



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

mase

Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía UC

01/2022

ESTRUCTURAS DE MADERA PRE Y POST TENSADA:

VIVIENDA DE ESPACIOS FLEXIBLES A PARTIR DE MEDIANAS LUCES EN LAJA

Juan Ignacio Ovalle Ovalle

Profesores Guías: Juan José **Ugarte** | Andrés **Sierra**

Tesis presentada para obtener el título de Arquitecto con
Magister en Arquitectura Sustentable y Energía
de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Enero, 2022
Santiago, Chile

Abstract:

En esta tesis se desarrolla un edificio de vivienda de madera de 6 pisos con un podio y un núcleo de hormigón armado, utilizando un sistema estructural en base a elementos de madera pre y post tensado. De esta manera se busca establecer principios, criterios, reglas básicas y proporciones que guíen al momento de diseñar un edificio con estas características, así como también, la manera en que estos elementos dialogan con la composición de su núcleo de hormigón armado, la configuración de distintos programas y las diversas maneras de distribuir los recintos que albergará en su interior.

Este edificio a proyectar se ubicará en el futuro distrito sustentable de la intercomuna Laja-San Rosendo en base a una tipología de vivienda multifamiliar de media densidad, con altos niveles de eficiencia energética y buscando no solo atraer a las nuevas generaciones para activar la economía y turismo del sector, sino que también considere a los habitantes del lugar generando un edificio de tipo condensador social.

Palabras Claves: Estructura, Madera, Post-Tensado, Medianas Lucas, Reglas de Diseño, Planta Abierta, Sustentabilidad, Bio-Bío, Laja, San Rosendo.

Key Words: Structure, Timber, Post-Tensioned, Mid Span, Design Rules, Open Plan, Sustainability, Bio-Bío, Laja, San Rosendo.

Agradecimientos:

A mis padres y familia por todo el apoyo y comprensión durante mi carrera.

Al equipo docente; Juan Jose y Andrés, por su paciencia y dedicación.

A mis compañeros y amigos de taller por estar siempre dispuestos a ayudar.

Por último a todos mis cercanos que se preocuparon y me tuvieron presente.

INDICE

INTRODUCCIÓN 5

1.MADERA ESTRUCTURAL TENSIONADA 9

- 1.1 Estructuras en Madera 9
- 1.2 Madera de Alta Resistencia 10
- 1.3 Madera Pre y Post Tensada 10

2.DISTRITO RÍO BIO BÍO 12

- 2.1 Escala Geográfica 12
- 2.2 Maqueta Conceptual 12
- 2.3 Definición del Clima 13
- 2.4 Vegetación y Fauna 13
- 2.5 Actividad Sísmica 13
- 2.6 Distrito Sustentable 13

3.PROGRAMA DE VIVIENDA 16

- 3.1 Vivienda Social 16
- 3.2 "Open Plan" 17

4.EDIFICIO VIVIENDA MEDIANAS LUCES 17

CONCLUSIONES 24

ANEXOS 27

INTRODUCCIÓN

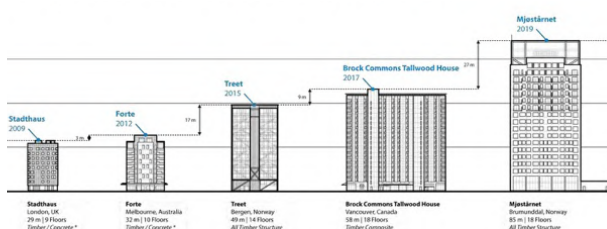
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

La utilización de madera para la construcción es una de las técnicas principales y más antiguas en la historia de la humanidad. Durante los más de 10.000 años de la historia de la construcción en madera, son pocas las estructuras que superan los 15 y 20 metros de altura siendo algunos de estos hitos los templos chinos como la Pagoda Sakyamuni con más de 65 metros de altura y casi 1000 años de antigüedad o la antigua bóveda de la Iglesia de Norte Dame incendiada en 2019. (Arkiplus, 2021).

Sin embargo, edificaciones habitables de densidad media no aparecieron hasta hace pocos años atrás siendo los más conocidos por su rápido proceso de prefabricación e instalación la residencia Brock Commons en Canadá (2016) con 56 metros de altura y el Mjostarnet (2019) ubicado en Noruega con 87 metros de altura, con usos mixtos como hotel, restaurante, oficinas, residencial y áreas comunes. Ambos edificios son de construcción híbrida, trabajando la estructura de madera con núcleos de hormigón armado, mejorando así la resistencia sísmica (Guindos, 2020).

Gracias a procesos industriales y técnicas modernas como uniones, ensambles, aglomerados y contrachapados entre otros, han permitido un mejor aprovechamiento del material celuloso para así construir edificios de hasta 18 pisos de altura, generando un nuevo auge de la construcción a partir de este material.

La madera es un elemento abundante y amigable con el medio ambiente, así como también económico y energéticamente eficiente. Es debido a las altas demandas de viviendas multifamiliares en zonas urbanas de parte de las nuevas generaciones y los altos índices de contaminación que genera la construcción convencional, es que urge explorar, desarrollar y masificar esta manera de construir en altura.



Se ha visto que el mercado de los edificios de vivienda se ha mantenido al alza durante los últimos años, siendo la parte más importante de este los jóvenes entre los 25 y 34 años. Esto debido principalmente a que no pueden acceder a los precios de ser dueños de su propia casa por bajos sueldos y deudas estudiantiles, pero también por sus preferencias de estilo de vida, valorando las zonas urbanas con mejores conexiones, servicios y entretenimientos a cambio de una mayor densidad. De esta manera existe una demanda que para el año 2020 se estimaba que sería de más de 8.7 millones de potenciales arrendatarios de este tipo de vivienda (Trends, 2019). Esta tendencia nos da un claro indicio hacia donde debe apuntar el desarrollo de los próximos edificios y las características que deben albergar para alcanzar las expectativas de sus potenciales usuarios.



Framework. Lever Architecture.

Varios referentes a nivel mundial de este tipo de edificios han demostrado las diversas ventajas que presentan en comparación a la construcción convencional como su estructura ligera, mejor desempeño dúctil en sismos y flexibilidad como en aspectos de confort, rapidez de construcción y compromiso con el medio ambiente. Ejemplos de esto son Brock Commons en Canadá, Mjostarnet en Noruega.

Sin embargo, para que estos edificios en madera logren insertarse a un nivel más competitivo y desplazar la gran mayoría de viviendas multifamiliares convencionales necesitamos adaptarnos a las condiciones naturales de nuestro territorio, no solo climáticas, sino que también sísmicas.

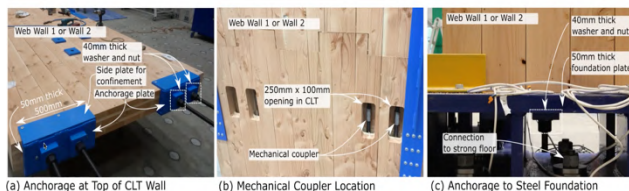
Si bien la madera ya tiene buenas propiedades físicas para resistir a los sismos existe poco desarrollo con respecto a técnicas y tecnologías que la potencien aún más.

Durante la semana del 9 al 12 de Agosto de 2021, teniendo como sede la ciudad de Santiago en Chile, se celebró una nueva edición de la "World Conference on Timber Engineering", conocida

convención de las últimas tecnologías, estudios, experimentos y productos en madera que convoca a expertos de alrededor de todo el mundo para compartir y enriquecer los nuevos conocimientos en la materia. Para ello durante esta semana se convocaron a través de la plataforma online, en distintas mesas a expertos que tengan cierto grado de intereses en común para presentar sus conocimientos y generando preguntas a sus pares complementando con comentarios y generando discusión. Además de estas mesas de discusión, la plataforma logró reunir más de 420 papers divididos en temáticas como medio ambiente, educación, políticas, sustentabilidad, etc. Se eligieron 3 ensayos de los cuales 2 de ellos están relacionados con sistemas de tensado en madera y el último al tema de medianas luces en madera.

"Bi-Directional Seismic Testing Of Post-Tensioned Rocking CLT Walls And Core-Walls"

busca establecer cuales son los principios básicos de construcción de un muro post-tensado y su comportamiento ante fuerzas horizontales por lo que se ponen a prueba en un "actuador" para simular un eventual sismo.

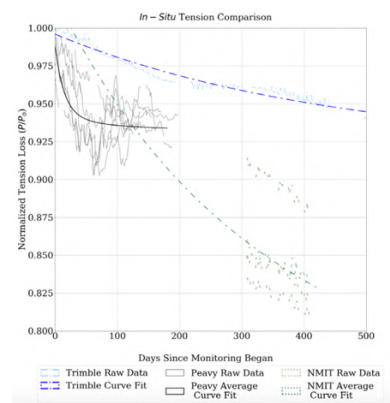


El experimento deriva a la construcción y testeo de un muro perfil "C" donde la cara principal consta de 2.8 x 8.6 metros y las dos secundarias de 1.45 x 8.6 metros, ambos con un espesor de 17.5 centímetros. De esta manera se demuestra que esta configuración de muro a pesar de tener 3.5 mayor superficie que la unidad básica, es 8 a 9 veces más rígido. Por último se itera según el clavado de estos muros viendo las diferencia de rigidez que significa ubicar los tornillos cada 100 mm. versus 400 mm. donde vemos que la primera opción da el doble de rigidez pero con casi 4 veces mayor cantidad de material.

El segundo paper a estudiar se llama **"Post-Tensioned Timber Wall Buildings: Design & Construction Practice In New Zealand & United States"** el cual fue llevado a cabo por: *Esther J. Baas, Gabriele Granello, André R. Barbosa y Mariapaola Riggio*. En el se hace un análisis de 3 de los pocos edificios de madera que se encuentran en el mundo que utilizan un sistema de post-tensado en su estructura: el NMIT of Arts

and Media Building en Nelson y la oficina de Trimble en Christchurch, ambos en Nueva Zelanda. El tercer edificio es el George W. Peavy Forest Science Complex ubicado en Oregón, Estados Unidos.

El estudio parte haciendo un recuento de este sistema siendo aplicado a estructuras de madera y mostrando las ventajas de utilizar este sistema: alta resistencia a cargas laterales debido a su rigidez, el hecho de que minimiza los daños en caso de un evento sísmico en comparación a otros métodos constructivos como acero y hormigón armado y el hecho de que este sistema es responsable de reposicionar los elementos estructurales en su punto original luego de un eventual sismo sin necesidad de trabajo externo posterior.



Luego se abre el debate de que no hay estudios de el comportamiento de las tensiones internas de estos elementos y construcciones, por lo que se establece el fin de la investigación la cual tiene por objetivo dotar de información a los diseñadores e ingenieros con respecto a la energía, comportamiento, instalación y resistencia al fuego, entre otros.

Se enumeran las siguientes recomendaciones para la mejora de rendimiento a largo plazo de este tipo de edificación:

- Los anclajes deben ser diseñados para minimizar los niveles de estrés asociados a las fuerzas del post tensado.
- Los sistemas de resistencia lateral deben ser instalados separados a los sistemas de gravedad.

-Los muros deben ser tensados en dos ocasiones: en su instalación y antes de perder acceso a lugar de tensado.

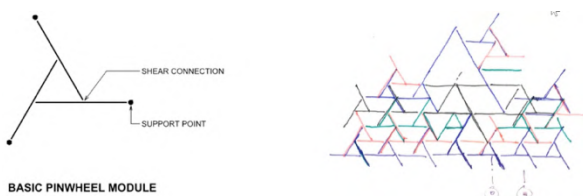
-El diseño de las fuerzas tensionadas deben considerar los tres periodos o plazos de perdida de tensión, siendo considerado como regla general un 25% más de lo establecido por diseño.

El último documento a estudiar es: **"The Pinwheel Joint: A Novel Wood System And Its Application"** de los arquitectos *Yao, Meredith Anderson* en donde plantean un sistema constructivo en base a vigas simples de madera dispuestas de forma triangular generando un patrón expandible en dos direcciones de manera continua y generando grandes luces. De esta manera se proyecta el edificio Clayton Community Centre en Surrey, Canadá.



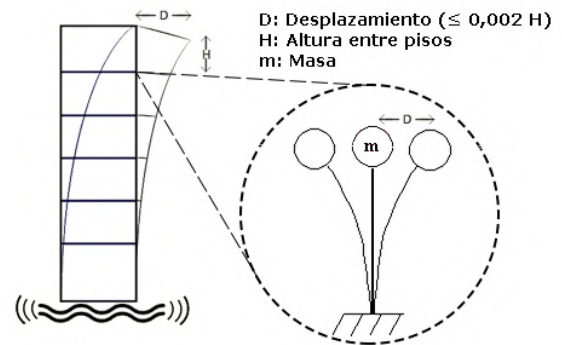
Dentro de los desafíos de este sistema constructivo esta el de generar marcos recíprocos capaz de extenderse y crecer en dos direcciones, también debe ser capaz de ser flexible al momento de ubicar las columnas. La optimización de los cortes de las vigas, los detalles de uniones, la capacidad de construcción y repetición de los elementos también fueron temas esenciales a abordar y considerar al momento de diseñar este proyecto.

Otra de las principales dificultades para la construcción de este tipo es la gran deformación que presenta la estructura a los movimientos horizontales, esto se regula según la normativa de la ley NCh 433, específicamente cuando se refiere al 2 por mil, lo cual establece que no puede haber una deformación horizontal mayor a 2 milímetros por cada 1.000 milímetros de altura.



Se ha comprobado que las estructuras en madera pueden resistir perfectamente deformaciones de 4 por mil sin causar daño estructural pero se argumenta que si habrían daños a elementos no estructurales por ejemplo el agrietamiento de placas de yeso cartón las cuales cumplen un rol ignífugo en estas edificaciones, por lo que se requiere desarrollar sistemas que aumenten la

rigidez de manera eficientes sin aumentar la masa de los edificios (Guindos, 2020).



FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

IMPORTANCIA, MOTIVACIONES Y OPORTUNIDAD:

El estudio de este sistema constructivo es de gran interés por su capacidad de mejorar las condiciones de la construcción de los edificios de madera en altura e incentivar su uso en la construcción de viviendas multifamiliares, al haber una creciente tendencia en el comportamiento de las nuevas generaciones durante los últimos años hacia estas edificaciones.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

Se plantea que el sistema estructural esté basado en cables pre y post tensado al interior de los pilares y vigas de madera que conforma el edificio, este sistema hasta ahora tiene poca trayectoria en edificaciones de altura y con programas comunes siendo aquellos existentes hasta el momento solamente de usos muy específicos o en fases experimentales. Se cree que falta aún identificar una base de diseño para el sistema en base a pre y post-tensado de esta manera poder impulsar el desarrollo de la construcción en madera en altura para una mayor competitividad con la construcción tradicional, específicamente en programas de comercio y vivienda.

PREGUNTA GENERAL:

¿Cuáles son, desde la arquitectura, las reglas espaciales, estructurales y las condiciones de proyecto que considera en su diseño un sistema de pre y post tensado al interior de vigas y pilares de un edificio en altura de madera con programa mixto de vivienda y comercio?

PREGUNTAS ESPECÍFICAS:

¿Cuáles son los programas y distribución interior de los recintos más adecuados que este sistema permite?

¿De qué manera se debe estructurar y distribuir un edificio en base a elementos de madera pre y post tensada para generar espacios habitables?

¿Cómo son las secciones de los elementos estructurales, sus espesores mínimos, las distancias entre apoyos que permiten el uso de material y espacio más óptimo?

¿Cuáles son sus ventajas y desventajas en cada caso?

También los beneficios de las edificaciones de madera siendo algunos de ellos el confort, la rapidez en su construcción y el compromiso que significa con el medio ambiente además de ventajas específicas con su sistema constructivo como su gran ligereza, sus conexiones más dúctiles y la flexibilidad a nivel de composición del material lo cual evita las fracturas en casos de sismos. También se debe considerar una utilización eficiente de los materiales, en especial de la madera, por ello se busca establecer un uso optimizado de estos recursos buscando un equilibrio entre resistencia estructural y cantidad de material que el sistema pre y post tensado permite.

Por otro lado se presenta una oportunidad de generar una distribución de elementos estructurales que permite un mejor aprovechamiento de los espacios permitiendo que la distribución interna del edificio sea de ámbito flexible según las distintas necesidades y usos que se le pueden dar. Al mismo tiempo se establece el estudio de las distintas secciones de los elementos estructurales, permitiendo un uso optimizado de los materiales al contemplar el trabajo en conjunto con el sistema de pre y post tensado.

HIPÓTESIS:

A través de estructuras de madera con sistema pre y post tensadas al interior de sus pilares y vigas es posible generar proyectos que salven mayores luces liberando la distribución en planta permitiendo un uso más flexible de los espacios. Al mismo tiempo permite mantener los requerimientos estructurales optimizando el uso de material con secciones menores y mejorando las condiciones de habitabilidad y convivencia al permitir múltiples programas como edificio de uso mixto.

OBJETIVO GENERAL:

Mediante esta investigación se busca establecer reglas de construcción y distribución de un edificio de madera en altura de uso mixto utilizando un sistema de pre y post-tensados en sus vigas y pilares, generando reglas básicas de diseño tanto de los distintos elementos que componen la edificación, como su configuración de espacios que estos generan, afectando de esta manera la distribución interna del edificio y departamentos teniendo siempre presente la optimización de material y de sus espacios que busca una mayor competitividad con los edificios tradicionales de hormigón.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Estudiar la técnica de pre y post tensados en madera y diversos proyectos que la utilizan en su estructura de esta manera entender de que manera se pueden configurar la estructura y sus espacios interiores.
2. Conocer y determinar resistencias, secciones y formas de los elementos que componen el edificio además de establecer la cantidad optima de los materiales.
3. Establecer programas y distribución que pueden albergar este sistema y de que manera la integran.
4. Generar reglas básicas de diseño y construcción estableciendo las espacialidades para cada programa.

METODOLOGÍA:

1. Revisión de los siguientes documentos de investigación y similares:
 - Post-tensioned Multi-storey Timber Buildings. Andrew H. Buchanan
 - Determining the Flexural Capacity of Long-Span Post-Tensioned LVL Timber Beams. Wouter van Beerschoten
 - Pres-Lam Buildings: State-of-the-Art. Gabriele Granello
2. Iteración de modelos mediante software de última generación, estudiando las partes componentes de las estructuras propuestas a través de C+T, y el funcionamiento del conjunto estructural, con SAP2000, además de considerar normativa de fuego y sísmicas.
3. Conocimiento de los antecedentes, revisando charlas y presentaciones con autoridades de la zona y posibles clientes del proyecto.
4. Comprobación de los módulos estructurales y sus espacialidades adecuadas, para generar un programa heterogéneo, que junto a viviendas multifamiliares proponga espacios de comercio a nivel de planta baja, así como co-working e invernadero en su cubierta.

1. MADERA ESTRUCTURAL TENSIONADA

1.1 ESTRUCTURAS EN MADERA:

Para potenciar la construcción en altura de edificaciones en madera es necesario desarrollar técnicas y tecnologías que faciliten y mejoren las condiciones con respecto a las edificaciones tradicionales. Hasta ahora encontramos sistemas de sujeción entre los mismos elementos de madera como los holdowns que evitan el trabajo de corte en los muros o los sistemas ATS que mejoran las propiedades sísmicas del edificio, como también el de los anclajes con otros elementos como el acero y hormigón, siendo estos fundamental para el trabajo en conjunto del edificio, así como también distintos materiales, procesos e impregnaciones contra incendios (Guindos, 2020).

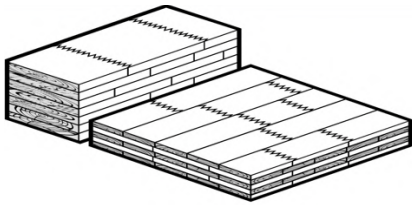


Los procesos de prefabricación e instalación son los que permiten un avance rápido y eficiente de este tipo de construcción en comparación a la convencional, sin embargo requiere de un meticuloso diseño, estudio y organización previos siendo la parte más lenta y problemática las terminaciones, tal como comenta Karla Fraser, ingeniera civil que fue parte del equipo de la construcción de la residencia Brock Commons: *"La estructura principal y la envolvente de CLT es la parte más fácil y rápida en comparación a la construcción clásica en H.A. la parte más difícil es administrar las terminaciones interiores, es por eso que se deben aprender las estrategias para la ejecución de todo tipo de instalaciones de forma rápida y continua"*. Como vemos se requieren de sistemas estructurales en madera que involucren íntegramente gran cantidad de terminaciones y sistemas de servicios tales como redes de aguas, desagües, ductos de ventilación y sistemas eléctricos.

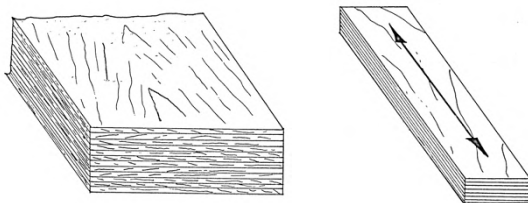
Un buen ejemplo de esto es el Hotel BMW de Kaufmann Bausystem, en donde la estructura es a base de módulos de madera en el que se incluye todo tipo de servicios y terminaciones siendo muy poca la intervención posterior necesaria para su habitabilidad.

1.2 MADERA DE ALTA RESISTENCIA:

La construcción de edificios en madera de esta altura ha sido posible gracias a las diversas técnicas de ensambles y aglomerados desarrolladas por la industria durante los últimos 50 años. El uso de madera maciza o mass timber es una de las más utilizadas debido a sus propiedades de alto rendimiento estructural, sísmico e ignífugo. Dentro de esta categoría encontramos la construcción de vigas, paneles y losas con sistemas constructivos como CLT, GLULAM y LVL.



Cross Laminated Timber o CLT consiste en la construcción de elementos a través del posicionamiento en distintos sentidos de las fibras de la madera obteniendo mejores resistencias a corte, torque y torsión. Por otro lado, se encuentra la utilización de la técnica de Madera Laminada Encolada (MLE) o Glulam que consiste en la disposición de varias capas de maderas en el mismo sentido unidas por fingerjoints o cola de pez, obteniendo elementos esbeltos que funcionan muy bien a compresión siendo ideal para vigas y pilares (Madera, 2021).

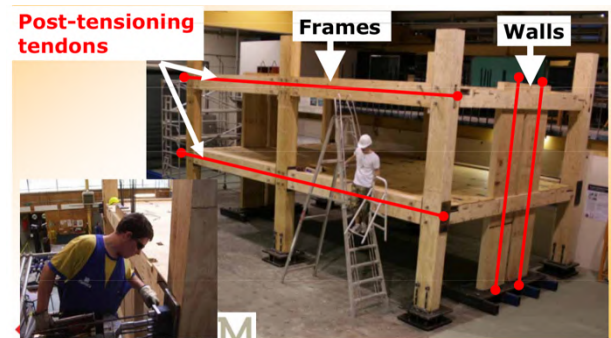


Laminated Veneer Lumber o más conocido como LVL, consiste en colocar múltiples capas de chapa de madera en distintos sentidos para luego ser encolados y prensados. De esta manera se consiguen de manera similar a los tableros de madera laminada, vigas y pilares de la más alta resistencia en madera ante esfuerzos, cercana a niveles de 40% mayores a los anteriores. Con esto se pueden conseguir soportar mayores cargas con la misma sección que la madera aserrada común y conseguir vigas de largos inimaginables debido a su junta a través de fingerjoints. Tiene alta durabilidad a un costo muy acorde a su eficiencia,

además de soportar altas cargas también tiene índices ignífugos similares a la madera maciza por su quemado lento. Requiere de un manejo cuidadoso y almacenamiento responsable ya que no deben dañarse los bordes como tampoco estar expuestos a las condiciones climáticas a largo plazo por lo que se debe considerar aplicar tratamientos de preservación o capas de protección (Ideas, 2019).

1.3 MADERA PRE Y POST TENSADA:

En el área de la construcción de edificios tradicionales construidos en hormigón armado es recurrente escuchar la utilización de sistemas post tensados. Esta técnica se utiliza generalmente cuando se requiere salvar grandes luces mediante las losas, que estas tengan menores espesores o si se desea hacer voladizos. De esta manera se hace un entramado de vainas en sentido X e Y que van al interior de la losa por donde pasan unos cables de acero. Estos en un lado son fijados al Hormigón y en el otro extremo se tensan mediante una gata mecánica. Esta tensión que se genera permite un mejor desempeño en la losa para evitar la deformación por flecha.



Test Building UC, Andrew Buchanan.

De la misma manera estos principios pueden ser utilizados en vigas y muros de edificaciones en madera, siendo insertados los cables al interior de la madera en vainas y fijados mediante anclajes metálicos. Este proceso de tensionado puede hacerse posterior al anclaje de los elementos (Post tensionado) o en una etapa anterior a la instalación de estos elementos en la obra (Pre tensionado) teniendo estas piezas resistencias ya determinadas para su uso.

Según los estudios del equipo del departamento de ingeniería estructural del politécnico de Milán "Code provisions for seismic design of multi-storey post-tensioned timber buildings" se concluye que se obtienen ventajas al utilizar este método resistiendo ante fuerzas horizontales con altos

niveles de rigidez sin daños y teniendo hasta cierto grado de disipación.

El ingeniero Andrew Buchanan es profesor de la Universidad de Canterbury en Nueva Zelanda, reconocido por su gran y variada investigación en el desarrollo de técnicas constructivas para edificios en madera, específicamente en la utilización de grandes vanos post-tensados de una o varias plantas, conexiones en estructuras de madera, métodos de diseño estructural contra incendios e ingeniería sísmica. En su trabajo "Post-tensioned Multi-storey Timber Buildings" podemos ver como el profesor hace un recuento de los costos y tiempos de construcción, los daños estructurales por sismos y sus diversos elementos y uniones disipadoras, principios de diseño ignifugo, características de disipación acústica y de vibraciones, estudios de durabilidad y sustentabilidad de diversos edificios en madera, pero principalmente abarca la reconstrucción de Christchurch luego del sismo que le afectó en 2011.



Young Hunter House. Sheppard and Rout.

Siguiendo estos mismos conceptos los ingenieros Van Beerschoten, Granello, Palermo y Carradine de la Universidad de Canterbury experimentaron la capacidad de resistencia de tres vigas que salvan una luz de 9.15 metros incorporando sistema de post tensado, generando resultados de hasta 50% mayor resistencia en comparación a una viga de LVL sin intervenir.



Determining Flexural Capacity of a P-T Beam. G. Granello.

En la siguiente imagen se de elaboración propia, y en base a los datos anteriores, se puede comprender de mejor manera la comparación de

la resistencia y sección de 3 vigas de madera, siendo la primera hecha en base a CLT con medidas 18 x 52 cm, la segunda de madera laminada con dimensiones 30 x 45 cm y la tercera también de madera laminada y medidas 30 x 45 cm pero incorpora un sistema pre-tensado en su interior.

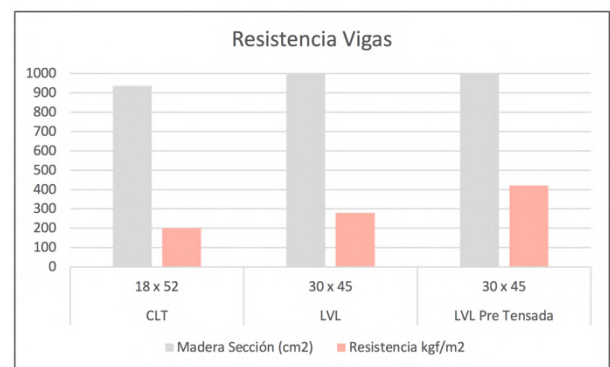
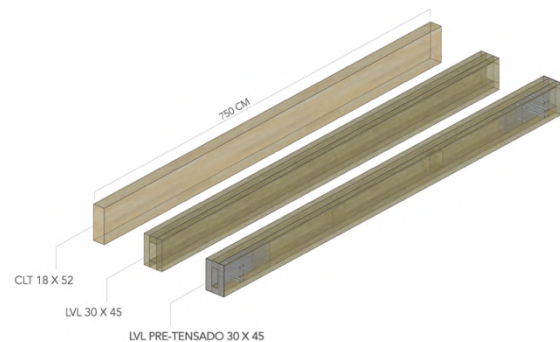
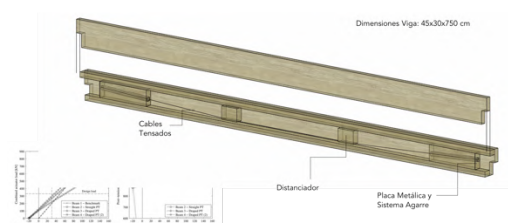


Gráfico Resistencia v/s Sección. Elaboración propia.

Podemos ver, con este estudio, que a pesar de que se utiliza relativamente la misma cantidad de madera para crear estas vigas la de madera laminada resiste un 45% más que la de CLT y la que utiliza el sistema pre tensado es a su vez un 41% más resistente que la de madera laminada simple. Esto significa que esta última opción es más de un 200% que la primera en base a CLT.

De esta manera encontramos referentes directos y confiables en el cual basarnos para la implementación de las técnicas de pre y post tensado en madera de tipo LVL y su utilización en elementos para conformar los edificios experimentales a plantear en esta investigación permitiendo salvar mayores luces con menores secciones.



Esquema viga pre tensada. Elaboración Propia.

2 DISTRITO RÍO BIO BÍO

2.1 ESCALA GEOGRÁFICA:

Para entender la relación de la intercomuna de San Rosendo y Laja con su contexto a escala macro del territorio se debe comprender en primer lugar su origen histórico, si bien ambos comparten las orillas del río Biobío, la ciudad de Laja se encuentra dentro de la denominada antiguamente por los españoles como Isla de Laja debido a su forma triangular y a encontrarse rodeada casi en su totalidad por aguas del río de este mismo nombre por el norte, el Biobío por el sur y la cordillera de los Andes por el Oriente, siendo en casi su totalidad área fértil y de leves pendientes. Este sector tuvo la función de biombo territorial entre los españoles (posteriormente criollos) y los indígenas que se encontraban en el sector cordillerano y sur, siendo la frontera de estos el río Biobío durante muchos decenios (Orellana, 1992).

Es así como comienzan a poblarse estos sectores, siendo en un principio fuertes militares o puntos estratégicos de control y visión del territorio, para luego, gracias a la revolución industrial, ser un centro neurálgico de la conectividad del país que se da tras la llegada del ferrocarril siendo el punto de intercambio entre los trenes de la zona centro y la zona sur del país. En última instancia, ambas se transforman en ciudades propiamente tal debido a la explosión demográfica que hubo en 1954 por el giro económico que implicó la apertura de la fábrica de celulosa de la empresa CMPC (INE, 2019).

Al igual que la isla de la Laja, la comuna de San Rosendo, en casi su totalidad abarca parte de la conocida depresión intermedia que recorre de norte a sur nuestro país, así es como ambas tienen en común que a medida que se acercan a su límite poniente (con el río Biobío) su geografía comienza a corrugarse con cambios de pendientes más abruptos y mayores alturas, siendo así que pasado las aguas del río hacia el Océano Pacífico comienza de manera evidente la cordillera de la costa.

2.2 MAQUETA CONCEPTUAL:

Tomando en cuenta este fenómeno topográfico, que afecta directamente la intercomuna de Laja - San Rosendo, se hace el ejercicio de establecer una grilla de 250 x 250 metros por sobre el territorio a una escala de 1 : 12.500 dividiéndolo así en 2.500 píxeles, luego se clasifica cada píxel

según el tipo de pendiente que posee creándose 3 categorías: De color celeste aquellas que tienen cambios de pendiente menores al 12% (6.8 grados), de color amarillo aquellos cambios de entre el 12% y 25% y por último en color rojo aquellos píxeles que involucran cambios de pendiente mayor al 25% (14 grados). Siguiendo este método se construye una maqueta de blancos sobre blancos, recortando estos píxeles por 3 de sus 4 bordes, levantándolos según su categoría hacia el lado que la pendiente va subiendo.

De esta manera podemos observar de forma más clara este cambio topográfico que se da entre la depresión intermedia y la cordillera de la costa, ubicándose estas ciudades justo en el límite que tiende más a las planicies.



Maqueta Conceptual Laja- San Rosendo.

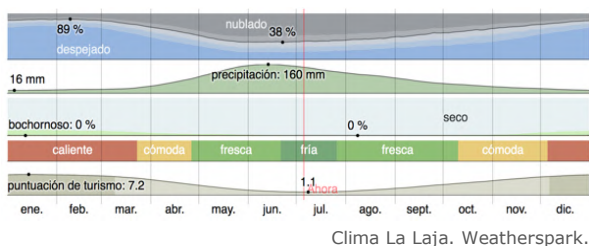
Así como el tema de las pendientes fue abarcado en la maqueta, también se trabajó con los riachuelos, ríos, lagunas y embalses del área siendo estos recortados en su totalidad y las vías de accesos son grabadas sobre el cartón blanco y las zonas urbanas son identificadas mediante un patrón grabado. Al ver el territorio de esta manera, el recorrido de las aguas en contraste con las distintas pendientes y sus direcciones, se puede observar que el escurrimiento sigue, por lo general, las variantes más bajas, como una especie de sistema nervioso, tomando forma desde sus afluentes menores adaptándose cada vez hasta llegar a los mayores. Con respecto a la conectividad vemos que las líneas férreas siempre buscan las pendientes más planas como también las más bajas. No así los accesos terrestres los cuales si bien intentan buscar las rutas más directas en las partes más planas por lo general

van subiendo por las cornisas de las pendientes leves y en caso de pendientes abruptas van rodeándola o zigzagueándola.

Haciendo un cruce entre los cambios de pendiente y el plano regulador de estas comunas se puede hacer un análisis de sus usos de suelo en donde se hace una clasificación que involucra las áreas construibles y no construibles, y a su vez dentro de ésta última, las zonas inundables, áreas verdes y las deportivas.

2.3 DEFINICIÓN DEL CLIMA:

El clima la región del Bio Bío se caracteriza por marcar el cambio entre la zona centro del país con su clima templados secos y la zona sur templado lluvioso. Como ya sabemos la intercomuna de Laja y San Rosendo se ubica justo en el choque de la cordillera de la costa y el valle longitudinal, es por ello que nos interesa hacernos una idea promedio entre los climas que se encuentran entre el océano pacifico y la cordillera de la costa en donde podemos encontrar precipitaciones entre 1.200 y 2.000 mm anuales y el del valle central en donde las precipitaciones bajan a un promedio de 1.330 mm anuales con los cuatro meses de verano más secos (BCN, 2021).



2.4 VEGETACIÓN Y FAUNA:

En la parte norte de la región encontramos arboles como espinos, boldos, quillay y peumos. Hacia el sur encontramos bosque templado higromórfico predominantemente en la zona de la cordillera de la costa y pre cordillera. Aquí crecen, en conjunto con plantaciones de pino y eucaliptus, especies nativas como el ciprés, roble, mañío y otras que pertenecen al sotobosque. En la parte alta de la cordillera encontramos bosques de araucarias en conjunto con coigüe, lenga y ñirre. En cuanto a la fauna encontramos aves y especies típicas nacionales como el pudú, el chucao, el carpintero negro, pitío el zorro de Darwin y el puma(BCN, 2021).

2.5 ACTIVIDAD SÍSMICA:

Con respecto a la actividad sísmica Chile este se encuentra dentro del cinturón de fuego del océano pacifico que consiste en una serie de zonas de encuentro de placas tectónicas y actividad volcánica que están en constante actividad y fricción. Esto hace que Chile sea uno de los 5 países con mayor actividad sísmica a nivel mundial. A su vez, la región del Bio Bío, es una de las que ha registrado mayores intensidades en la historia del país con el terremoto de 2010 con epicentro en Concepción. Este terremoto alcanzó una cifra de 8.8 en la escala de magnitud de momento, lo cual dejó gran cantidad de daños en un radio de 200 kilómetros a la redonda y se sintió a más de 500. Esto nos da indicios de que la zona en que se va a trabajar se ve constantemente afectada por sismos de mediana magnitud y de vez en cuando por sismos de alto grado. Es por ello que debe ponerse extremo grado de preocupación al momento de proyectar y construir en esta zona.

2.6 DISTRITO SUSTENTABLE:

Debido a la trayectoria histórica, ubicación geográfica y al atractivo de sus paisajes la intercomuna de Laja - San Rosendo nos da la oportunidad de marcar un hito a nivel país, esta vez en el ámbito del diseño urbano, potenciando el desarrollo de la manera de vivir de las ciudades del futuro. Es así como se busca generar un distrito urbano en donde se le de énfasis a la conciencia medioambiental que requiere el futuro de nuestro planeta.

Para esto la construcción responsable es esencial, por lo que los edificios de este distrito sustentable serán edificaciones en base a la madera en conjunto con mejorar la conectividad de sus usuarios potenciando a los peatones y ciclistas, implementar sistemas de energías renovables y valorizar los paisajes del sector mediante áreas verdes y recorridos públicos, mejorando la vida de los usuarios. Todo esto busca una integración a los barrios ya existentes, desarrollando y potenciando sus actividades comerciales, servicios, espacio público y manera de vivir de sus habitantes otorgándoles mayor oportunidad, calidad y orgullo.

Como referente a este tipo de proyectos se toma el conocido caso de Quayside por Boardwalks Labs, una iniciativa del grupo Alphabet de generar en Toronto, a orillas del lago Ontario, un distrito de ámbito sustentable que incorpore iniciativas,

sistemas y tecnologías de punta que la destaquen como el centro del trabajo y habitar del futuro del mundo.



Toronto Quayside. Sidewalk Labs.

Similar a este megaproyecto que se encuentra en espera, se propone que como primer paso para el distrito de Laja que se aproveche el sector del borde del río Bio Bío, específicamente en la parte norte de la comuna de La Laja, en donde se encuentra un sitio eriazo de alrededor de 8 hectáreas con cerca de 500 metros de borde del río.

Frente a este sector continental se le suma la isla que se forma por el paso de las aguas de los ríos con un área de zonas verdes de hasta 16 hectáreas cuando los ríos están en sus niveles más bajos y cerca de 8 hectáreas en sus niveles relativamente altos o normales, siendo ya situaciones extremas en las que las aguas logran sobrepasar por sobre las cotas máximas de la isla haciendo imposible su tránsito. Luego de la visita a terreno podemos darnos cuenta de una condición peculiar que tiene esta isla ya que en sus niveles normales o bajos, el agua fluye desde el río Laja hacia la confluencia, sin embargo cuando el nivel de agua de los ríos sobrepasa cierto nivel, el flujo del río cambia de dirección desde el Bio-Bío hacia la confluencia. Este lugar, a pesar del gran atractivo y potencial que tiene para desarrollarse ha tenido baja valoración hasta ahora. Esto se debe en primer lugar a la barrera que representa la línea férrea, limitando su conectividad con las calles principales dándole la espalda a sus actividades.



La segunda razón se debe a la normativa de uso que establece el plan regulador de la Municipalidad de Laja, restringiendo su uso a zona de equipamientos y esparcimiento condicionados, lo cual incentiva su progreso. Todo esto deja a este sector de gran valor en cuanto a espacio de áreas verdes públicas y potencial de actividades para la comunidad de Laja en una situación con características de sitio eriazo en estado de abandono.

Por último está el desafío que representa el uso de parte de este suelo por tomas en donde se arman campamentos y viviendas irregulares por parte de algunos habitantes. Siendo un tema delicado para la comuna, ya que significa no solo un peligro en temas de actividades ilegales sino que también existe un espíritu de tierra propia ilegítima la cual ha sido supuestamente heredada por familiares a los actuales dueños. El proyecto a desarrollar busca de cierta manera respetar esta conexión* a la tierra a estas personas que se encuentran en esta situación otorgando además de una residencia digna y regularizada, acceso a patios privados de medidas determinadas para su uso y usufructo.

Como se dijo anteriormente, actualmente este sector está destinado a usos de equipamiento y esparcimiento de ámbito condicionado prohibiendo el uso residencial y lo comercial se limita a restaurantes fuentes de soda y bares dándole incentivos a quienes mejoren el espacio público pero con un coeficiente máximo de constructibilidad de 0,5. Se propone que en base al mejoramiento de los espacios públicos y a las ventajas que traería el desarrollo de este distrito se propone cambiar el uso a Residencial Mixto en donde el coeficiente máximo de ocupación es de 0,6 con constructibilidad de hasta 2,5 (Laja, 2021) aumentando su densidad entre vivienda y servicios comerciales transformando este sitio eriazo a un barrio con espíritu verde, movimiento e identidad.

La construcción del distrito verde en este sector busca activar la movilidad por medio de recorridos, pasarelas y miradores para peatones como ciclistas, integrando la actual ciudad de Laja y la comunidad de San Rosendo con diversas áreas verdes y espacios comunes de manera orgánica dándole protagonismo a la línea férrea y confluencia de los ríos Laja y Biobío, activando la economía mediante conjuntos habitacionales, nuevos centros comerciales y atractivo turístico.



En cuanto a la línea férrea se plantea que sea integrada al distrito y a la ciudad cambiando su actual estado de barrera a elemento articulador y de conectividad el cual se logrará mediante una estación de trenes la cual dialogará tanto con el contexto geográfico y los accesos a los lugares tanto públicos como a las que incorporan programa residencial y de trabajo.



A nivel de parque se plantea un recorrido peatonal y de ciclovía a modo de medula espinal que va conectando el distrito con los diversos sectores y usos como la estación de trenes con el área residencial ó de oficinas. Contemplando siempre entre ellas plazas y áreas verdes como la zona de picnic y a modo conservacionista la isla. Esto se logra de una manera orgánica ubicándose en su zona central el área de la estación de trenes con su feria y locales en conjunto con la deportiva que contempla multicanchas, pistas de skate, patinaje y pumptracks para bicicletas. Desde este sector hacia el río Bio-Bío se encuentran las áreas recreacionales y de oficina que acoge juegos para niños, zonas de descanso con bancas y plazas aterrazadas con áreas verdes. En la zona norte

encontramos áreas verdes en donde, por medio de recorridos sinuosos y techados, se generan lugares de esparcimiento con zonas de picnic, descanso y diversos miradores a la confluencia de los ríos Laja y Bio-Bío.

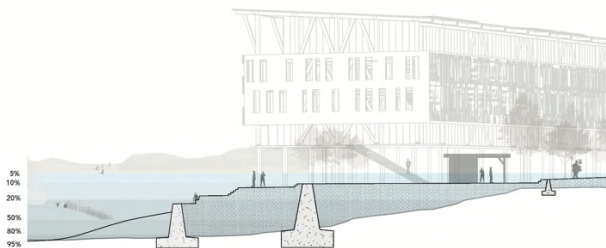
Por último hacia el sur se encuentra el sector residencial con edificios de uso mixto entre vivienda y locales de comercio de ámbito comunitario que contempla sus propias áreas verdes y de tránsito.

El distrito es unificado en gran parte por diversos patrones de pavimentos duros, bajando hacia el borde del río a través de un constante escalonado el cual genera, no solo paseos peatonales y miradores, sino que cuenta con muros de contención a los distintos niveles que pueden llegar las aguas del río, de esta manera ser capaz de ir adaptándose a las condiciones climáticas del sector de manera flexible considerando en su diseño las fluctuaciones de este durante los últimos 100 años, siendo el caso más extremo la inundación de 2006 en el cual además de las condiciones de lluvias dramáticas se sumó a la apertura de las compuertas del embalse que se encuentra río arriba.

De esta forma estos pavimentos poseen sistemas de absorción de agua en caso de lluvias y capacidad de redirigir mediante el uso de las pendientes y canales el exceso de estas en caso de diluvios o inundaciones. Este ámbito más duro del distrito pretende generar un contraste con las áreas naturales en las islas que se forman frente al borde del río las cuales se pretenden trabajar desde un punto de vista más conservacionista.

En conjunto con esto se plantea un sistema de basura inteligente que busca separar los tipos de desechos en distintas capsulas las cuales serán enviados mediante ductos a una central de acople evitando el traslado innecesario por la superficie y concentrar el ingreso de camiones basura a puntos específicos y especializados.

Para el aprovechamiento de la radiación solar a los estacionamientos de autos y para un mayor confort para sus dueños se instalaran paneles solares fotovoltaicos como techumbres, cuya energía será aprovechada para las diversas necesidades que las áreas comunes del distrito requieran para funcionar eléctricamente y la energía sobrante será devuelta al sistema de la compañía eléctrica.



Es así como este distrito además de ser un punto icónico de desarrollo de construcciones en madera, en donde se desarrollen diversas y nuevas técnicas para edificaciones sustentables como es el caso de la utilización de post tensado en la madera (Ideas, 2019), busca generar un condensador social que cumpla parte fundamental del día a día de los habitantes de la intercomuna con áreas deportivas y de esparcimiento, siendo un lugar atractivo para los turistas y un espacio de paso para aquellos personajes atraídos por los paisajes del borde del Río Bio Bío.

3 PROGRAMA DE VIVIENDA

3.1 VIVIENDA SOCIAL

Luego de la primera visita al terreno de proyecto uno de los puntos importantes a tratar en este trabajo y que no había sido considerado anteriormente era el hecho de la existencia de tomas ilegales en el lugar y el arraigo que estas personas presentan con el lugar y su cercana relación con la tierra. Si bien son considerada viviendas no regularizadas en el terreno se comprende la identidad y trayectoria histórica que pueden tener estos vecinos de Laja con el territorio.

Es por ello que se plantea realizar una relocalización de estas familias a los nuevos edificios de vivienda del distrito sustentable de la intercomuna Laja-San Rosendo dándoles finalmente una vivienda estandarizada y regularizada. Para ello, será un principio de diseño de estas edificaciones, el incorporar vivienda social de calidad y con acceso independiente de cada uno de estos antiguos habitantes al territorio por medio de un patio privado en el cual podrán trabajar la tierra o utilizarla según ellos estimen conveniente.

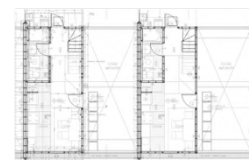
Para lograr este acceso a los patios de las viviendas sociales se aplicará una lógica que ha sido utilizada en por lo menos dos casos de viviendas sociales en Chile: Villa Monroy de ELEMENTAL y en el Barrio Sustentable de Chañaral de los arquitectos Andrés Sierra y Juan José

Ugarte y hecho en colaboración con CIM UC, CORMA y el ministerio de vivienda de Chile. En estos casos se les da acceso a la vivienda no solo a aquellos que se encuentran a nivel natural del terreno sino que aquellos que se encuentran en un segundo piso lo hacen a través de escaleras. En este caso este acceso no será desde la vivienda a un espacio común sino que a un área determinada de uso personal para cada propietario.

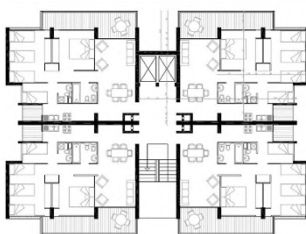
Mies Van der Rohe
Lake Shore Drive
10x7 m 70m2



ELEMENTAL
Villa Verde
2 pisos (6x7) 84m2



Larraín + Larraín + Balmaceda
Villa Frei
10x7 m 70m2



Vázquez Consuegra
Vallecas
10x7 m 70m2
12x7 m 84m2



Para establecer estos principios de diseño se comenzó por hacer un estudio de dimensionado de edificios de vivienda con un énfasis en viviendas sociales en el territorio nacional, de esta manera se busca establecer las proporciones y medidas más adecuado para estructurar los módulos básicos que compondrán el edificio.



Barrio Sustentable Chañaral. CIM UC.



Villa Monroy. ELEMENTAL.

Tomando de base referentes conocidos de la arquitectura moderna como Lake Shore Drive de Mies Van der Rohe y viviendas sociales en territorio chileno como Villa Frei y Villa Verde entre otros vemos que hay cierta tendencia a generar espacios habitables de entre 70 y 84 metros cuadrados teniendo en común varios casos una

crujía de 7 metros. Esta profundidad de planta se cree que permite un ingreso de luz natural adecuado para la habitabilidad desde las ventanas de un departamento hacia los recintos más alejados.

En base a esto se decide que los módulos básicos de la estructura del edificio será de medidas 10 metros de frente por 7 metros de profundidad. Esto no solo beneficia a los departamentos que serán de vivienda social sino para los departamentos destinados a jóvenes profesionales que quieran venir a vivir a la nueva capital sudamericana de la madera o nuevas familias que les interese desarrollarse en una pequeña y tranquila ciudad del sur de Chile con los beneficios que el distrito sustentable puede darles.

3.2 OPEN PLAN:

Proveniente de la idea del "open concept" el término "open plan" se define como el trabajo de algunos arquitectos, pero principalmente por Mies Van der Rohe. Proyectos como la casa Farnsworth, el pabellón de Alemania en Barcelona y los edificios de Lake Shore Drive son claros referentes de esta manera de hacer arquitectura. Algunos de los conceptos más importantes que la conforman es que las columnas definen la grilla espacial y la losa es quien la articula, el movimiento de los usuarios por la planta no está definido o guiado por un orden específico, sino que es libre, los muros son tratados como un objeto separador de espacios o definitivamente no existen y que las ventanas van de piso a cielo como muros transparentes (Hernández, 2021).

Para los edificios a proyectar a modo de laboratorio experimental en el distrito sustentable de Laja-San Rosendo en esta investigación se utilizará principalmente madera de tipo LVL debido a las propiedades y ventajas de este tipo de madera ya que es ideal para ser utilizados en proyectos que demandan altas resistencias, como es el caso de armar estructuras pre y post tensadas, ya que además de las cargas deben resistir los esfuerzos de compresión que los cables ejercen.

Así también serán tomados en cuenta varios de los conceptos del "open plan" para el desarrollo del proyecto, sin embargo, algunos de ellos, como es el caso de las ventanas no será aplicada del todo al proyecto por temas térmicos y de privacidad hacia los usuarios, dos de las mayores críticas que se le hacen a la casa Farnsworth por ejemplo. Pero ideas como pilares guías de la grilla y flexibilidad para distribuir y configurar los espacios al igual

que la combinación de varios departamentos para cambiar sus portes serán ideas centrales en su desarrollo. También es importante tener en cuenta que el "open plan" fue aplicado a departamentos de alto lujo en la ciudad de Chicago, en los cual el aprovechamiento del espacio no era una prioridad sino que aplicar los conceptos de habitabilidad que plantea un arquitecto.

Esto se vio afectado a través de los años ya que los dueños fueron adaptando la distribución de los departamentos, no solo en la distribución interna por medio de cerramientos sino que también dividiendo o incorporando departamentos pasando de 70 a 140 metros cuadrados o viceversa.



Lake Shore Dr. Mies van Der Rohe.

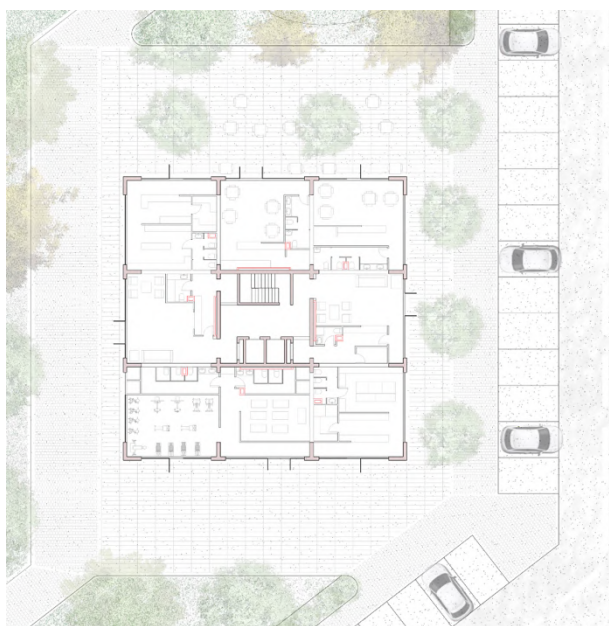
4 EDIFICIO VIVIENDA MEDIANAS LUCES

En primer lugar se establece la configuración de edificio de madera en conjunto con un núcleo de hormigón armado en donde se ubicarán los ascensores, la caja de escala, los shafts y espacios de mantención. De esta manera se asegura un mejor trabajo en conjunto de los elementos estructurales en cuanto a resistencia, rapidez de armado y en cuanto a resistencia de los esfuerzos horizontales que puedan llegar a haber debido a las condiciones del lugar, como sismos y fuertes vientos.

Luego se utilizan muros, pilares y losas de hormigón armado en el nivel calle contemplando también que sus fundaciones. Junto con el núcleo, estos elementos serán los responsables de configurar los espacios del primer nivel los cuales tendrán uso servicios y comercios teniendo la opción también de ser configurados como espacios habitables. Este podio además de función estructural cumple un rol de garantizar un ambiente protegido para la madera, evitando su

uso en este primer nivel en caso de inundaciones o cercanía a ambientes húmedos que significan variadas situaciones que podrían dañarla.

El proyecto tiene como objetivo ubicarse en el sector sur del distrito la cual se caracteriza por ser más angosto y con un desnivel más abrupto en comparación el resto del sector, este desnivel se da en las cercanías del río lo cual genera un beneficio, ya que le da una condición de seguridad con respecto a los cambios de nivel que el río tiene constantemente y que solo en eventos particulares cercano al 2% genera inundaciones. El proyecto plantea ajustar en cierto modo la topografía y trabajos de relleno para posicionarse por sobre este punto.



Planta Primer Proyecto. Elaboración Propia.

Con respecto a los pilares, estos serán de ámbito prefabricado teniendo un máximo de 10 metros de altura por temas de transporte. Debido a su alta resistencia se utilizará como material madera tipo LVL salvando varios niveles y serán tensados posteriormente a su instalación soportando las cargas estructurales y fuerzas sísmicas.

En conjunto con lo anterior van distintas configuraciones de vigas pre tensadas también prefabricadas y en LVL, salvando luces de entre 6 y 10 metros variando sus secciones y espesores buscando siempre la optimización de la utilización de madera. De esta manera se irán formando módulos a partir de pilares y vigas, los cuales serán coronados por losas de CLT de alta resistencia, albergando en su configuración métodos anti vibración, acústica e ignifugas

además de incorporar sistemas de calefacción y red húmeda.

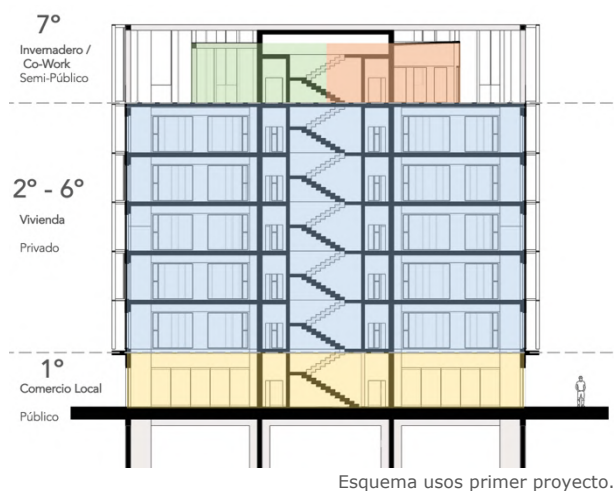
Se establece la utilización de madera tipo LVL ya que es la que tiene los más altos niveles de resistencia a cargas en conjunto con la implementación de cables pre y post tensados al interior de los distintos elementos que conformarán los edificios, de esta manera se logra generar grandes espacios abiertos al estilo planta libre permitiendo un uso más flexible de los espacios y mayor aprovechamiento de los materiales intentando llevar sus propiedades al límite como también mejores resistencias ante los diversos sismos que afectan constantemente la zona.

Primer proyecto:

Se formula y desarrolla un primer anteproyecto que considere los puntos anteriores mencionados. Este edificio de uso mixto contempla un podio de hormigón armado en su primer nivel, el cual estará dedicado a áreas verdes y al desarrollo de actividades comerciales y servicios a la comunidad tales como guardería, lavandería, café, verdulería, entre otros, siempre con ámbito flexible abriéndose hacia los espacios públicos. Cuenta con dos halls de accesos, uno destinado a los residentes del edificio y el otro a aquellos usuarios que quisieran hacer uso de la oficina de co-working que se encuentra en el nivel de la cubierta. También cuenta con estacionamiento de vehículos para los residentes además de bodegas e instalaciones de servicios.

Los niveles intermedios están destinados a residencia multifamiliar con características flexible de sus espacios debido a su ámbito de planta libre y podrán configurarse diferentes tipos de espacios siendo restringidos en su distribución solamente por los pilares de los módulos, estando la opción de integrar más de un módulo al departamento, fluctuando así su densidad entre baja y media.

El nivel superior o nivel azotea está destinado para la instalación de paneles solares, huertos e invernaderos locales, estanques de aguas lluvias e instalación de servicios requeridos por el edificio.



La planta que compone los departamentos están organizados en forma de retícula cuadrada de 3x3 siendo el cuadrado central el núcleo de hormigón armado y punto de circulación vertical, la grilla de estos módulos es cercana a los 7,8 metros generando una planta de 23,55 x 23,55 metros lo cual significan 555 metros cuadrados por piso de los cuales 60 m² pertenecen al área común del núcleo de hormigón armado.

En cada uno de los módulos de departamento y a través de la altura de todo el edificio recorren shafts permitiendo las conexiones de red húmeda y desagüe de todo el edificio. En caso de departamentos que utilizan solo un módulo (62 m²) estos se ubican en lugares estratégicos en planta abarcando baños y cocina de manera integrada evitando largos trayectos de tuberías. En el caso de departamentos que utilizan dos módulos (122 m²) estos tienen la opción de utilizar los shafts ubicados en un doble fondo entre el tabique y muro estructural del núcleo que recorre toda la altura del edificio.

El cerramiento del edificio es modular y de ámbito prefabricado en madera, alberga estrategias térmicas y de confort además de poder establecer distintas configuraciones dependiendo de las necesidades de cada departamento y orientación. Estos cerramientos tienen anclajes los cuales son fijados con facilidad a la losa y vigas de cada nivel y sellos para garantizar una continuidad vertical hermética.

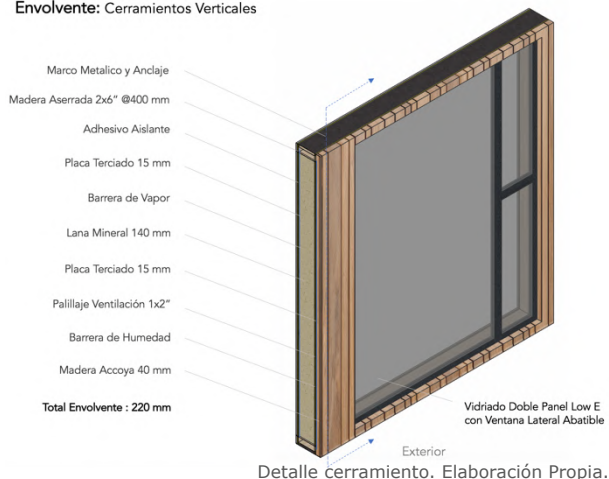


En conjunto con el cerramiento, se instala una estructura exterior metálica entre piso y piso por medio de un anclaje que va a las losas, esta estructura es la encargada de sostener una celosía vertical que cumple el rol de control solar hacia el interior de los departamentos. La densidad de celosía va adaptando su patrón según la orientación de cada departamento y los tipos de recintos que cubre, permitiendo más o menos paso de luz solar dependiendo del uso que en su interior se lleve a cabo.

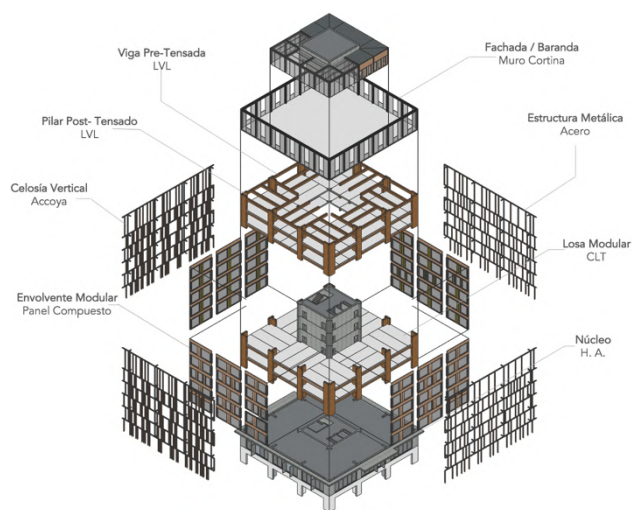
Conclusiones primer proyecto:

Si bien el primer proyecto desarrollado tiene gran potencial como edificio de uso mixto y con un sistema estructural en base a sistema pre y post tensado en madera tiene ciertas falencias que deben ser trabajadas para mejorar la experiencia de sus usuarios.

Envolvente: Cerramientos Verticales



Podemos ver un uso eficiente con respecto a su configuración en planta gracias al núcleo central permitiendo una distribución eficiente desde sus espacios comunes (núcleo hormigón armado) hacia los distintos accesos que pueden ser habilitados gracias a la flexibilidad que dan los módulos de madera, permitiendo múltiples opciones de combinar los departamentos. Esta manera de organizar el proyecto significa que toda la circulación vertical, a excepción del primer y último nivel, no permite el ingreso de luz natural ni de ventilación, exigiendo una iluminación artificial y perjudicial en cuanto a visibilidad y confort en casos de emergencias y extremo calor respectivamente.



Axonométrica explotada primer proyecto.

Con respecto a este tema también está la problemática que significa mezclar el uso de la circulación vertical entre aquellos residentes que viven en el edificio y los usuarios de ámbito público que buscan acceder al nivel de la cubierta en donde se encuentran el invernadero y la oficina de co-working.

Otra observación de este proyecto es que no considera la relocalización de aquellos habitantes del laja que se encuentran habitando el sector del distrito, ya sean residentes con permiso legal de propiedad o habitantes irregulares. Siendo estas familias desplazadas de su localización histórica por jóvenes profesionales externos los cuales habitarán estos departamentos de mediana densidad. Por lo que se cree que es un proyecto poco considerado y que puede generar algún tipo de conflicto en el sector.

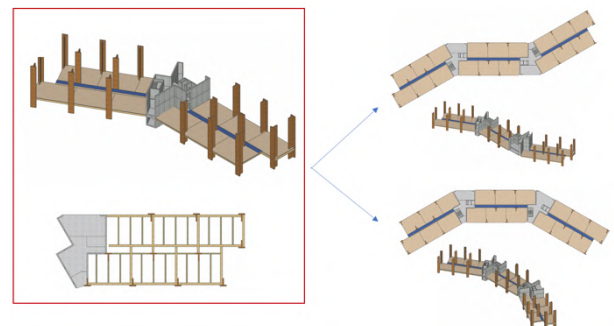
Como último tema a considerar en este proyecto es la poca adaptabilidad que ofrece con respecto a su escala como edificio, solamente dando la opción de funcionar de manera totalmente

independiente, de manera que un solo núcleo significa un solo edificio. Derivando su forma y configuración en un edificio estático, rígido y con una difícil tendencia a generar una co-habitabilidad e identidad de barrio entre sus habitantes y usuarios.

Proyecto Final:

Tomando en cuenta las observaciones del primer proyecto y teniendo en consideración sus falencias, se comienza a desarrollar un segundo proyecto que tendrá en común el podio del primer nivel, sistema de fundaciones y núcleo central en hormigón armado por las razones antes mencionadas. La forma de configurar la estructura de madera en base a pilares y vigas pre y post tensadas sigue la misma línea de investigación antes establecida con pequeños ajustes que se verán en profundidad más adelante. Se busca que este nuevo edificio integre a aquellos habitantes del lugar que serán reubicados al momento de la construcción de este distrito sustentable a orillas del Río Bio-Bío con aquellos nuevos jóvenes profesionales y habitantes que quieran ser parte de este nuevo centro de desarrollo de la madera a nivel sudamericano, generando de esta manera un barrio a manera de condensador social en la intercomuna de Laja-San Rosendo.

Para iniciar el proyecto se buscan diversas maneras de ordenar la distribución del edificio para generar un núcleo de hormigón armado que permita un acceso eficiente además de entradas de luz natural en todos sus niveles pero que al



Configuración edificios según núcleo.

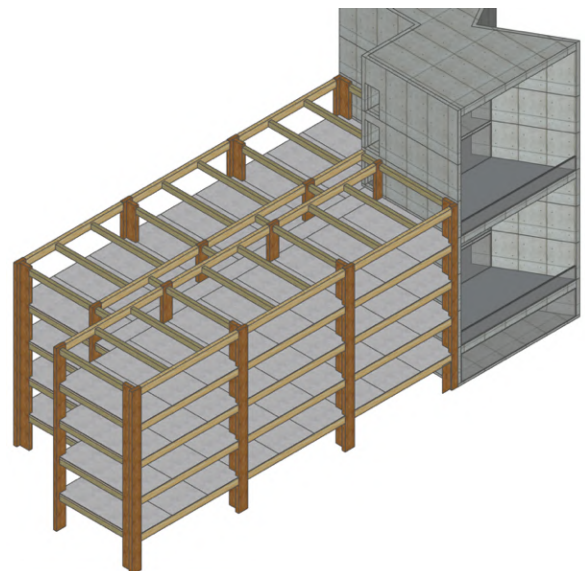


mismo tiempo este núcleo cumpliendo una forma estándar permita cierta variabilidad y adaptabilidad al momento de querer ser expandible para generar edificios más grandes o generar especies de barrios, a manera de vagones de un ferrocarril, siendo capaces de ir adaptándose al terreno y poder ser sumados sin problemas.

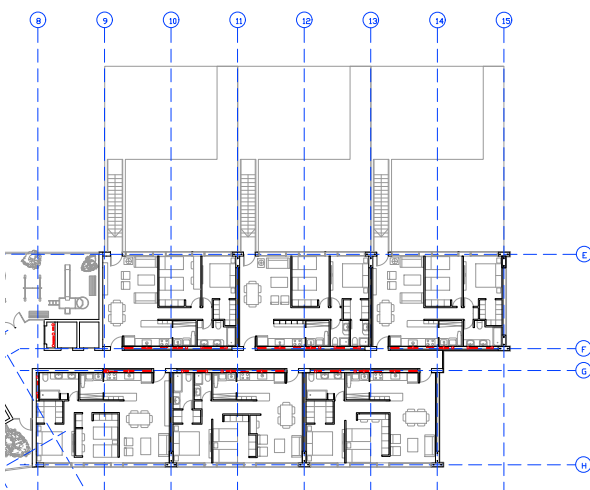
Se comienza nuevamente a investigar la configuración de módulos habitables, sus dimensiones y características para cumplir con el confort requerido para los usuarios. Es por ello que se hace un estudio en base a distintos proyectos conocidos de vivienda social y de departamentos de vivienda para establecer las dimensiones ideales de espacialidad destinada la habitabilidad desde jóvenes profesionales hasta familias de escasos recursos. Gracias a este estudio que fue visto en detalle en la primera sección de la unidad de programa de vivienda, vemos que se elige un modulo de 10 x 7 metros con una altura entre piso y piso de 3,06 metros y una abertura bajo las vigas de 2,41 metros. Estos módulos son conformados por 2 vigas pretensadas de 9,4 metros de largo, 2 vigas centrales pre tensadas de 7 metros de largo y 2 vigas pretensadas de 6,1 metros de largo. Siendo estas últimas las que

serán compartidas con los módulos colindantes al igual que los dos pilares post-tensados en forma de T y los dos machones que dan hacia el pasillo central de circulación.

Con respecto a las dimensiones y secciones de estos elementos se utiliza como base inicial los datos concluidos en diversas investigaciones hechas en madera post tensada por grupos de ingenieros y arquitectos. Algunos de estos apasionados del sistema pre y post tensado en madera han hecho varias investigaciones siendo los que más se repiten en los papers el profesor Andrew Buchanan, Gabriele Granello, Alessandro Palermo y Stefano Pampanin.



Estos estudios derivan a que la primera aproximación de la sección de las vigas de 9,4 metros sea de 70x45 cm y un grosor de 8 cm de cada componente laminado que la componen. En el caso de las vigas de 7 metros en esta primera oportunidad da una sección de 45x30 centímetros manteniendo el mismo grosor de 8 centímetros.



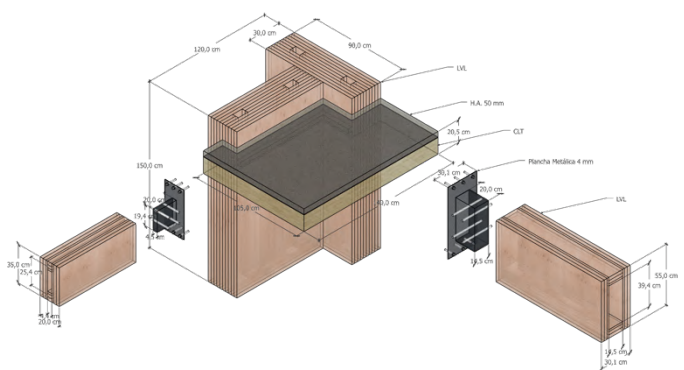
En cuanto a los pilares post-tensados aquellos que se ubican en la periferia de la estructura se posicionan en forma de T distribuyendo el área en un mayor largo funcionando mejor

En base a estos resultados se comienzan a traspasar los datos de especificaciones de materialidad en cuanto rigidez, flexibilidad, resistencia y otros al programa de cálculo estructural SAP2000.

En el software se modela un edificio tipo, compuesto por 6 módulos que a su vez lo componen los pilares y vigas con las dimensiones antes mencionadas, siendo el peso propio de estos materiales calculados de forma automática por el programa y se le añaden las fuerzas que significaría una losa de CLT de 15 centímetros con una sobre losa de hormigón armado de 5 centímetros, un sobrecarga de uso de 250 kilogramos por metro cuadrado y fuerzas de vientos de 100 kilómetros por hora. Todas estas variables constituyen nuestra iteración base sobre la cual se hacen cambios de propiedad en la materialidad y el dimensionado de los elementos que la componen. Una vez hecha la simulación y los resultados obtenidos son estudiados y calculados podemos concluir que los esfuerzos de diseño son varias veces los esfuerzos de carga, esto significa que el edificio con su núcleo de hormigón armado y el sistema post-tensado en madera si es capaz de resistir todas las cargas que se le aplican.

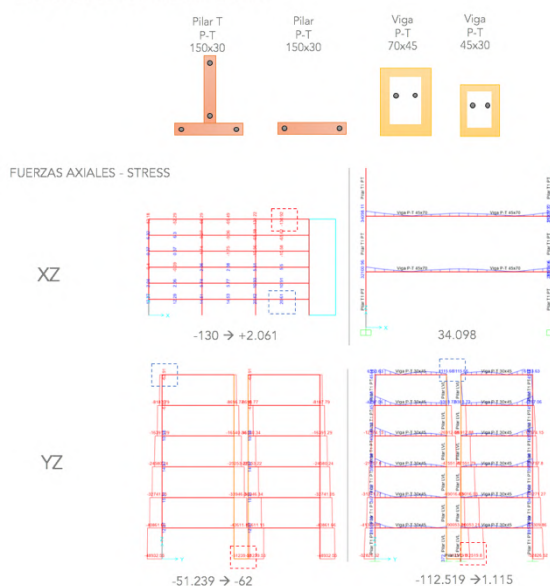
pasando de la rigidez del sistema post-tensado al de un pilar de madera laminada simple. Con este cambio se ve que el edificio sigue resistiendo sin problemas y se ahorra todo tipo de material que involucra el sistema post-tensado. Sin embargo aún no queda conforme la utilización de la cantidad de madera utilizada en el proyecto dado que los resultados de resistencia de diseño de la estructura aún se encuentran muy superiores a los esfuerzos que esta recibe.

Es por ello que se trabaja en distintos espesores y dimensionados de los pilares y vigas pre y post tensadas hasta que se llegó a un tercer modelo en la cual los pilares tienen una sección de 75x20 centímetros, las vigas principales pre tensadas de 55x30 y espesor 6 centímetros y las vigas secundarias pre tensadas de 35x20 también con espesor de 6 centímetros.



Axonométrica unión viga-pilar-losa.

Iteraciones: Caso Base



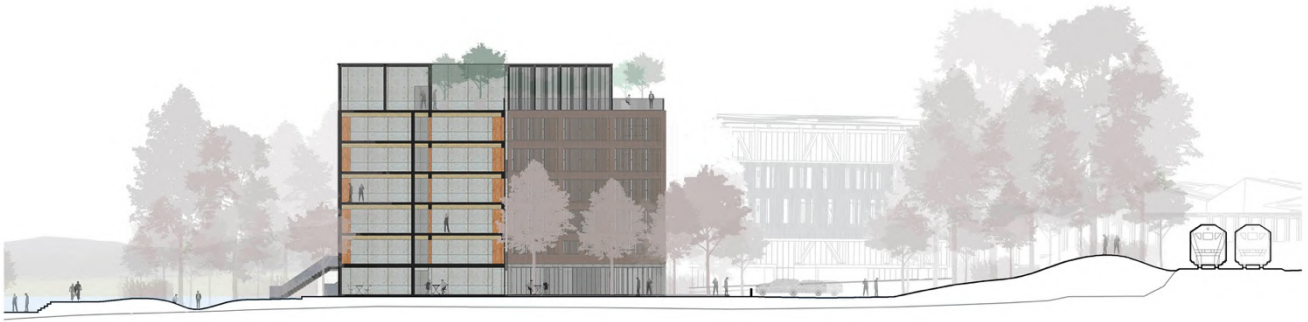
Iteraciones de estructuras en SAP 2000. Elaboración Propia.

Como segundo ejercicio se hace una nueva iteración de este modelo, esta vez cambiando las propiedades de los pilares centrales del edificio

Normativa de fuego:

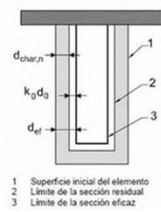
Teniendo esta última iteración ya definida para soportar la estructura, sus sobrecargas y esfuerzos externos se debe tener en consideración la normativa de fuego en caso de incendios. Sabemos que la madera industrializada es capaz resistir ante eventos de este tipo debido a que al carbonizarse la capa exterior de la sección afectada esta impide que se queme por completo el elemento, siempre cuando este espesor interior sea capaz de resistir los esfuerzos estructurales de la edificación. Con respecto al material a utilizar en este proyecto existe un detallado estudio que determinan que el avance de la carbonización de la madera laminada de pino radiata tiene un avance de 0,77 mm/min. (Ramirez, 2001)

La estructura en si de todo el edificio esta calculada para resistir un F-90 sin problemas, que significa que la estructura debe resistir al menos 90 minutos bajo las llamas sin desplomarse, se calcula que se requiere un 20% más de grosor en



los elementos que componen el proyecto, esto incluyendo no solo el área carbonizada sino que también la sección de pirolisis, la cual es un área afectada por la madera que pierde su estabilidad estructural por las altas temperaturas del evento.

Es por esto que finalmente el dimensionado a utilizar en este proyecto aumenta la sección de sus elementos y grosor en este mismo 20%, pasando los pilares de 75x20 a 90x30 centímetros y sus vigas mantienen su sección de 55x30 y 35x20 centímetros pero el espesor de sus elementos pasa de 6 centímetros a 8 centímetros.



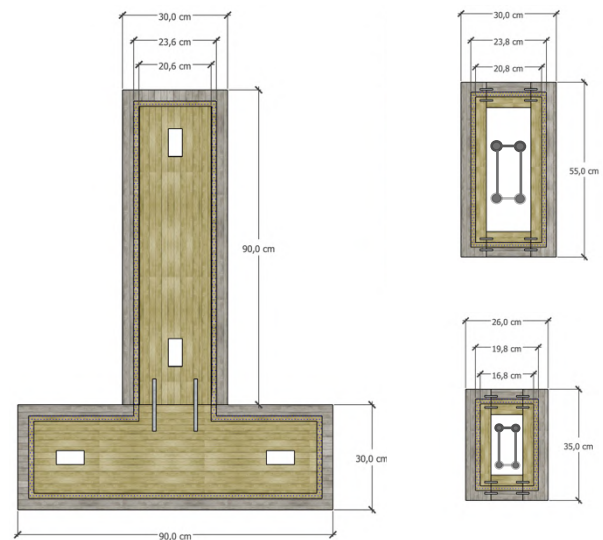
Comportamiento madera ante el fuego. Confemadera.

Sin embargo debido a la normativa de fuego NCH433 y al tener más de 6 pisos de altura clasifica este edificio habitacional de 7 pisos como "clase a" por lo tanto requiere un F-120 para su construcción. Para obtener este nivel de resistencia al fuego a la totalidad de los elementos estructurales de madera laminada se le otorga un impregnado ignífugo a base de agua que logran reducir la velocidad de carbonización en un 50% y evita la formación de humo la cual es la principal causa de muerte de las personas en los incendios. (Madera21, 2017) De esta manera se logra una resistencia al fuego en base a el grosor de los elementos estructurales y la impregnación de retardantes que supera lo establecido por un F-120, en este caso se utilizará el producto CEDRIA barniz ignífugo transparente B88.

Avance carbonización madera laminada:
-> 0,7mm/min = 7 cm /100 min

CEDRIA barniz ignífugo transparente B88 retarda a 50%

-> 0,35mm/min = 3,5 cm/100min -> 3,1 cm/ 90min
-> 0,35mm/min = 3,5 cm/100min -> 4,2 cm/ 120min

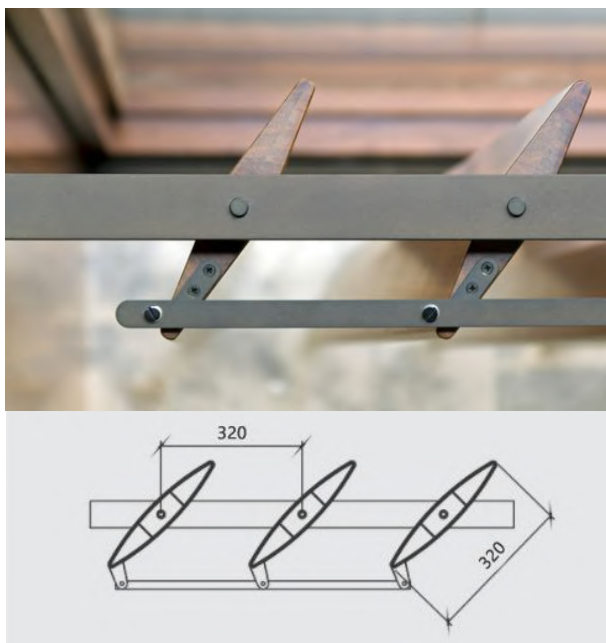


Sección original, eficaz y residual elementos estructurales.

Un punto importante a considerar con respecto a los pilares y vigas es la manera en que estos congenian entre ellos y con la losa, siendo un punto clave a tener claridad los anclajes, pasadores, pletinas y otros elementos que componen estos módulos y la manera que estos se encuentran. A este encuentro tan importante no solo para cualquier edificio en madera sino que especialmente en un compuesto por un sistema Pre y post tensado con cables en su interior. Es por ello que como detalle delator de mi proyecto se destaca este encuentro de elementos intentando ser lo más detallado posible. A continuación se muestra una imagen 3D con sus detalles.

Para el cerramiento de este proyecto se vuelve a plantear el mismo sistema de paneles prefabricados los cuales se adaptarán a las nuevas

medidas de la estructura. Esta vez la estrategia de control solar se basa en un sistema de celosías verticales a modo de persianas móviles la cuales se anclan a la sobre losa de hormigón armado de cada piso salvando toda su altura. Estos listones móviles de 32 centímetros de largo y 3 metros de alto se encuentran a una distancia aproximada de 25 centímetros hacia el exterior desde los vidrios, de esta manera se pueden ajustar el ángulo para controlar la cantidad de radiación y luz directa que puede afectar los espacios interiores y también se elige la cantidad de lamas que se requieren para cada recinto interior dependiendo de las dimensiones de cada uno. En la posición completamente cerradas este sistema de lamas móviles generan una cámara cerrada de aire entre los pilares y ventanas actuando como colchón térmico colaborando a una mejor aislación ante bajas temperaturas. Por último con este sistema se evita la utilización de una estructura secundaria metálica anclada al edificio como se planteaba en el primer proyecto, dándole al edificio una estética más limpia, eficiente y libre de mantenciones constantes.



CONCLUSIONES

Para lograr potenciar la implementación de construcciones de madera con sistema pre y post tensado debemos adaptarlas a las condiciones territoriales, como la resistencia ante los sismos, vientos y cambios de nivel de las aguas de los ríos circundantes. También es importante tener en cuenta a quienes habitarán y utilizarán estos espacios, abarcando tanto un público de jóvenes profesionales cargados de cambios generacionales en busca de un lugar de nuevas oportunidades y

novedades como las que ofrece el distrito sustentable, con una tendencia a los espacios flexibles y fluidos con programas integrados y niveles con usos semipúblicos, pero también considerando a los habitantes originales del lugar, teniéndolos en cuenta al ser reubicados entregándoles acceso a la tierra y su uso por medio de asignación de terrenos en forma de patios privados y entradas de ámbito particular.

De esta manera se contempla un edificio tanto de uso mixto en cuanto a sus distintos usos de vivienda, comercio y servicios como también a modo de condensador social.

Durante el transcurso de la investigación se ha podido determinar ciertas reglas arquitectónicas y proporciones de los elementos estructurales de los edificios a plantear. Estos resultados que se concluyen provienen del estudio de diversas investigaciones de terceros, citadas anteriormente, de las cuales se derivan ciertas enseñanzas y productos, los cuales son adecuados y proporcionados para el uso de este proyecto. Estos elementos luego fueron modelados, evaluados y calculados por medio de distintas iteraciones por medio del software de modelado estructural SAP2000 en conjunto con cálculos de diseño estructural en madera.

Los pilares se componen de dos piezas de madera LVL enfrentadas en forma de T con medidas 90 x 30 centímetros, teniendo una altura máxima de 10 metros de altura. Cada uno de estos deben tener al menos dos perforaciones a lo largo de su altura para poder pasar los cables del post tensado. También considera ciertos rebajes para los anclajes que recibirán los pilares y losas.

Las vigas se componen de 4 elementos en forma de listones de LVL con dimensiones 55 x 30 y 35 x 26 centímetros de perfil y de largos que varían entre los 6 y 9,4 metros. En su interior integran anclajes, placas y espaciadores que albergan el sistema de cables pre tensados.

En conjunto con las vigas y pilares van las losas de CLT las cuales integran diversas estrategias estructurales, de confort, instalación y servicios con un grosor de 20 centímetros y una sobre losa de hormigón armado de 5 centímetros. De esta manera estos elementos componen un modulo estructural de aproximadamente 10 x 7 metros y una altura de 3,06 metros entre cada nivel y de 2,41 metros entre piso y cielo.

El núcleo de hormigón armado permite la incorporación de módulos hacia cada uno de sus costados variando entre ellos su ángulo en 30 grados y permitiendo una expansión de estos según se requiera, incorpora estrategias de iluminación natural en todos sus niveles, ya sea con patios de luz o plazas techadas de triple altura. Los muros contienen perforaciones y sistemas de anclajes que reciben vigas y losas siendo este siempre central el responsable de articular los accesos en cada nivel.

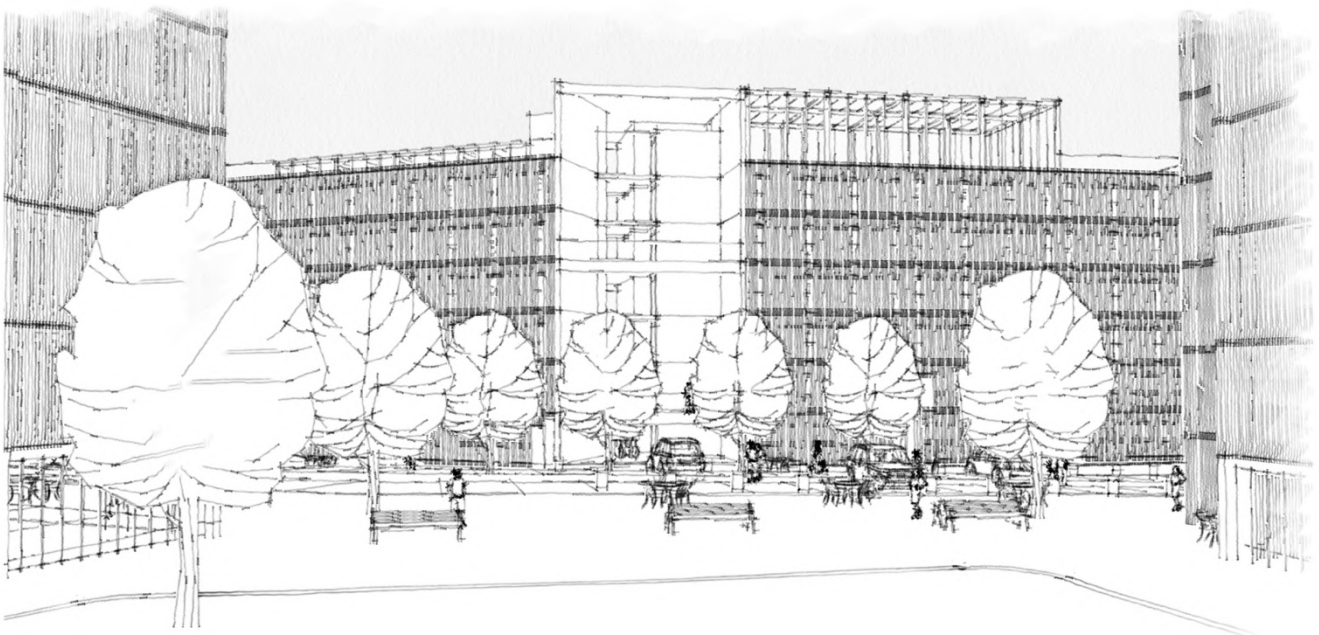
Con respecto al sistema pre y post tensado, se debe dar importante atención al proceso de tensado de los cables que albergan en su interior, esto debido a la tendencia general de este sistema a destensarse en un 25% dentro de las primeras semanas, siendo necesario una nueva tensión en el lugar de fabricación antes de salir al sitio de construcción y siendo necesario un constante control e inspección de estos elementos. Este constante monitoreo de los elementos estructurales del edificio, considera una desventaja en comparación a los edificios tradicionales de vivienda.

Con la construcción del modelo a escala 1:2 de la viga principal de dimensiones 15 x 17,5 centímetros y largo de 4,88 metros se ha observado que este sistema constructivo, si bien da la ventaja de un mejor aprovechamiento del espacio habitable evitando el uso de pilares en su distribución interna y un uso más eficiente de la

madera para la estructura en comparación a un edificio de madera laminada o CLT, se observa que podrían identificarse vibraciones perceptibles por los usuarios al usar aquellos espacios atribuyéndose a las secciones relativamente pequeñas de las vigas en comparación a la luz que salvan.

Todos estos elementos pre y post tensados con el núcleo de hormigón armado configuran un edificio que es más eficiente en la utilización de cantidad de madera utilizada para la estructura debido a sus secciones relativamente menores en comparación a las luces que salvan, derivando en mayor cantidad de espacio libre en la configuración de sus niveles y permitiendo una mayor esbeltez con altos niveles de rigidez en comparación a otros edificios de madera de similares proporciones.

Esto permite una libertad de distribución de los espacios interiores para los diferentes propietarios de las unidades habitacionales, dándoles mayor control sobre sus espacios y permitiendo un uso más integral de estos al poder reorganizarlos según sus necesidades, tradiciones o gustos. Cumpliéndose así uno de los mayores desafíos de los arquitectos; la adaptabilidad de los espacios según los usos y rutinas personales de los ocupantes, siendo aún más difícil de lograr cuando se trata de departamentos habitacionales.



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS:

Orellana, M. (1992). *Historia y Antropoligía de la Isla de la Laja*. Santiago: Universitaria.

INE. (2019). *Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos*. Santiago: INE.

Trends, Z. M. (2019). *Realty Mogul*. Obtenido de www.realtymogul.com: <https://www.realtymogul.com/knownledge-center/article/2020-multifamily-housing-trends>

Madera, P. C. (2021). *Procesos de Fabricación*. Obtenido de Processing Wood: <https://processing-wood.com/es/procesos/construccion/>

Guindos, P. (2020). Clase Magistral Estructuras en Madera. Santiago.

Arkiplus. (6 de Abril de 2021). *Historia de la Madera en la Construcción*. Obtenido de www.arkiplus.com: <https://www.arkiplus.com/historia-de-la-madera/#:~:text=La%20madera%20es%20uno%20de,como%20principal%20material%20de%20construcci%C3%B3n>

Laja, P. R. (2021). *Municipalidad de Laja*. Obtenido de Plan Ordenanza Municipal: http://munilaja.cl/Transparencia/t/plan_regulador/Plan_Regulador_Laja_Ordenanza.pdf

Arauco. (2021). Tablas de Calculos Vigas Hílam. Santiago, Chile.

BCN, C. y. (2021). *Chile Nuestro País*. Obtenido de Biblioteca el Congreso Nacional: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region8/clima.htm#:~:text=En%20la%20franja%20costanera%20y,a%20sur%20de%20la%20regi%C3%B3n>

Hernández, D. (29 de Enero de 2021). *What Makes Mies van der Rohe's Open Plan*. Recuperado el Junio de 2021, de Archdaily: <https://www.archdaily.com/955966/what-makes-mies-van-der-rohes-open-plans>

Ideas, A. (28 de 05 de 2019). *Glulam or LVL: Which is Stronger?* Obtenido de Architectures Ideas: <https://architecturesideas.com/2019/05/28/Glulam-Timbers#fromHistory>

Ramírez, A. (2001). *Comportamiento de la madera frente al fuego y su protección*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

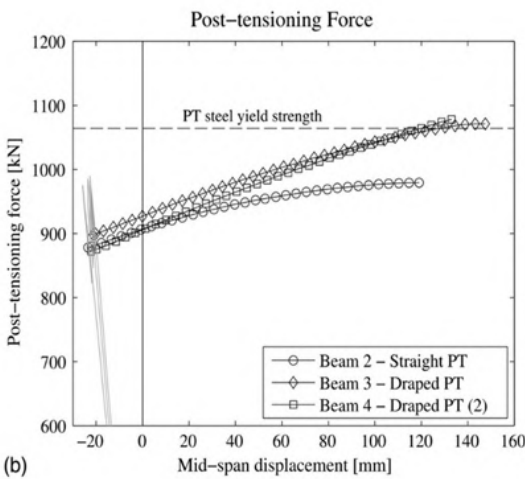
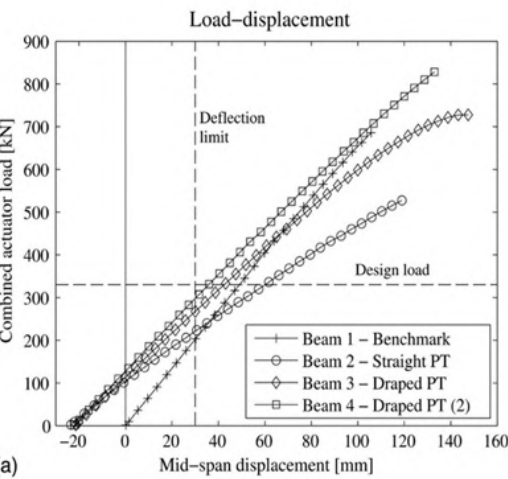
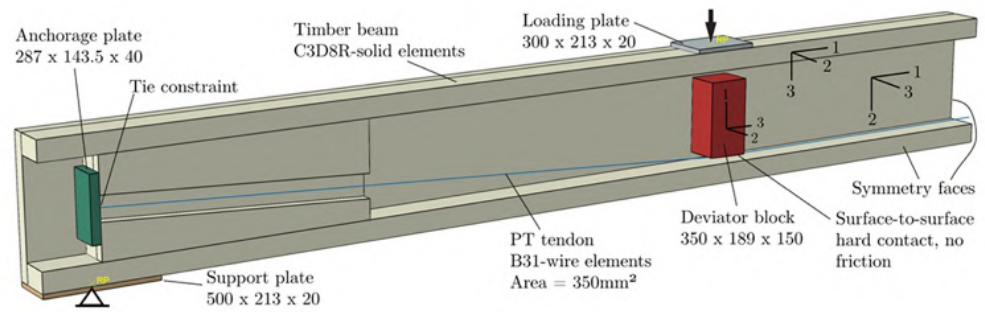
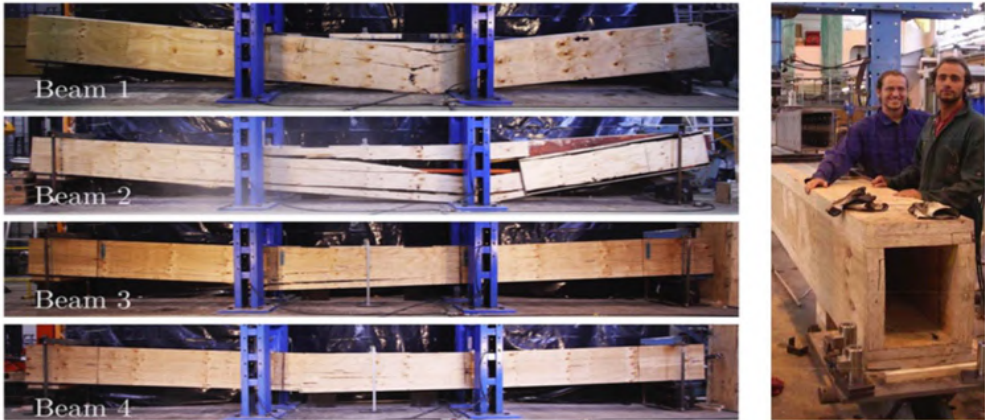
Madera21. (01 de Junio de 2017). *RETARDANCIA O RESISTENCIA: ¿DE QUÉ HABLAMOS CUANDO HABLAMOS DE PROTECCIÓN DE LA MADERA ANTE EL FUEGO?* Obtenido de Madera21: <https://www.madera21.cl/blog/2017/06/01/retardancia-o-resistencia-de-que-hablamos-cuando-hablamos-de-proteccion-de-la-madera-ante-el-fuego/>

Esther J. Baas, Gabriele Granello, André R. Barbosa y Mariapaola Riggio.(2021). *"Post-Tensioned Timber Wall Buildings: Design & Construction Practice In New Zealand & United States"*

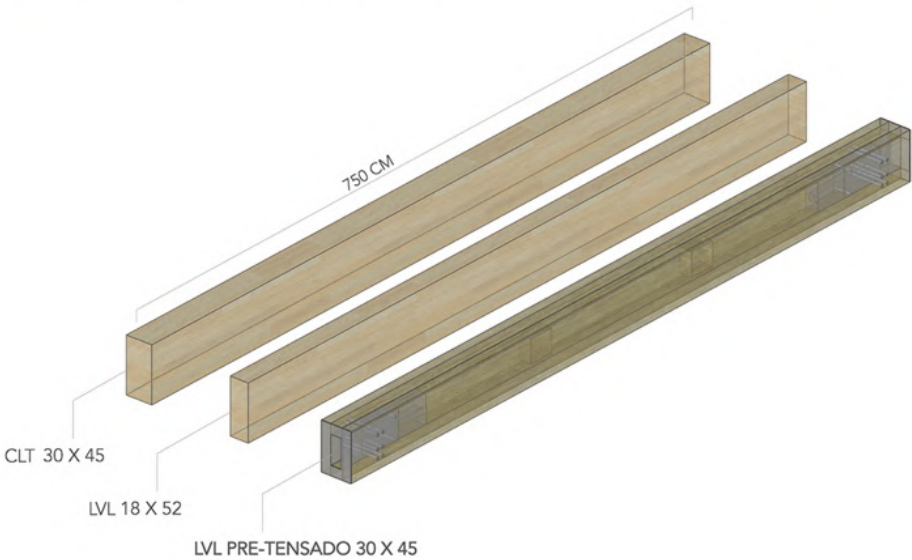
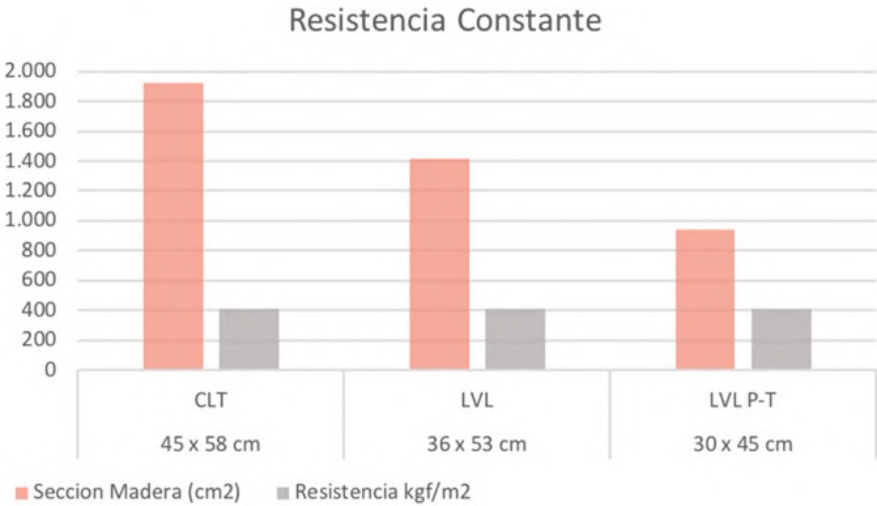
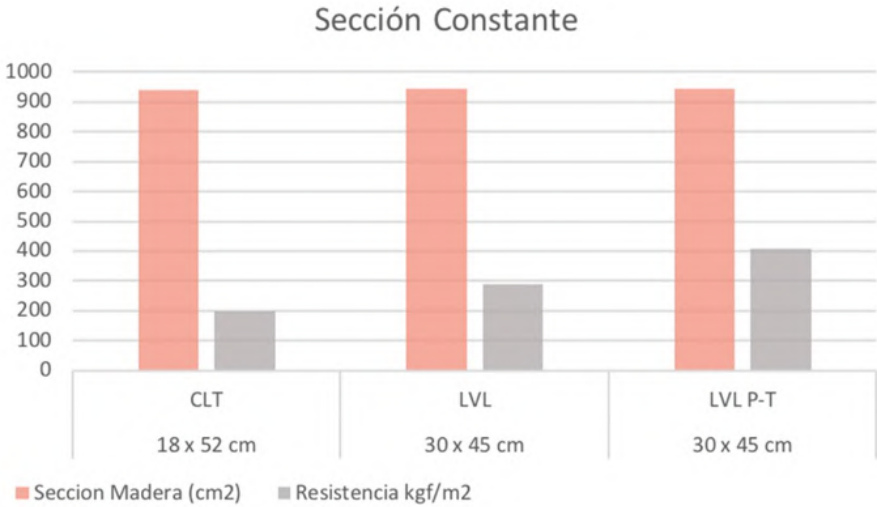
Yao, Meredith Anderson.(2021). *"The Pinwheel Joint: A Novel Wood System And Its Application"*

ANEXOS

Experimento e Investigación de Viga Post Tensada.
Alessandro Palermo.

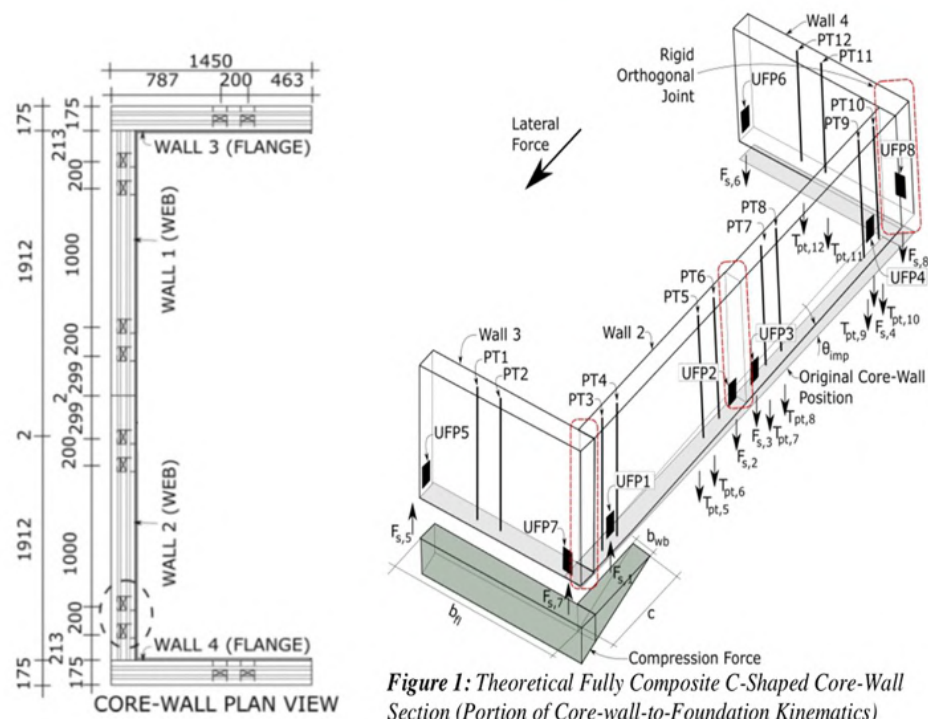
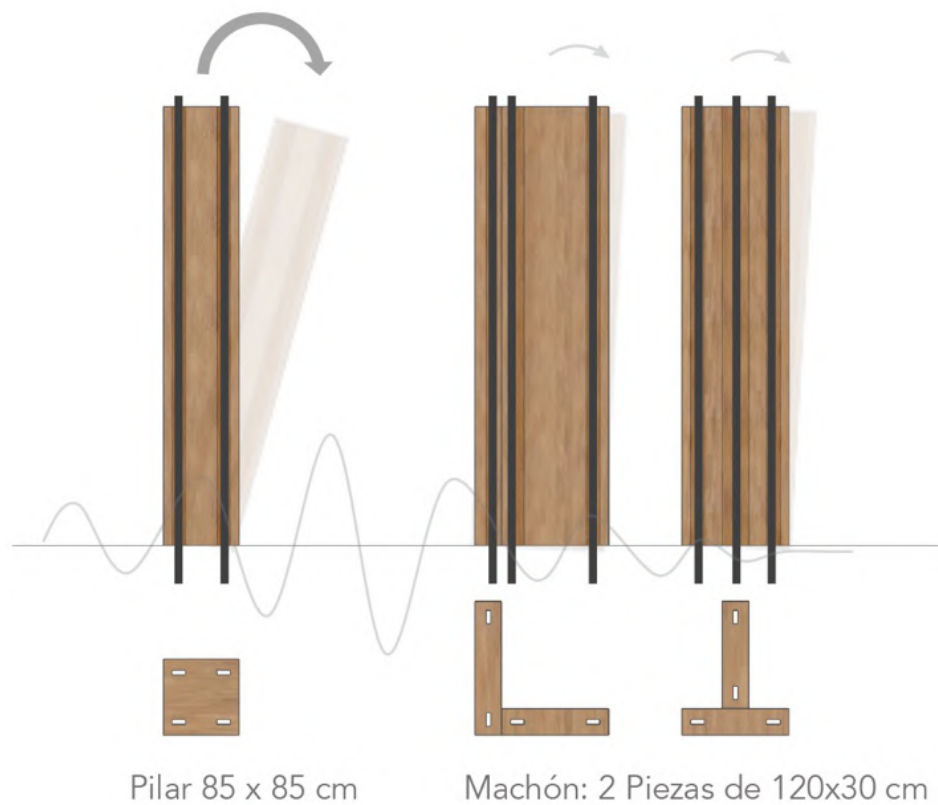


Estudio Resistencia de Vigas de Madera.
Elaboración Propia.



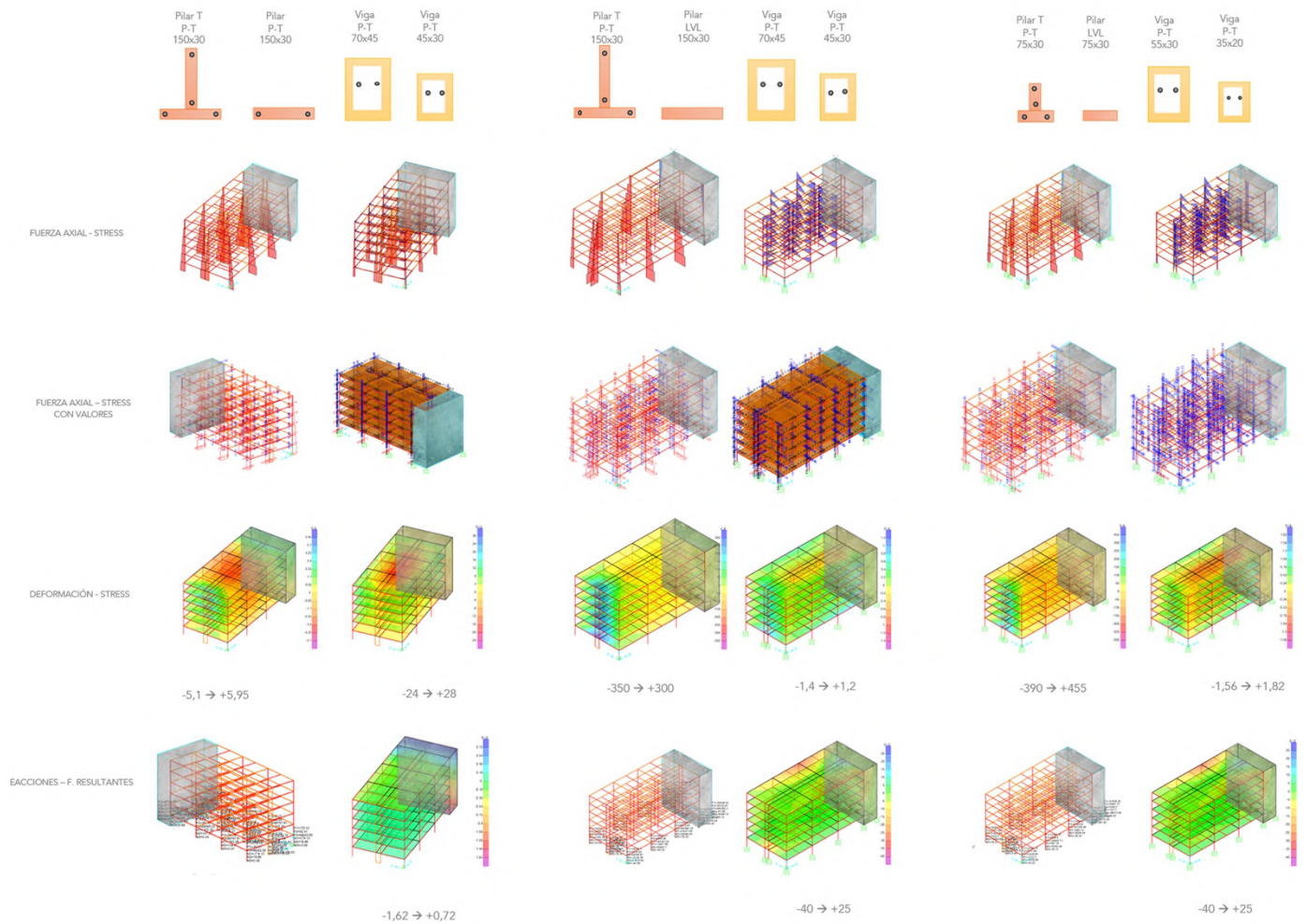
Sección y Volcamiento Pilar Post Tensado.

Elaboración Propia.



Iteración de Elementos Estructurales.

Simulación Hecha en Software SAP 2000.



Resistencia al Fuego de Elementos Estructurales.

Se aumenta sus secciones en un 20%.

Secciones Pilares y Vigas

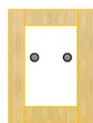
Pilar T
P-T
75x20



Pilar
LVL
75x20



Viga
P-T
55x30
e=6cm



Viga
P-T
35x20
E=6 cm



+ 20%

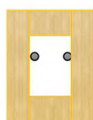
Pilar T
P-T
90x30



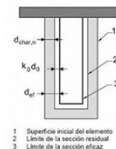
Pilar
LVL
90x30



Viga
P-T
55x30
e=8 cm



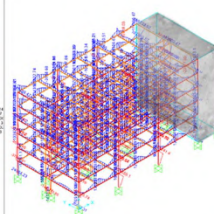
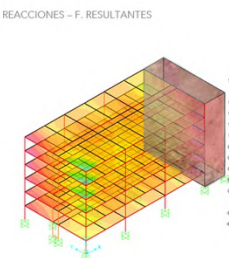
Viga
P-T
35x20
e=8 cm



DEFORMACIÓN - ESTRESS



REACCIONES - F. RESULTANTES



Pilar LVL
F1: -1.093kgf
F2: -88 kgf
F3: 98.000 kgf
M1: 98 kgf
M2: -4.870 kgf
M3: 4 kgf

Pilar T
F1: -2.000 kgf
F2: -600 kgf
F3: 87.000 kgf
M1: 1200 kgf
M2: --6.000 kgf
M3: -9 kgf

Mom Max Pilar LVL: -195.190 kg/m2
Mom Max Pilar T: -78.000 kg/m2
Mom Max Viga 10m: 182.127 kg/m2
Mom Max Viga 7m: 107.000 kg/m2

Sección Original, Eficaz y Residual de Elementos Estructurales.

Elaboración Propia en Base a NCh433 /NCh434 /NCh435 y Euroclase UNE-EN-13501

Utilizando Impregnante CEDRIA Ignífugo B-88 se logra superar un F-120.

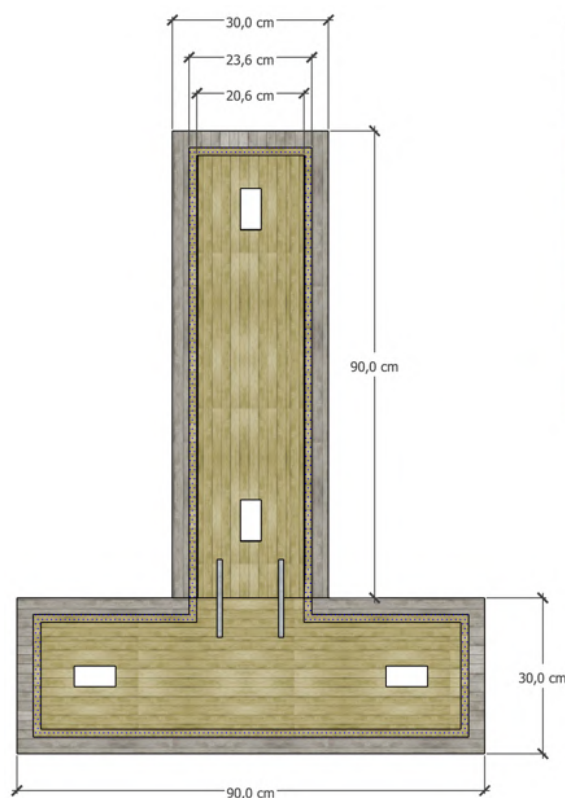
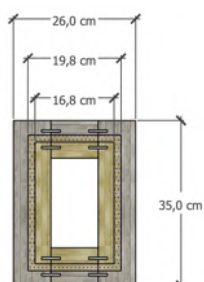
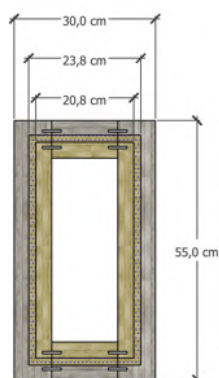
Avance Carbonización Madera Laminada:

-> 0,7mm/min = 7 cm /100 min

CEDRIA barniz ignífugo transparente B88 retarda a 50%

-> 0,35mm/min = 3,5 cm/100min -> 3,1 cm/ 90min

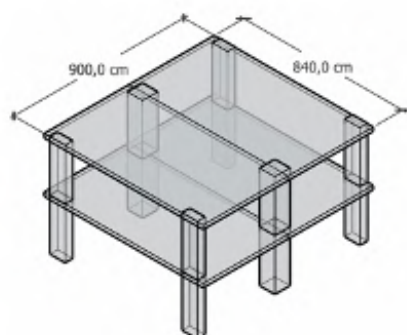
-> 0,35mm/min = 3,5 cm/100min -> 4,2 cm/ 120min



Estudio de Área y Distribución de Pilares en Edificios de Madera.

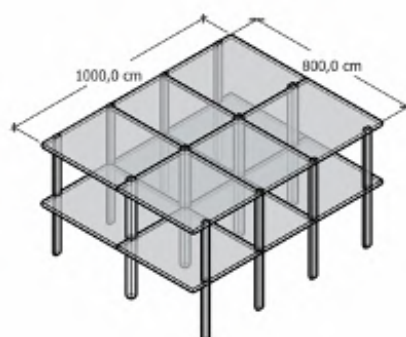
Módulos de Aproximadamente 70 m².

Mjostarnet, Noruega
LVL



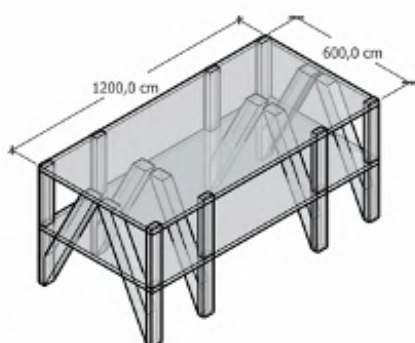
Área Módulo:	75,6 m ²
Área Pilar:	0,8 x 0,8m
Área x Pilares:	0,64 m ² x 4
M ² Pilares:	2,56 m ²
% Área:	3,38 %

Brock Commons, Canada
CLT + Núcleo H.A.



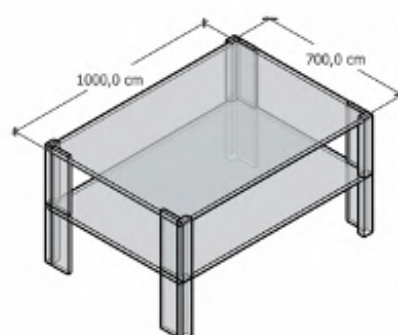
80 m ²
0,3 x 0,3 m
0,09 m ² x 8
0,72 m ²
0,90 %

Ed. Arq. UC, Chile
LVL



Área Módulo:	72 m ²
Área Pilar:	0,6 x 0,5 m
Área x Pilares:	0,3 m ² x 12
M ² Pilares:	3,60 m ²
% Área:	5,00 %

Distrito Bio Bío, Chile
LVL P-T + Núcleo H.A.

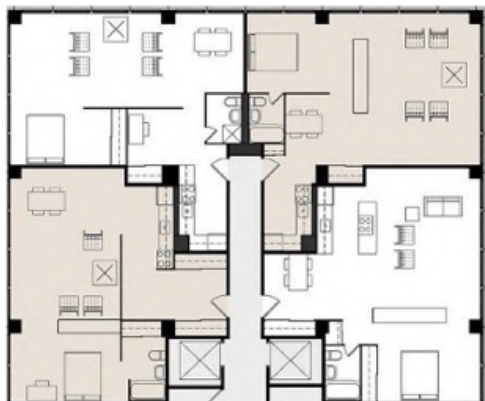


70 m ²
0,3 x 0,9 m
0,27 m ² x 4
1,08 m ²
1,54 %

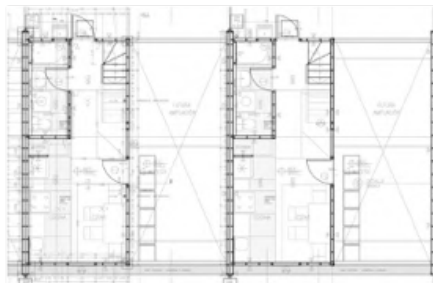
Estudio Módulo de Edificio Residencial y Vivienda Social.

Se deriva a utilización de modulo de unidad habitacional 10x7 metros.

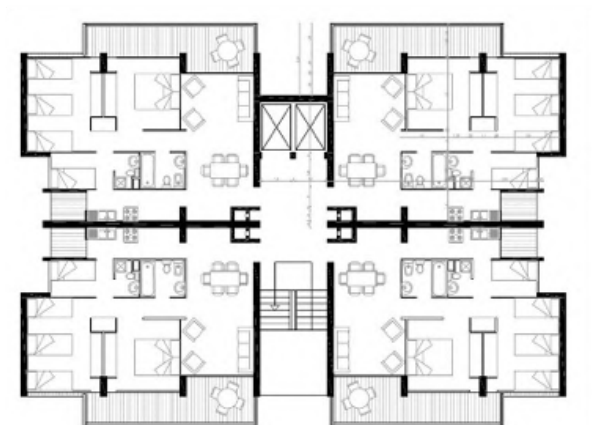
Mies Van der Rohe
Lake Shore Drive
10x7 m 70m2



ELEMENTAL
Villa Verde
2 pisos (6x7) 84m2



Larraín + Larraín + Balmaceda
Villa Frei
10x7 m 70m2

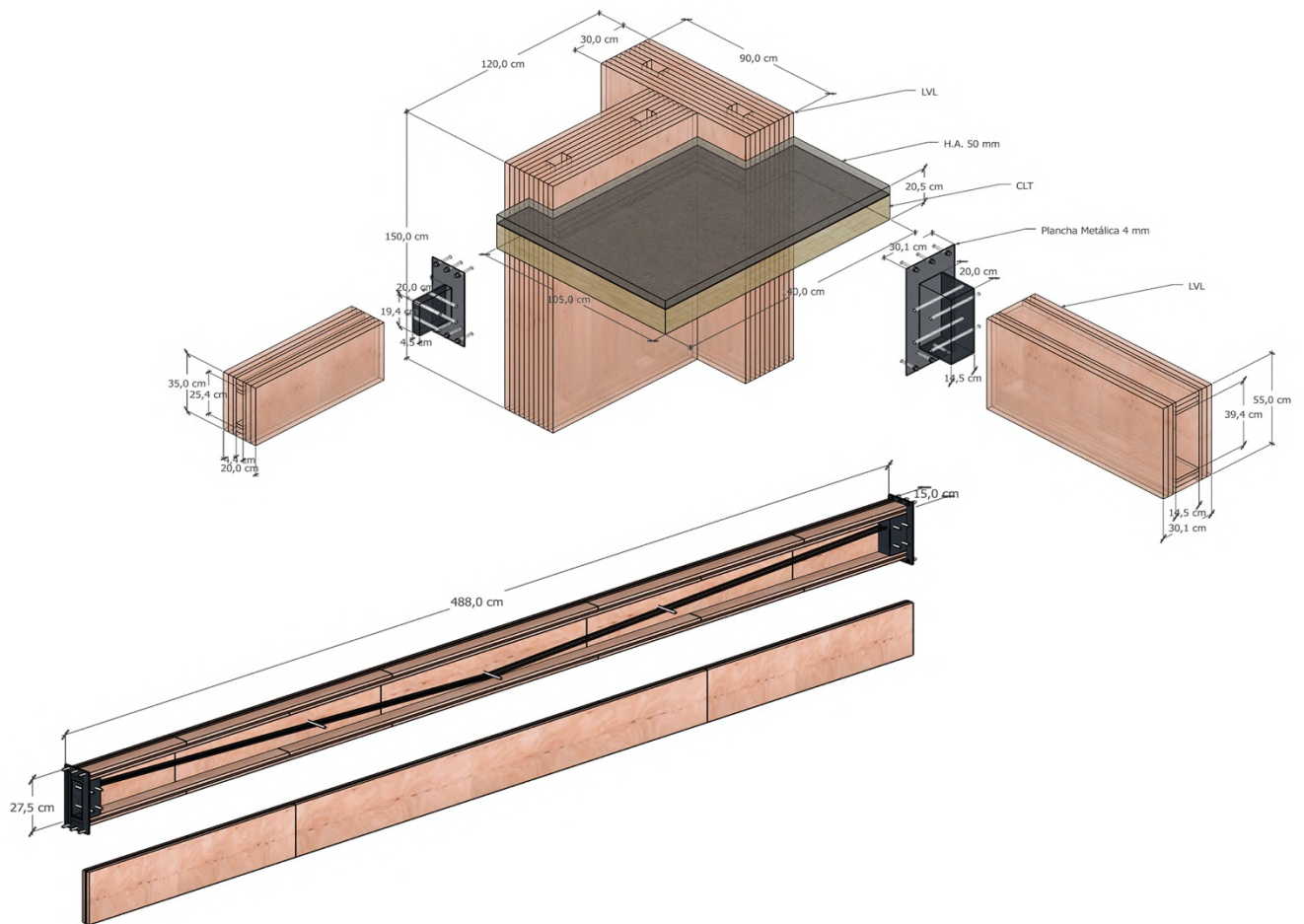


Vázquez Consuegra
Vallecas
10x7 m 70m2
12x7 m 84m2



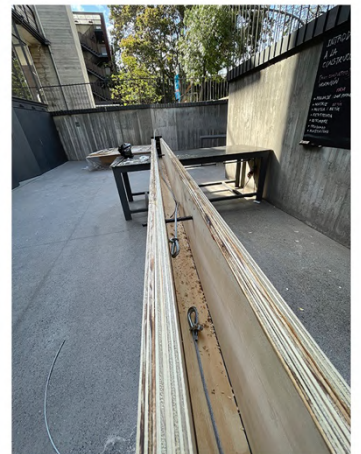
Detalle Delator: Unión Viga-Pilar-Losa y Viga Pre Tensada.

Axonométrica explotada. Elaboración Propia.



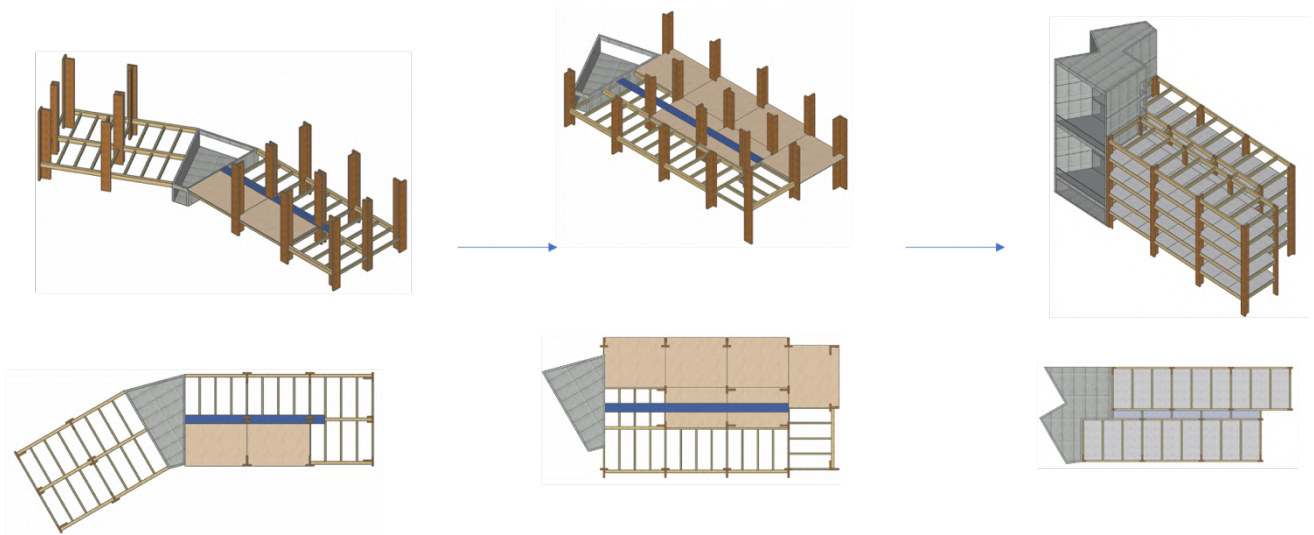
Prototipo Viga Pre Tensada Escala 1:2.

Proceso Construcción.



Distribución de Elementos Estructurales.

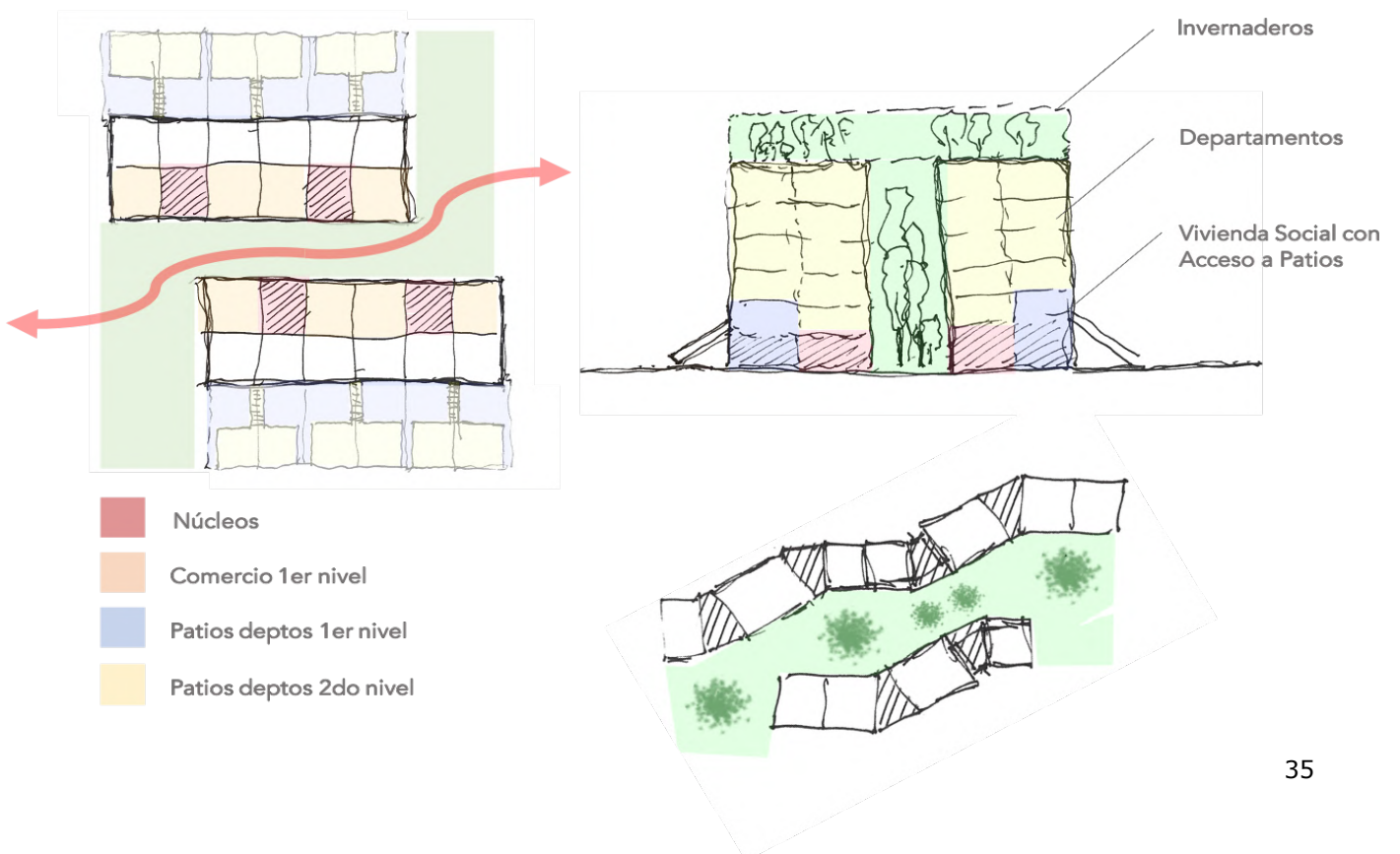
Proceso de Desarrollo.



Esquema de Programas.

Edificio y Urbano.

- Generar Espacios Comunitarios
- Condensador Social
- Usos Mixtos: Vivienda – Comercio - Servicios
- Priorizar Transito Peatonal
- Áreas Verdes - Invernadero



Planimetría. **Plantas.**

70 M2 x Departamento	6 Departamentos x piso	132 Habitantes x edificio
17.5 M2 x Persona aprox.	22 Personas x piso	396. Habitantes x Ha.

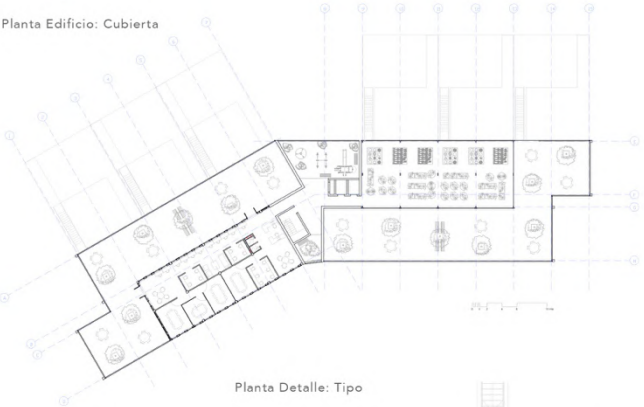
Planta Edificio: N1



Planta Edificio: Tipo



Planta Edificio: Cubierta



Planta Detalle: Tipo



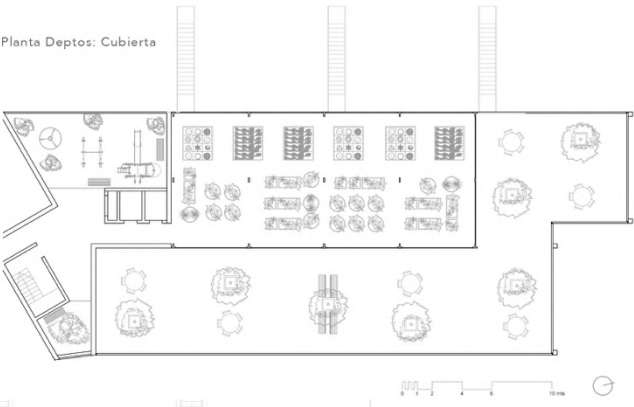
Planta Deptos: N1



Planta Deptos: Tipo



Planta Deptos: Cubierta



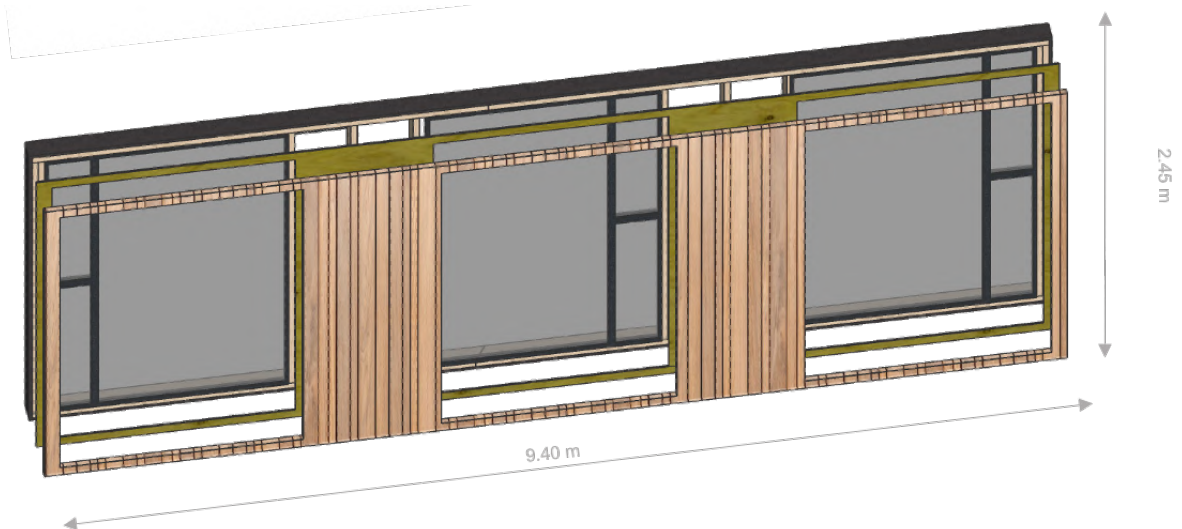
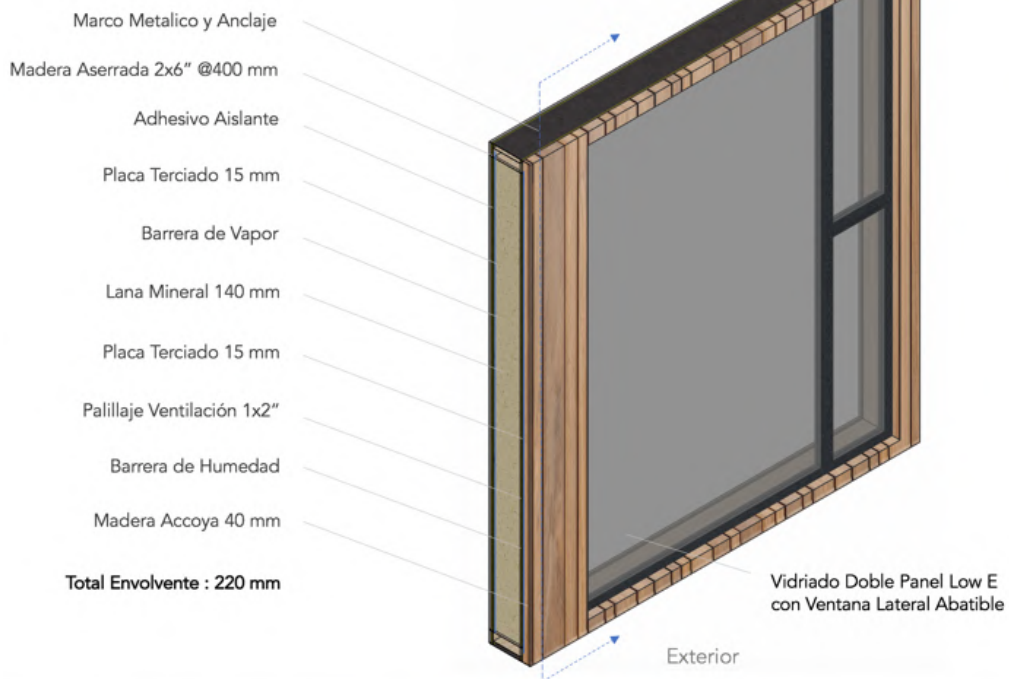
Planimetría. Cortes.



Planimetría. Urbanización.



Envolvente: Cerramientos Verticales



Prefabricacion en 2D. Mesas Automatizadas.

