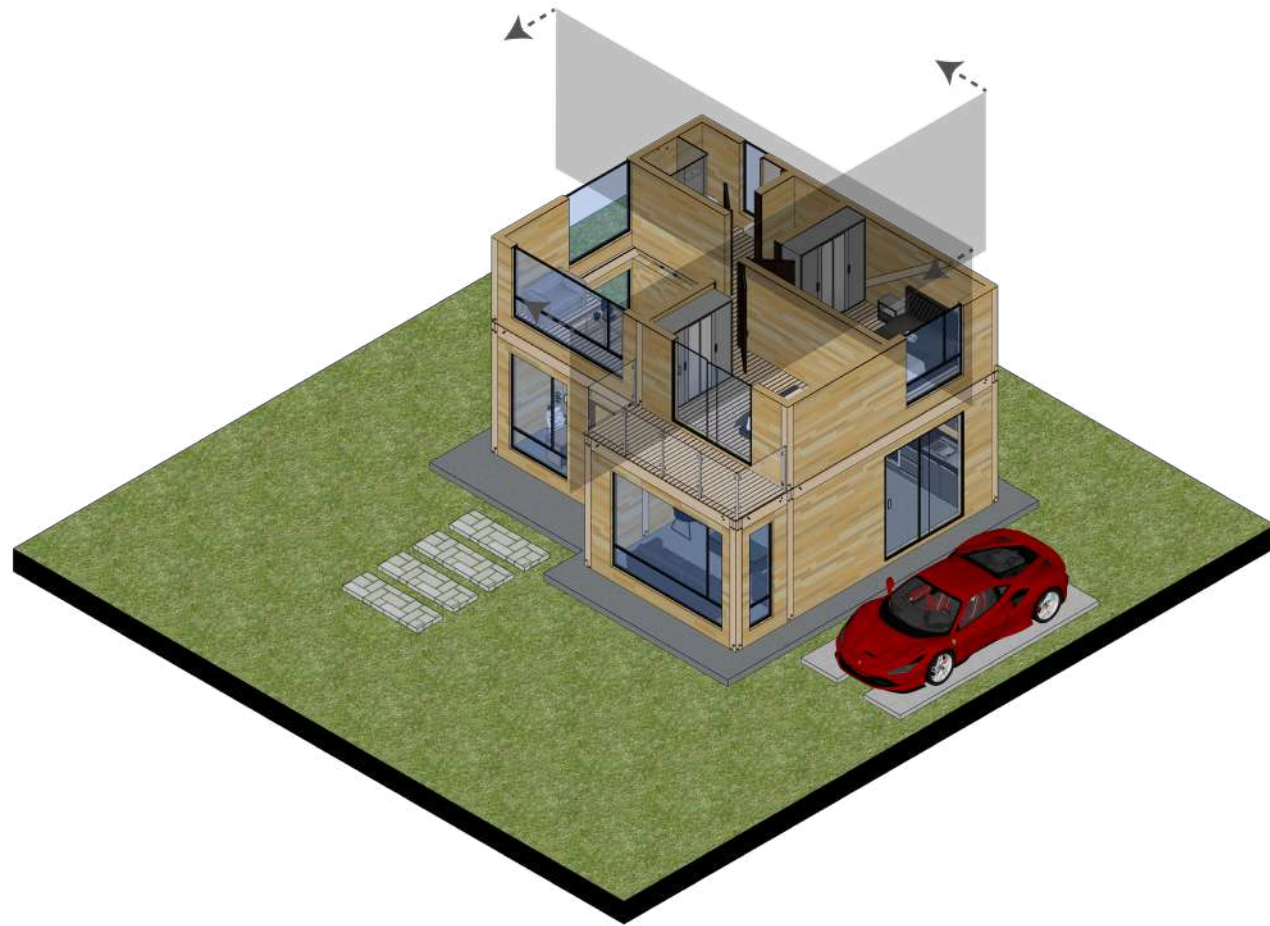
Se diseña un proyecto de vivienda unifamiliar, la cual cuenta con 260m<sup>2</sup> de superficie de terreno y 90m<sup>2</sup> de construcción en madera laminada de pino, el proceso constructivo de este proyecto es de sistema poste viga, esta vivienda tiene luces de 5m y 3m, las cuales se adaptan perfectamente a las uniones planteadas, así mismo en su estructura interior cuenta con columnas, vigas, viguetas y cruces de san andrés para otorgar un mayor soporte ante cargas estructurales, paralelamente esta vivienda cuenta en su planta baja con sala, comedor, cocina, área de lavado, zona de estudio y un 1/2 baño, en su planta alta cuenta con un dormitorio master que posee área de balcón, un dormitorio simple, un baño compartido y una sala de estancia, esta vivienda tiene la capacidad para albergar un núcleo familiar de 1 a 3 personas, las cuales cumplen con las características pre establecidas.

### 4.4.3.1. Plantas Arquitectónicas



Figura 27. Primera Planta Arquitectónica  
Fuente: Elaboración Propia, 2024





**Figura 30.** Segunda Planta Isométrica  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

#### 4.4.3.3. Cortes Arquitectónicos



**Figura 31.** Corte Arquitectónico A.A  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024



**Figura 32.** Corte Arquitectónico B.B  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

#### 4.4.3.4. Elevaciones Arquitectónicas



**Figura 33.** Elevación Frontal  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024



**Figura 34.** Elevación Lateral Derecha  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

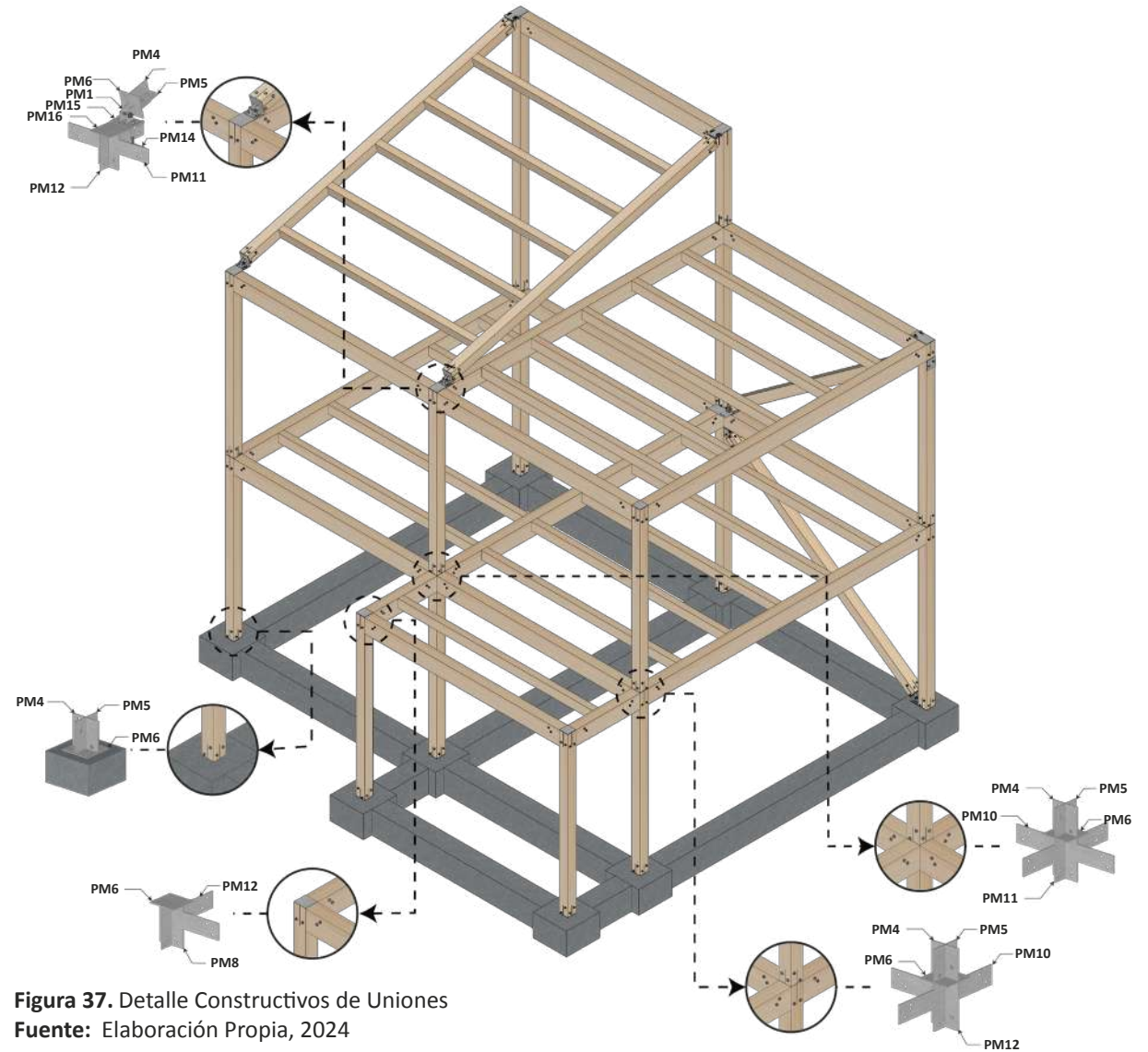


**Figura 35.** Elevación Lateral Izquierda  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

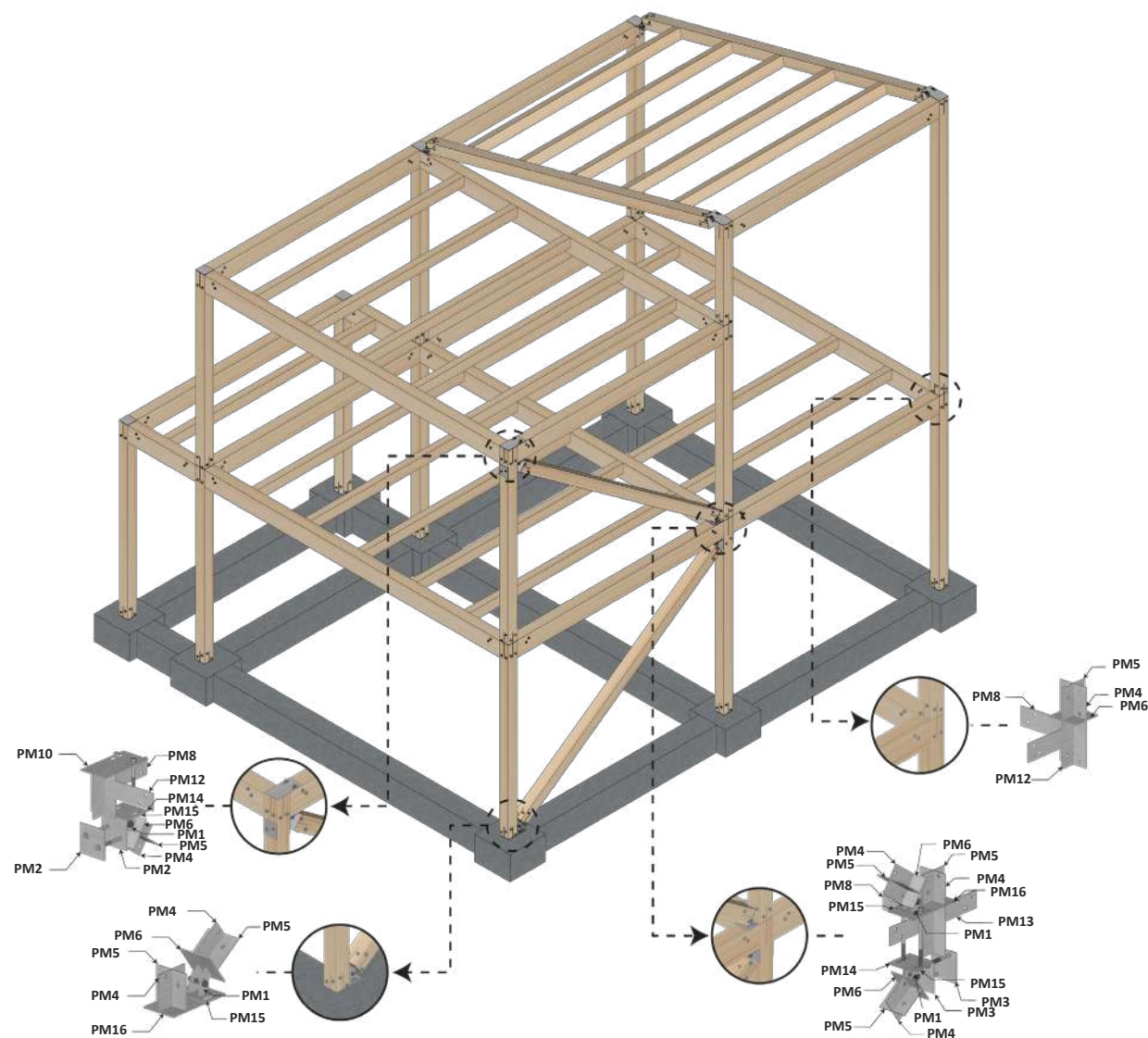


**Figura 36.** Elevación Posterior  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

#### 4.4.3.5. Detalles Constructivos



**Figura 37.** Detalle Constructivos de Uniones  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024



**Figura 38.** Detalle Constructivo de Uniones  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2024

## Reflexiones finales

El producto de esta investigación va enfocada en la elaboración y diseño de un set de componentes para lograr diversidad de uniones para facilitar las construcción de viviendas en madera, se busca promover y mejorar el método constructivo en sistema poste viga, así como disminuir el tiempo de elaboración de cada una de las piezas que conforman esta unión y facilitar su colocación en obra, es importante destacar la elaboración de un manual para la selección de los componentes para conformar las uniones estructurales necesarias para la edificación de viviendas.

El análisis detallado de los resultados obtenidos de fuentes investigativas y constructivas, revela que la construcción con madera ya sea laminada o aserrada, se requiere que sea potenciada, debido a sus numerosas ventajas ya sean constructivas, térmicas o sostenibles, generando un menor impacto ambiental comparando con elementos constructivos tradicionales, paralelamente para trabajar con madera, se necesita de mano de obra especializada.

Una vez obtenido el conjunto de elementos de uniones de acero en conjunto con los diferentes perfiles y configuraciones de piezas que conforman uniones metálicas con ángulos de inclinación y rotación, se plantea una producción en masa, siempre y cuando el sistema constructivo de la madera sea capaz de ser implementado a mayor escala en la construcción, con el objetivo de reducir costos de producción y lograr menos tiempo de fabricación, mediante la utilización de personal especializado.

En base de esta investigación se logra determinar con éxito el uso adecuado de elementos estructurales de la madera en viviendas, mejorando las uniones de acero

convencionales, ya sea implementada en madera aserrada o laminada, para esto se diseña un set de uniones de acero que son capaces de unir diversos elementos estructurales de madera, siendo entre estos: columnas, vigas y diagonales, siempre y cuando estos elementos posean un sistema constructivo de poste viga, determinando un patrón guía para una fácil colocación e implementación en obra, pensando en los obreros, los cuales realizan este tipo de trabajo, para obtener un proyecto llevado a cabo con éxito y economía.

## Recomendaciones

Las recomendaciones generadas a partir del presente estudio en base a uniones de acero para madera en viviendas sociales, tiene como enfoque poder aportar y contribuir a evolucionar las uniones de acero existentes en el mercado, facilitando su colocación y mejorando los usos estructurales, para ello se generan conexiones en elementos verticales, horizontales y diagonales, esta pensado para la producción en masa con el fin de abaratar costos y disminuir el tiempo de fabricación, a continuación se establece ciertas recomendaciones que nacen de los resultados obtenidos de esta investigación:

- Promover una investigación mas amplia y profunda: Es importante continuar con el desarrollo de la investigación de los diferentes sistemas de conexión estructurales para madera, que sean implementados en viviendas sociales como edificaciones de gran escala, mejorando los elementos de conexión para facilitar su colocación y eficiencia en la construcción de obra.
- Elaborar prototipos e implementar en edificaciones: Elaborar prototipos que sean capaces de ser implementados en elementos estructurales de madera en conjunto con edificaciones de mediana altura, esto se realiza para ir evolucionando los prototipos planteados en base a las distintas configuraciones estructurales.
- Revisar los problemas que se detecten en la implementación: Se recomienda la ejecución de las distintas configuraciones estructurales, para determinar los posibles fallos en la colocación, ya sea grosor de placas metálicas, fisuras, dobleces entre otros.

- Promover el uso en edificaciones de gran altura: Se sugiere analizar esta investigación y evolucionar con mejoras, dando soluciones para que pueda ser implementada en edificaciones de gran altura, sin perder propiedades mecánicas y físicas, resolviendo grandes cargas estructurales y fuertes vientos.
- Promover el uso de la madera en la construcción dado sus ventajas medioambientales: Es importante destacar los beneficios medioambientales de la madera, para esto se debe promover el uso y construcción de la madera, ya que consta con beneficios estructurales, ambientales y ecológicos, aportando al medioambiente.

## Referencias bibliográficas

Domenech Aguiar, L. D. (2022). Diseño y construcción del Museo de Arte Contemporáneo Atchugarry (Facultad Ingeniería).

Dominguez, M. L. (2015). Estudio de Uniones en Estructuras de Madera con uso de Elementos Clavija.

Hernandez Sampieri, R. (2000). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill, 1–634.

Inat Trigueros, S. (2011). SISTEMA DE PLATAFORMA CON ENTRAMADO LIGERO DE MADERA. Universidad Politécnica de Cataluña, 1–129.

Letamendi Arregui, J. I. (2004). Manual de la Construcción de viviendas en Madera. CORMA, 1–626.

Madera laminada encolada estructural. (2012).

Manual la Construcción de Viviendas en Madera. (n.d.). CORMA. Retrieved March 23, 2023, from <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-construccion-de-viviendas-en-madera-snh.pdf>

Martínez De Velasco, R., Castro, A., & Posada, M. (2013). Ensamblajes de Madera. 1–15.

Midzic, A. (2011). Madera Acoplada con Metal. 1–139.

Oliwa, G. (1984). La madera en la construcción. <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

Ordoñez, L. (2022). Proyecto Manejo Forestal Sostenible. gef, 1–2.

Guía de construir con madera, 1 (2010).

Romero, M., & Velasteguí, D. (2011). Descripción de las Cadenas Productivas de Madera en el Ecuador Elaboración.

Sevilla Allende, R. (2018). La Madera Laminada en la Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

Tejada, M. (1982). Manual de diseño para maderas del grupo andino.

Vignote Peña, S. (2016). Madera Aserrada: Características y Propiedades. <https://www.researchgate.net/publication/311924247>

Villalobos, F. ;, González, G., Villalobos Ramírez, F., & González Beltrán, G. (2009). Comportamiento estructural de conexiones sismorresistentes de elementos de madera laminada en sistemas viga - columna.

 **Anexos**

Código qr para el acceso al folleto de las uniones de  
acero para madera



**Arquitectura**  
2024