



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance y final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	2.1
<b>Vigencia</b>	13/10/2015

**Unidad Ejecutora:**

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

**Título del proyecto de investigación:**

Tecnologías sustentables para la construcción del hábitat en la Cuenca Matanza Riachuelo

**Código del proyecto:**

C2-ING-032

**Programa de acreditación:**

Programa CyTMA2

**Director del proyecto:**

Mg. Arq. Tomás Lier

**Co-Director del proyecto:**

Ing. Daniel Grünwaldt

**Integrantes del equipo:**

Fusari, Manuel; Vital, Agustín; Gori, Sebastián; Audivert, Ana.

**Fecha de inicio:**

01/01/2016

**Fecha de finalización:**

31/12/2017

**Informe de final**

**Sumario:**

## 1. Resumen y palabras clave

La presente investigación se centró en el estudio de nuevas tecnologías sustentables para la construcción del hábitat en el área de la Cuenca Matanza Riachuelo (CMR).

La compleja realidad de la región en cuanto al importante déficit habitacional y a las condiciones ambientales degradadas hacen de especial interés el estudio de nuevas estrategias de proyecto, construcción y acondicionamiento que aporten a una solución integral desde la arquitectura.

Durante el primer año, se trabajó analíticamente sobre diversos casos de estudio detectando la tecnología de paneles de madera contralaminados, conocida por su sigla derivada del nombre en inglés Cross Laminated Timber (CLT), con un creciente desarrollo en la actualidad. Dado el éxito de este sistema a nivel internacional, sus características sustentables, y su reconocido potencial para la construcción de edificios en altura, resulta pertinente analizar la factibilidad de la adaptación de este sistema en la CMR para la producción de hábitat popular.

En la segunda etapa se llevó adelante un proceso de experimentación de proyecto entorno a la transformación de un caso prototípico de vivienda colectiva. A partir de una serie de premisas de proyecto se operó sobre el conjunto “Unidad vecinal, casas colectivas para isla Maciel” del arquitecto argentino Wladimiro Acosta.

Palabras clave: hábitat-tecnología-sustentabilidad-madera contralamina (clt)

## 2. Memoria descriptiva

En relación la programación de las actividades, se han llevado adelante en una serie de etapas sucesivas. Considerando que la difusión y discusión son condiciones necesarias para una investigación se ha participado durante todo el proceso de trabajo de diversas actividades de transferencia y formación de manera de aportar a lo producido.

En cuanto al equipo de investigadores, por su parte, no se ha visto modificado a lo largo de todo el trabajo.

Programación de actividades (Gantt)

La investigación se organizó en 5 etapas:

### 1° Etapa

Se realizó un estudio de los antecedentes en la temática (tanto locales como extranjeros) para luego seleccionar casos específicos y desarrollar una catalogación sistemática de los mismos.

### 2° Etapa

Se analizaron las problemáticas específicas del área. Se estudiaron casos concretos evaluando las tecnologías constructivas existentes. Asimismo, se estudiaron los materiales disponibles y se relevaron las características de la industria local.

### 3° Etapa

Esta etapa se centró en el desarrollo de un marco teórico propio. Se elaboró un andamiaje categorial, en constante actualización, que contribuyera al desarrollo de un trabajo que no solo se focalizara en el aspecto analítico sino también en el propositivo.

Por otra parte, se definió una temática concreta, el sistema de construcción en madera (CLT) presente en la región, pero no en nuestro país, que estructuró el desarrollo de esta investigación.

#### 4° Etapa

Una vez conocidas las características del sistema y verificada la factibilidad de su incorporación al mercado local, se realizó un trabajo de aplicación de la tecnología, partiendo de un proyecto existente (Edificio de viviendas para Isla Maciel, Wladimiro Acosta), con el fin de someter a análisis el sistema y experimentar las posibilidades estructurales, expresivas y la adecuación a nuestro medio.

#### 5° Etapa

Esta última etapa se focalizó en la sistematización y transferencia de los resultados. Se realizaron actividades de difusión y formación en el ámbito académico local.

Esta primera investigación en el área de tecnología de la carrera de Arquitectura del DIIT abrió posibles líneas para futuros proyectos quedando pendiente aún la exploración y gestión de convenios de transferencia social y productiva para futura.

El siguiente diagrama especifica los tiempos de cada etapa.

2016 etapa / mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1													
2													
2017 etapa / mes	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
3													
4													
5													

### 3. Organización del Informe Final

#### INTRODUCCION

##### Selección del Tema

La temática abordada por la presente investigación es la tecnología constructiva para el hábitat popular aplicada a las necesidades del área de la región de la Cuenca Matanza Riachuelo, desde un punto de vista sustentable.

##### Definición de Problema

La región de la Cuenca Matanza Riachuelo presenta una de las realidades más complejas de la zona. A las dificultades para el acceso a la vivienda y el suelo, se suman las derivadas de las condiciones ambientales del área y la falta de infraestructura. Como consecuencia, existen gran cantidad de viviendas construidas en forma precaria y en condiciones ambientales de riesgo.

##### Justificación del Estudio

Esta investigación se plantea la necesidad de indagar posibles aportes tecnológicos que desde el ámbito de la disciplina arquitectónica puedan colaborar a encontrar soluciones y alternativas sustentables.

### **Limitaciones**

A partir de la vocación de trabajo en el territorio sobre el cual desarrollamos nuestras actividades en grado e investigación, se delimitó como área de estudio la cuenca del río Matanza. Debido a la escala de la misma y la duración de dicha investigación no se realizó un recorte concreto de un sitio sino que se trabajó con sus características ambientales generales.

### **Alcances del Trabajo**

Como resultado principal se espera la configuración de nuevas propuestas tecnológicas a partir del trabajo con los materiales disponibles sustentables.

### **Objetivos**

- Explorar nuevas técnicas constructivas – sustentables tendientes a un desarrollo inclusivo en los contextos de la Cuenca Matanza – Riachuelo (CMR).

- Desarrollar y/o adaptar nuevos materiales, sistemas constructivos, componentes y/o proyectos específicos que permitan concebir un hábitat acorde a las necesidades ambientales y sociales de la región.

- Prefigurar proyectos específicos en convenio con el Estado, privados y colectivos sociales, tendientes a la aplicación concreta de las conclusiones obtenidas.

-Desarrollar nuevo conocimiento que permita ser transferido en el contexto del Taller de Tecnología de la Carrera de Arquitectura de la UNLaM.

### **Hipótesis**

El proyecto de investigación parte de las siguientes hipótesis iniciales:

#### **Nuevos materiales**

A partir del análisis y relevamiento de los productos de las industrias de la región, pueden estudiarse alternativas de reutilización y transformación de los mismos, que dada su baja huella ecológica y bajo costo, constituyan un aporte al desarrollo de la vivienda en la región.

#### **Sistemas constructivos o componentes**

El desarrollo de nuevos sistemas constructivos (articulación entre las partes y metodología de ejecución) que den una respuesta específica a las condiciones ambientales (temperatura, condiciones del suelo, inundaciones, etc.) permitiría encontrar soluciones habitacionales apropiadas para el entorno de la Cuenca Matanza Riachuelo.

#### **De los proyectos específicos**

Pueden articularse en conjunto con otros actores de la región proyectos específicos que permitan no solo la puesta en práctica y experimentación de las propuestas estudiadas sino la incorporación de distintos actores sociales del medio que pondrían a prueba las propuestas.

## DESARROLLO

### **Materiales y Métodos**

La metodología implementada planteó el trabajo en paralelo del desarrollo de categorías teóricas de análisis y una experimentación de proyecto en permanente sinergia.

Se analizaron y sistematizaron diversos sistemas constructivos seleccionando uno en particular (CLT) para aplicar a nivel local. En simultáneo se realizaron lecturas críticas del territorio de la CMR utilizando los lineamientos y categorías desarrollados en otras investigaciones del equipo que contribuyeron a delimitar las características ambientales del contexto sobre el cual se trabajó.

Para el desarrollo de la experimentación de proyecto se fijaron una serie de premisas:

- Expresión material
- Lógica estructural
- Flexibilidad espacial
- Acondicionamiento pasivo
- Factibilidad de aplicación
- Adecuación ambiental al medio
- Evaluación económica del sistema

Se utilizaron diversas herramientas digitales y analógicas para producir unas prefiguraciones de proyecto a partir de la manipulación del caso de estudio.

### **Lugar y Tiempo de la Investigación**

La presente investigación se ubica dentro del área temática de proyecto de la carrera de arquitectura del departamento de ingeniería de la Universidad Nacional de la Matanza.

### **Descripción del Objeto de Estudio**

El objeto principal de estudio es el sistema constructivo CLT y su posible aplicación para la producción de vivienda en el ámbito local. Se analizaron casos de estudio comparables y tecnologías disponibles en la región para luego desarrollar una propuesta específica.

### **Descripción de Población y Muestra**

No aplica.

### **Diseño de la Investigación**

No aplica.

### **Instrumentos de Recolección y Medición de Datos**

No aplica.

### **Confiabilidad y Validez de la Medición**

No aplica.

### **Métodos de Análisis Estadísticos**

No aplica.

## Resultados

A partir de un trabajo de análisis de casos y relevamiento de tecnologías sustentables se identificó el potencial interés para nuestro medio del sistema CLT. Se trata de un elemento estructural superficial, una placa de madera maciza portante. Esta placa está constituida por una serie de tablas de madera aserrada dispuestas sucesivamente en capas en sentido contrario (figura 2), logrando así mayor resistencia. Como se observa en la figura 1, este sistema permite construir edificios en altura y representa una novedad en relación a la construcción tradicional en madera realizada con elementos lineales.



Figura 1. Vivienda colectiva en CLT. Fuente: <http://www.cedarlan.ie/cross-laminated-timber>

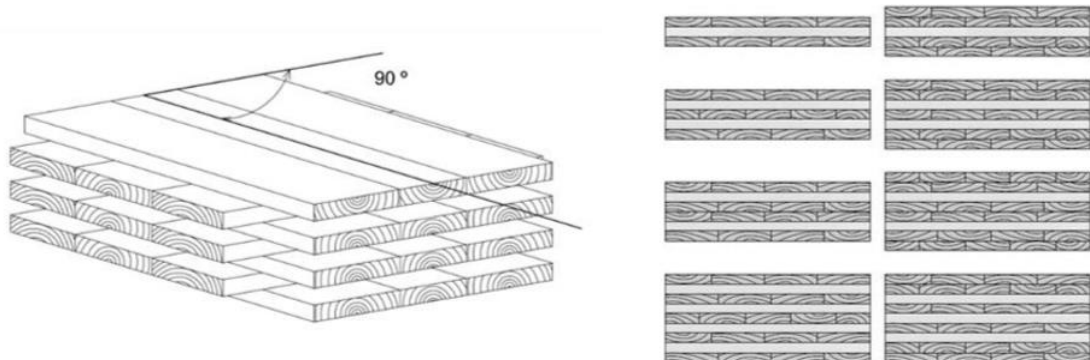


Figura 2. Configuración de paneles de madera contralaminada (CLT) Fuente: Catálogo EGOIN.

Se estudió detalladamente dicho sistema evaluando aspectos técnicos, formales, económicos, entre otros. De este trabajo pudimos deducir que el potencial argentino para el desarrollo de la industria forestal es evidente, así como lo son aún sus limitaciones, tanto por motivos de desarrollo tecnológico como por falta de tradición cultural en la construcción en madera. Pudimos concluir asimismo que si bien el sistema no existe aún en la Argentina, ya se encuentra presente de manera incipiente en Brasil y Chile y en Uruguay. (si bien aún no se produce actualmente) existen estudios para aprovechar el excedente de madera de *Pinus taeda/elliotti* de la industria forestal para lo cual se han desarrollado y probado prototipos (D. Godoy, D., Vega, A., Baño, V., 2017). Estos estudios han comprobado que las maderas disponibles en nuestra región son aptas para utilizar con el sistema CLT.

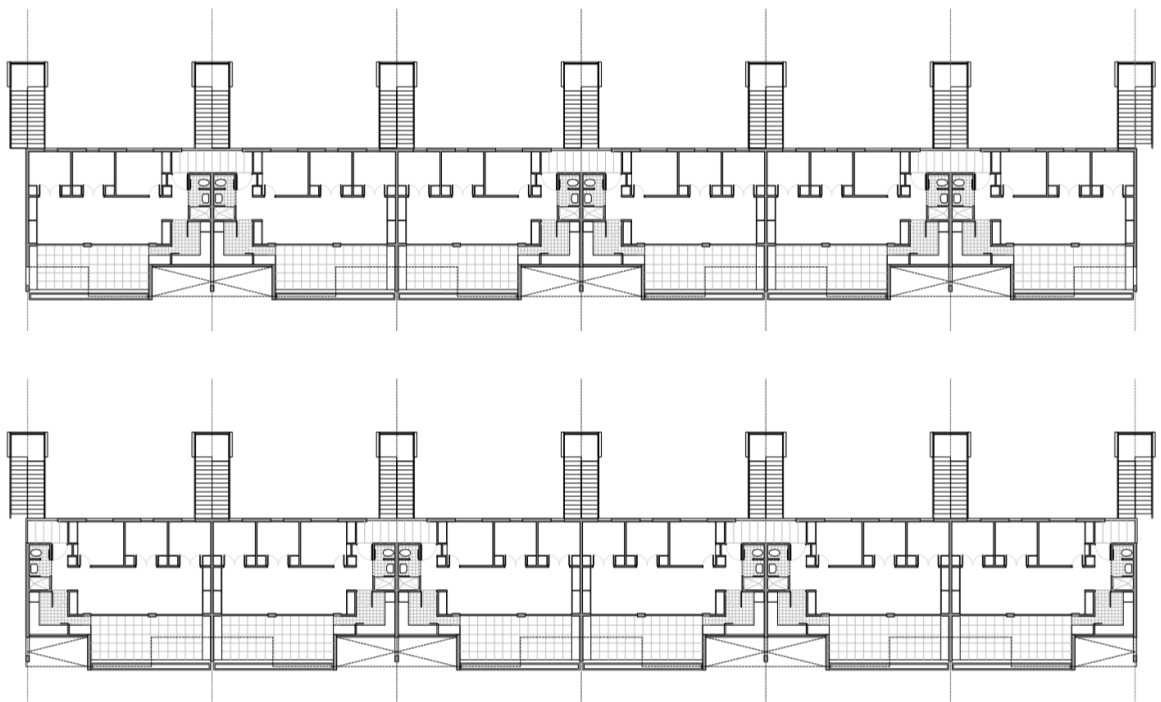
En el caso del CLT, a las condiciones de sustentabilidad que aporta la madera como material de construcción se le suman otros beneficios particulares. Por un lado la alta capacidad de prefabricación, ya que se pueden realizar paneles de hasta 3 x 16 mts limitados únicamente por las condiciones de transporte. Por otra parte, los sistemas de corte del material (CNC) son digitales, en este caso la prefabricación no implica necesariamente repetición de unidades estandarizadas, sino que se trata de un sistema flexible en términos de diseño. Estas condiciones implican beneficios directos en ahorro de tiempo de construcción.

El beneficio más saliente de este sistema es que permite (dada la alta resistencia estructural de los elementos) construir edificios en altura. Asimismo, el estudio de las tipologías estructurales nos permitió comprender que si bien se trata de un sistema constructivo abierto y se puede combinar con otros materiales, su condición diferencial es que se trata de un elemento de madera maciza portante superficial y no lineal. Estas condiciones derivan en la aparición de nuestras tipologías constructivas (edificios de muros portantes de madera) antes limitadas a tabiques de mampostería u hormigón.

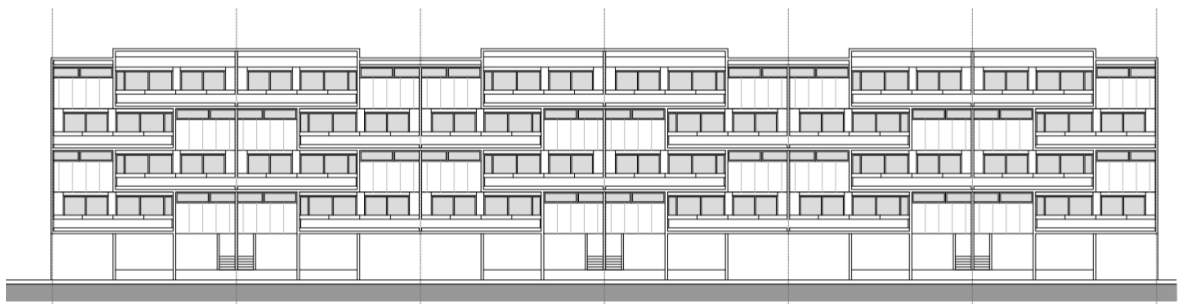
El desafío de aplicar en un modelo teórico este sistema constructivo permitió explorar la dimensión del proyecto arquitectónico pudiendo desplegar diversas variables que contribuyeron al entendimiento del sistema CLT en todo su potencial.

Se produjeron alteraciones al caso de estudio a partir del trabajo con esta tecnología que implicaron repensar su sistema estructural, su imagen, así como también se trabajó sobre la distribución interna de las unidades de vivienda.

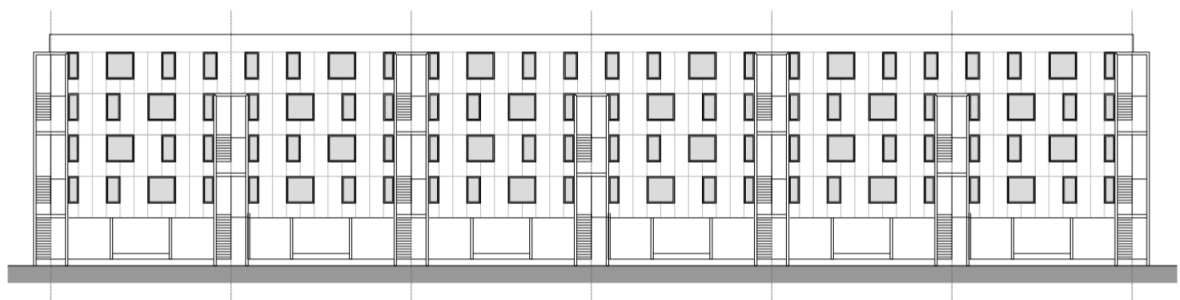
Se realizaron los posibles esquemas estructurales del proyecto original (ver figuras 3 y 4), de los cuales no hemos encontrado información. A partir de éstos hemos desarrollado una propuesta (ver figuras 5 y 6) basándonos en los manuales existentes de CLT y en las condiciones del material previamente analizadas para luego desarrollar un pre dimensionado tentativo.



Plantas Pisos pares e impares



Vista frontal



Vista contrafrente

Figura 3. Redibujo de la obra original. Fuente: Elaboración propia.



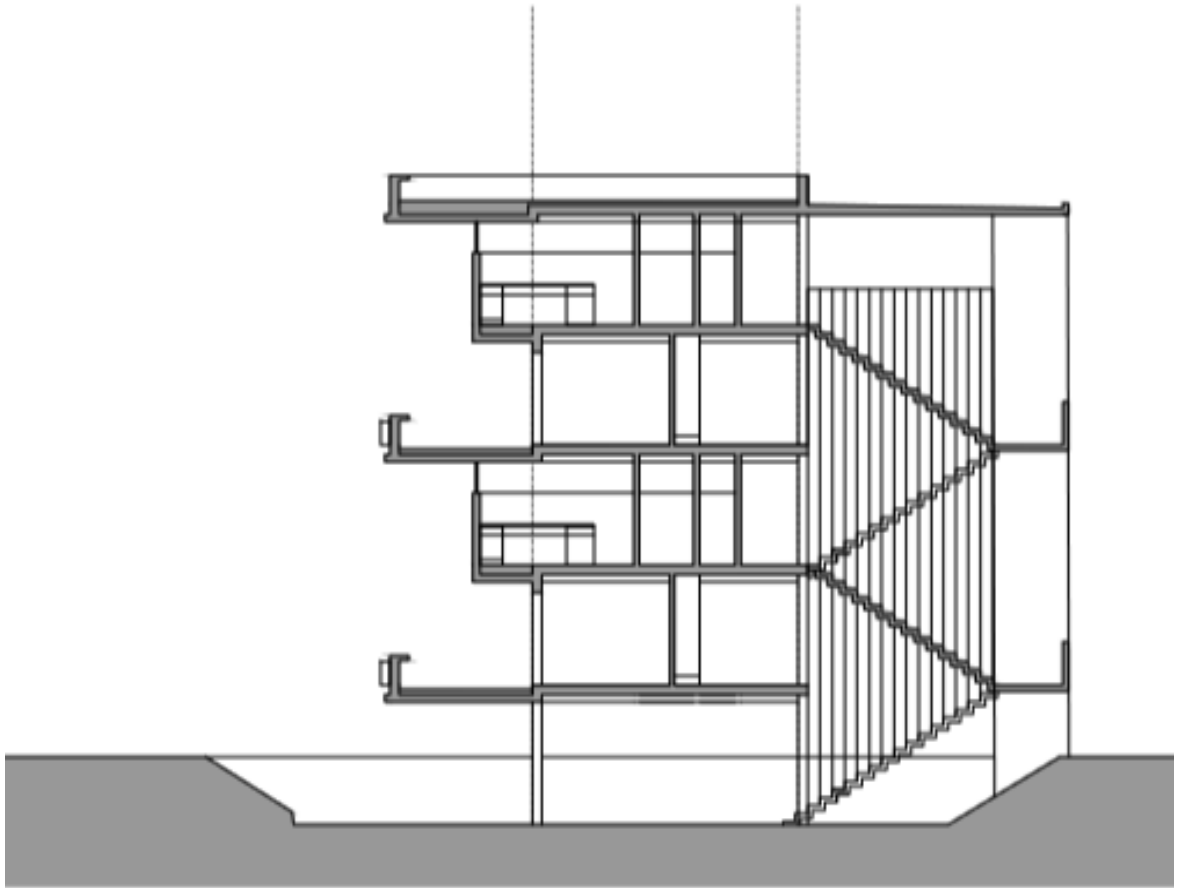


Figura 4. Redibujo de la obra original. Fuente: Elaboración propia.

Corte

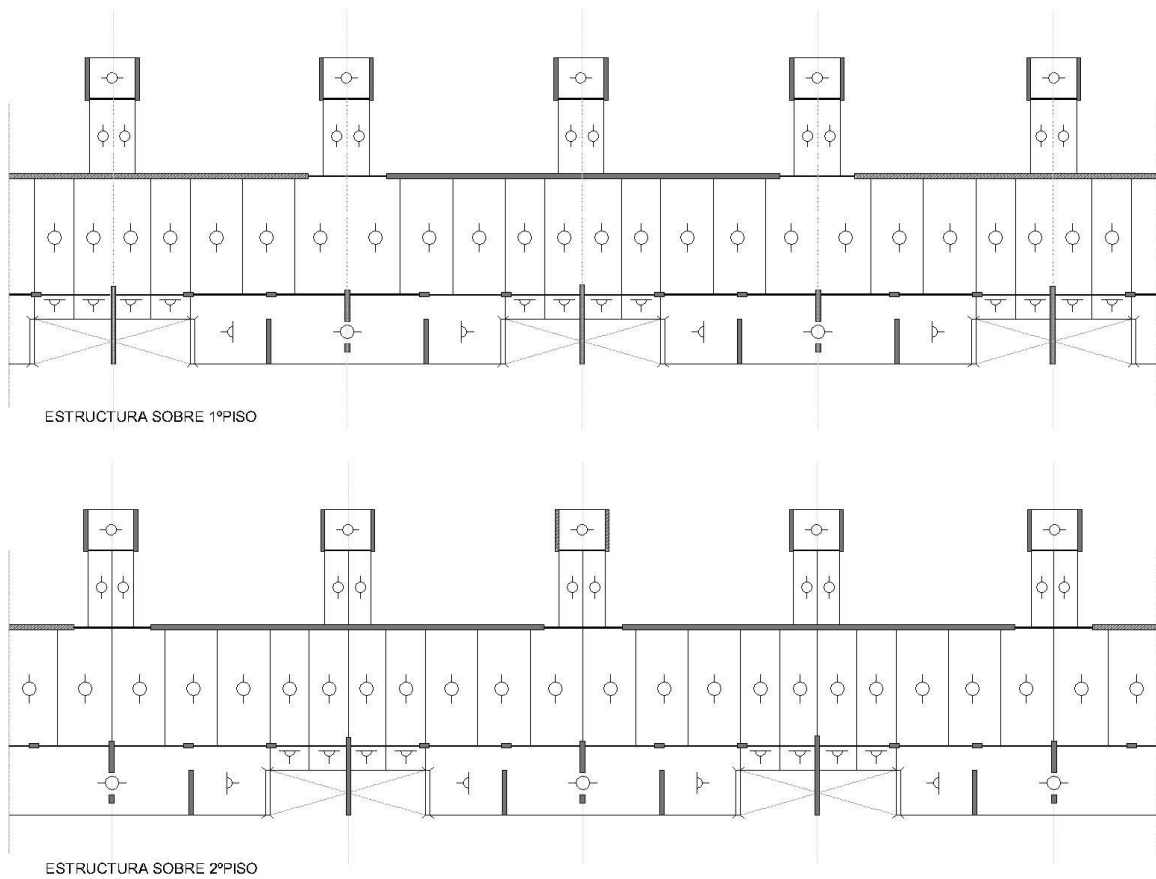


Figura 5. Esquemas estructurales en CLT. Fuente: Elaboración propia.

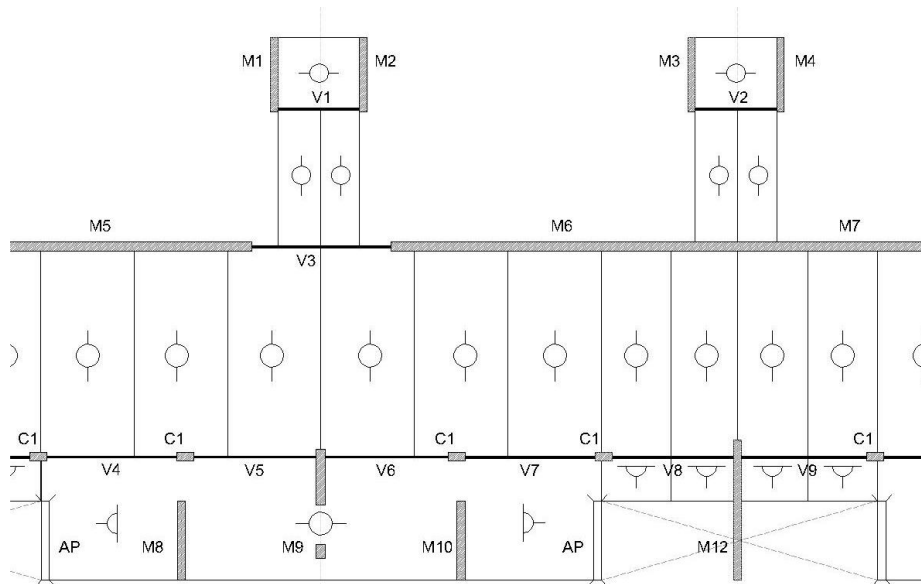


Figura 6. Esquemas estructurales en CLT. Detalle sector. Fuente: Elaboración propia.

Tanto las dimensiones de los elementos como sus características se adaptaron perfectamente para dar respuesta a los requisitos espaciales y la propuesta expresiva del edificio. A continuación detallamos el procedimiento.

### Predimensionado de los elementos estructurales

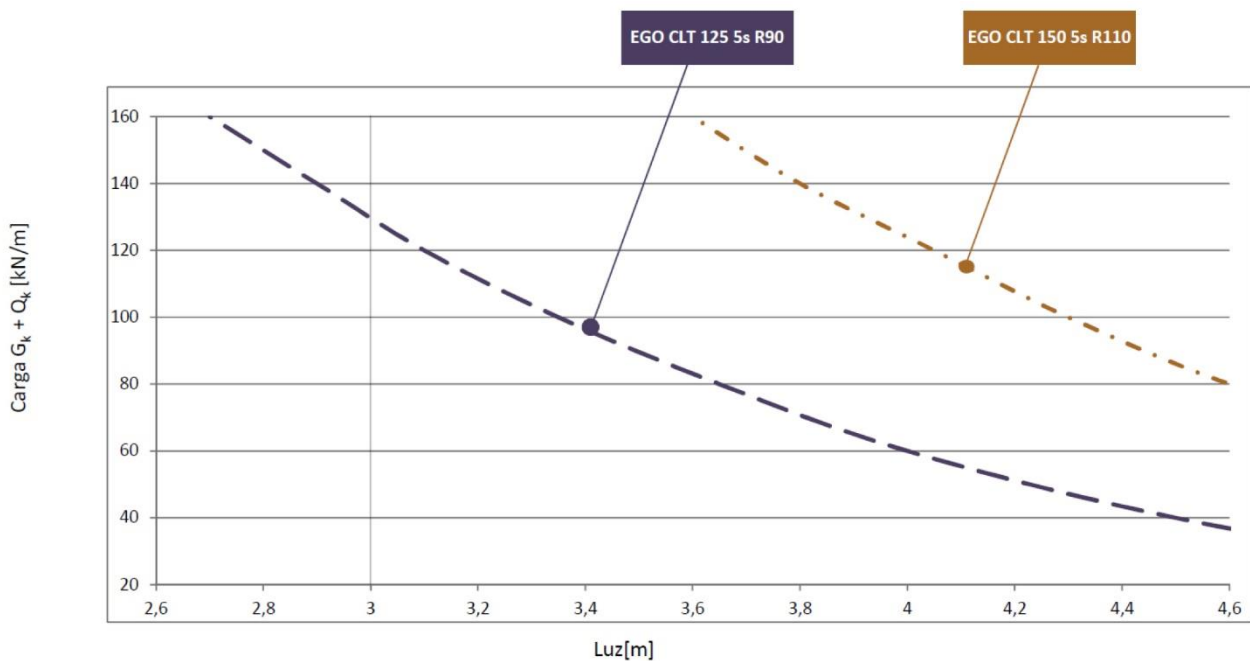
El siguiente predimensionado se realizó tomando como referencia las planillas a este efecto distribuidas por el fabricante EGOIN, "Prontuario Técnico para la Construcción con Paneles de Madera Contralaminados EGO CLT" las cuales se adjuntan.

Se considera una sobrecarga de uso para vivienda de 2KN/m<sup>2</sup>, el peso propio del panel, y factores de seguridad resultando una carga distribuida de predimensionado de 3KN/m<sup>2</sup>

#### Muros clt con mayor sollicitación en primer piso (ubicación tipo M9)

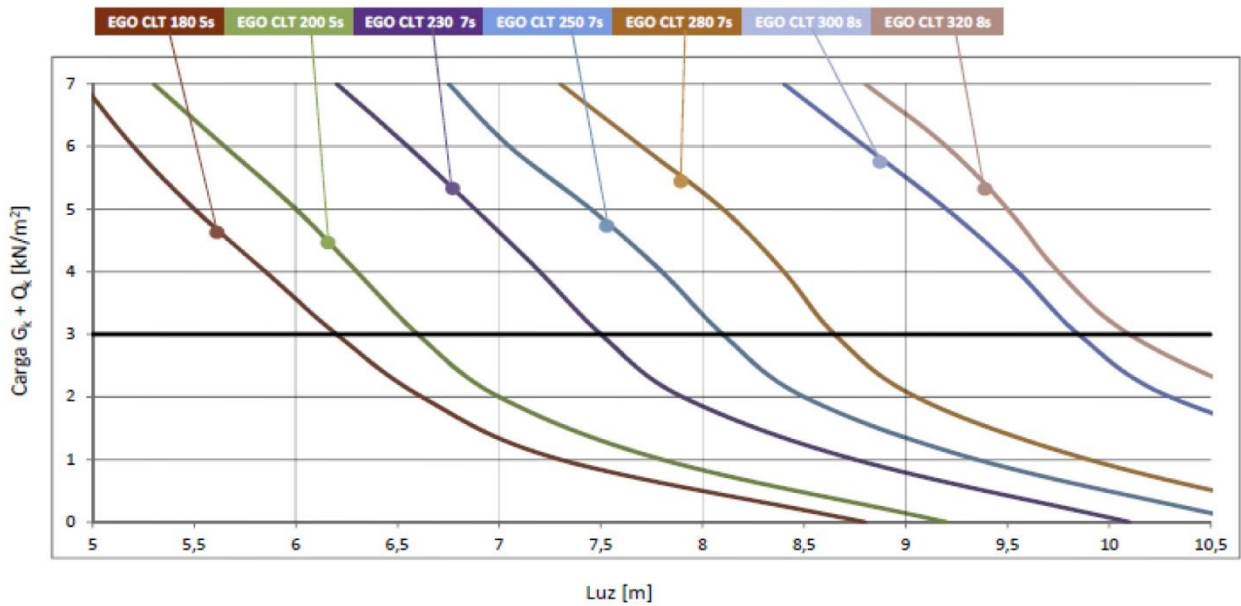
- Descarga de entresijos según area de influencia sobre V5 2.75m x 3KN/m<sup>2</sup>
- Descarga de V5-V6 en M9 8.25 KN/m \* 1.60 \* 2 + peso propio = 27 KN x nivel
- Carga aproximada sobre planta baja ..... 108 KN

Predimensionado con panel de 125mm de espesor (satisface los requerimientos de resistencia al fuego además de los portantes)



#### Placas de entrespiso biapoyadas

- Luz entre apoyos.....7ml
- Carga total.....3KN/m<sup>2</sup>
- Predimensionado: panel contralaminado 230mm de espesor



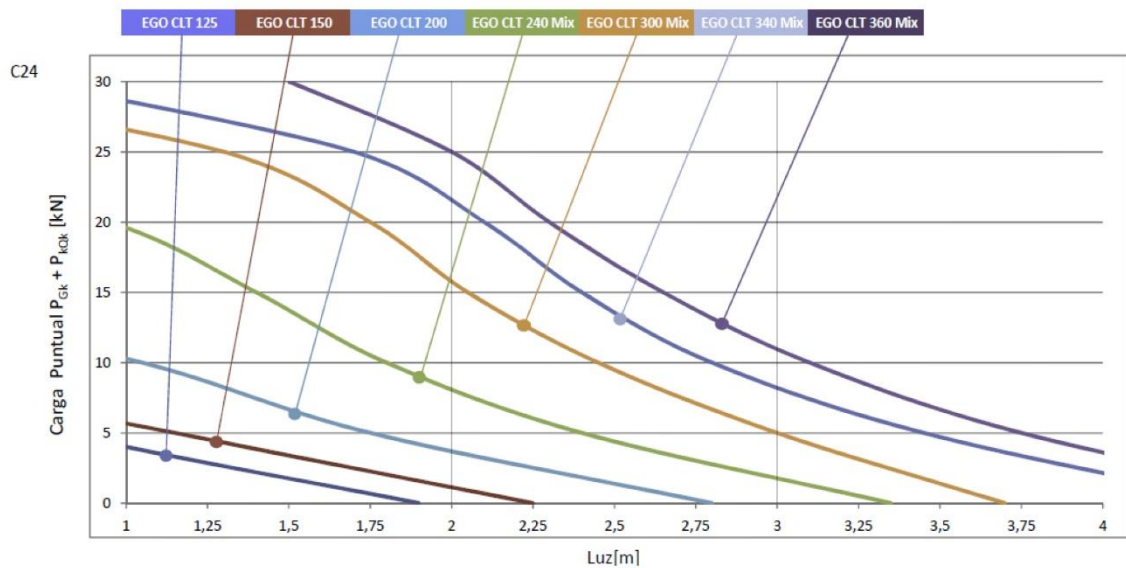
### Placas de terrazas con extremos en voladizo

La carga en el extremo de cada ménsula variará según la rigidez de los nudos con que cada panel extremo de balcón esté vinculado a los paneles de piso generando un entramado continuo. Se considera para el predimensionado la descarga directa de un solo nivel de tabique sobre el extremo de balcón.

Luz ménsula 3.30m

Carga puntual en extremo 9.90 KN

### Predimensionado: panel contralaminado 360mm de espesor



Como puede observarse en la figura 7 expuesta a continuación, se realizó un despiece para evaluar las dimensiones y cantidades de elementos necesarios para conformar una unidad típica.

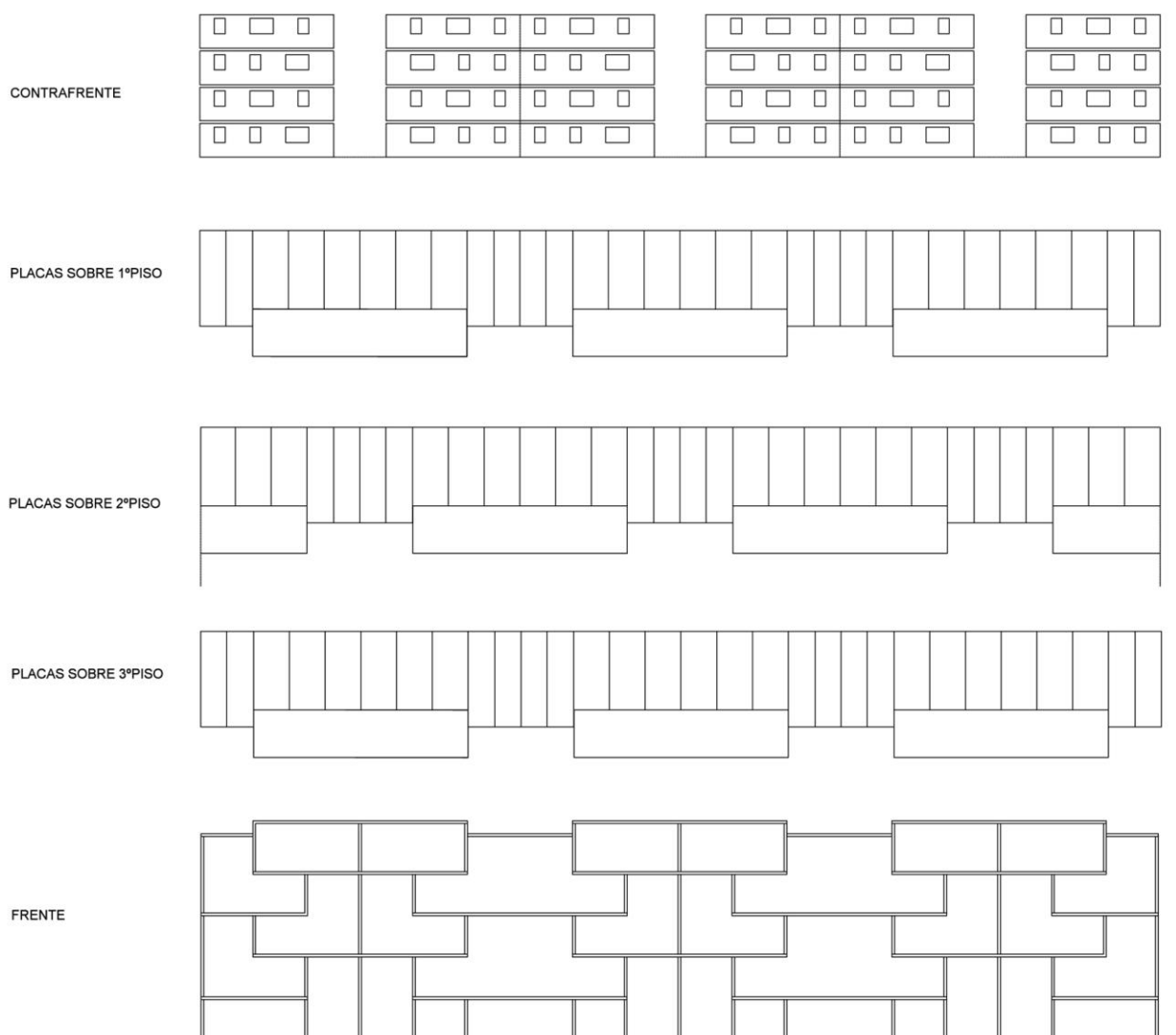


Figura 7. Despiece placas de CLT. Detalle sector. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, como puede verse en las imágenes expuestas a continuación se realizó la modelización de la estructura completa tanto en el modelo de conjunto como de la unidad en particular.

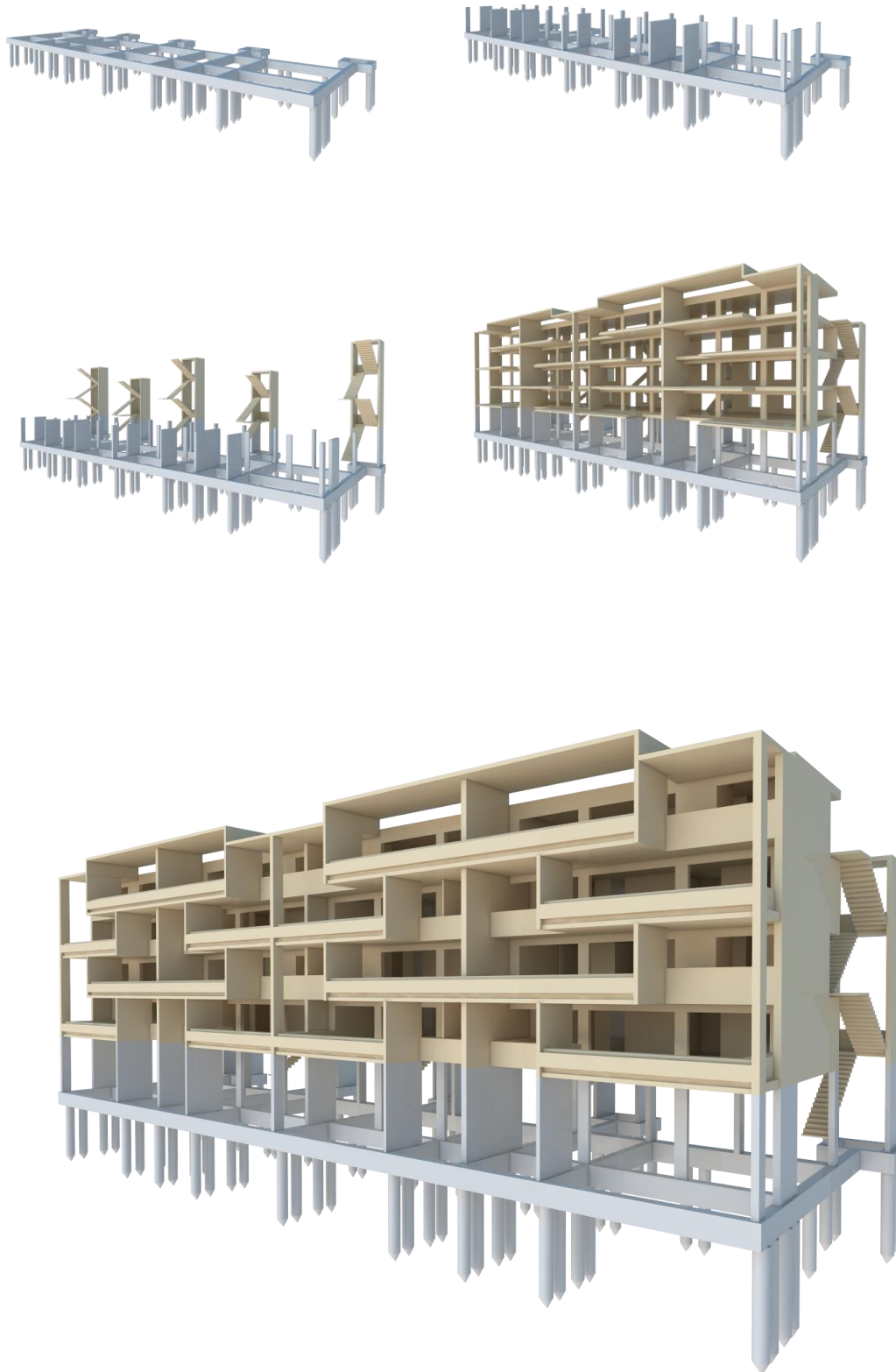


Figura 8. Modelización en CLT. Detalle sector. Fuente: Elaboración propia.

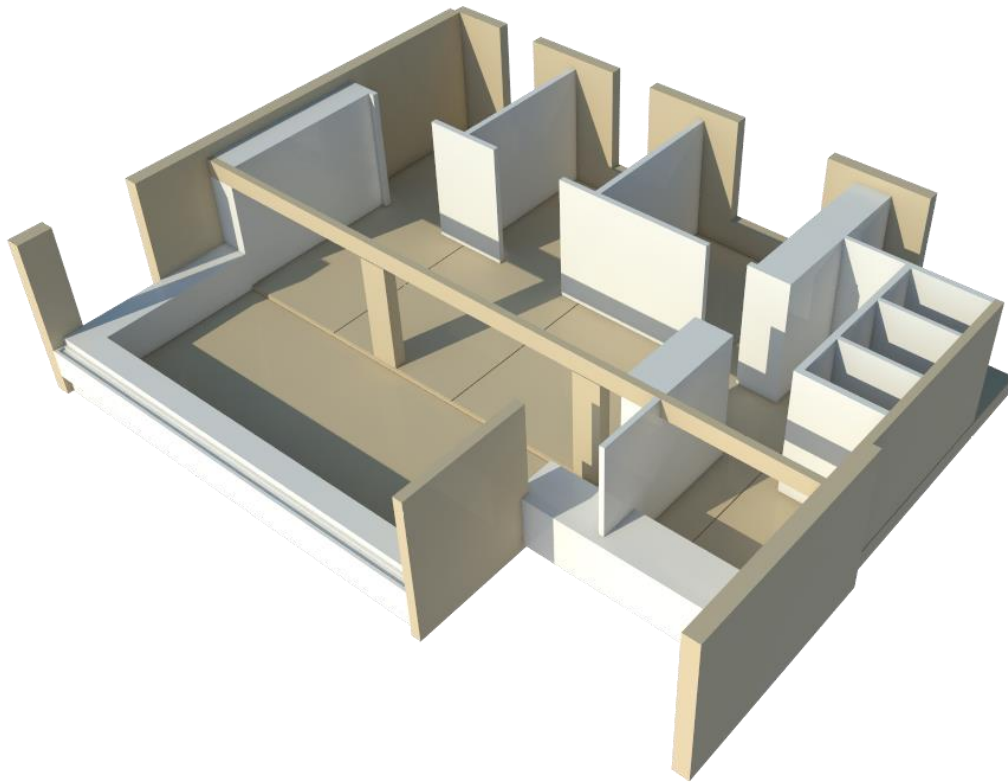


Figura 8. Modelo unidad en CLT. Detalle sector. Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

Entendemos que la investigación realizada se plantea desde un desarrollo analítico proyectual complementario que posibilita el entendimiento de un sistema constructivo sustentable existente que reviste un potencial interés para la región. La evaluación de factibilidad del desarrollo del CLT a nivel local y su aplicación en la producción de soluciones habitacionales en la CMR a partir de una experimentación de proyecto concreta contribuyeron a generar una mirada crítica sobre las posibilidades del sistema.

El proyecto aborda la problemática de los costos y si bien no es factible analizar costos comparativos locales, a partir del estudio de investigaciones precedentes se pudo concluir que en los países en donde está implementada la tecnología los costos del sistema CLT se vuelven competitivos a partir de alturas de 6 pisos, siendo en esos casos más económico que las estructuras de hormigón o acero.

El trabajo de experimentación de proyecto, por su parte, ha otorgado resultados satisfactorios. Se ha comprobado el potencial de nuestro país para la incorporación de un sistema constructivo en madera gracias a las condiciones naturales y potencial desarrollo de la industria forestal. Una línea de investigación que surge del proceso de

experimentación está vinculada a la expresión tectónica de este sistema y su relación con la envolvente.

La producción de una experiencia material 1:1 surgida en el seno de un laboratorio de materiales creado en el área de Tecnología de la carrera se vio condicionada por la falta de recursos del DIIT para crear dicho espacio y equiparlo con las herramientas necesarias. Consideramos que esta primera aproximación teórica contribuye a fundamentar la necesidad de gestionar un espacio propio donde complementar esta investigación realizando experiencias en escala real.

## CONCLUSIÓN

El proyecto nos ha permitido comprender diversas dimensiones de los sistemas constructivos sustentables existentes, en particular el CLT. Hemos analizado que nuestro país tiene un gran potencial para el desarrollo de sistemas constructivos en madera en general y en particular este sistema es viable y la materia prima disponible es apta.

Por otra parte, hemos podido experimentar una posible aplicación del sistema comprobando al mismo tiempo que la metodología de trabajo analítico proyectual es de gran de utilidad para sumar nuevos conocimientos sobre aspectos ya desarrollados previamente.

Atravesar la práctica del hacer posibilita la verificación de la capacidad del sistema para salvar luces de relativa importancia con dimensiones lógicas de material permitiendo así la generación de espacios flexibles que potencian el desarrollo de nuevos modos de habitar.

De la investigación realizada surgen diversas líneas de trabajo para futuros proyectos entre los que podemos destacar dos de sumo interés para el equipo.

Desde el punto de vista del proyecto resultaría interesante aplicar este sistema constructivo a otros casos de estudio.

A mediano plazo el desarrollo de un taller experimental de CLT en la UNLaM es uno de nuestros objetivos. Esto contribuirá a posicionar a una Universidad Nacional frente al desafío de introducir una nueva tecnología de la construcción sustentable en el mercado en una región con una fuerte impronta industrial.

En la actualidad, se están intensificando las estrategias de desarrollo de energías alternativas y sustentables a nivel nacional. Una muestra de ello es el "Acuerdo para la Promoción con de la Construcción con Madera" suscripto por el Ministerio del Interior, Obras públicas y viviendas, en setiembre del año 2017. Entre los compromisos acordados se encuentran cambiar la catalogación del sistema constructivo de entramado en madera de "no tradicional" a "tradicional". Esta modificación permite que los entes ejecutores no tengan que solicitar un Certificado de Aptitud Técnica que es condición para el acceso a los planes de construcción de viviendas del Estado Nacional. Otra meta del acuerdo estipula que el 10% de la vivienda producida por el estado debe ser en madera.



Consideramos que en este marco contextual el estudio de tecnologías constructivas en madera para el desarrollo de vivienda colectiva de media y alta densidad es de interés para nuestra región.

### **Bibliografía Utilizada**

Acosta, Wladimiro. Vivienda y Clima. Miniediciones Helios / Arnoldo Gaité. 1ª ed. Buenos Aires. 2013.

Bejder, A. K. (2012). Aesthetic Qualities of Cross Laminated Timber. Aalborg: Department of Civil Engineering, Aalborg University. (DCE Thesis; No. 35).

Brandner, R. 2013. Production and technology of cross laminated timber (CLT): A state-of-the-art report. En: COST Action FP1004 with TU Graz. European Conference on Cross Laminated Timber (CLT). The State-of-the-Art in CLT Research. May 21-22, 2013. Graz University of Technology, Austria.

Buri, H. y Weinand, Y. Die provisorische Kapelle von St. Loup, in Bulletin Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH, num. 2, p. 16-20, 2008

Cámara Argentina de Aserraderos de Madera (C.A.D.A.M.D.A.)  
[http://www.cadamda.org.ar/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=206&Itemid=2](http://www.cadamda.org.ar/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=206&Itemid=2)

De Moraes Pereira, M. C., Calil Junior, C. Comparativos entre painéis de cross laminated timber produzidos no Brasil. CLEM + CIMAD 2017. 17-19 MAYO 2017. Junín. Universidad Nacional del Noroeste Buenos Aires.

Deplazes, Andrea. Construir la arquitectura. Del material en bruto al edificio terminado. Un manual. Barcelona. GG. 2015.

EGOIN. Prontuario técnico para la construcción con paneles de madera contralaminados EGO CLT. 2016.

Evans, J.M. y Schiller S. Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar, J. M. Evans Ediciones Previas, EUDEBA / SEU-FADU-UBA, 3ra. Edición, Buenos Aires 1996.

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo. Ed. Gráfica Arias Montano. Madrid 2011.

Godoy, D., Vega, A.; Baño, V. Caracterización de paneles de madera contralaminada (CLT) a fabricados a partir de tablas de pinus taeda / eliottii de bajas propiedades mecánicas. CLEM + CIMAD 2017. 17-19 MAYO 2017. Junín. Universidad Nacional del Noroeste Buenos Aires.

Gonzales Soto, Paulina. 2015. Proyecto CORFO 12BPC2 – 13553. Estudios de ingeniería para introducir en Chile un sistema constructivo de rápida ejecución para edificios de mediana altura, utilizando elementos de madera contralaminada. 2015.

Gonzalo G.E., "Manual de Arquitectura Bioclimática". Ed. Arte Color. Tucumán. 1998.

Gonzales, N. y Bedoya. F. Técnicas arquitectónicas y constructivas para el acondicionamiento ambiental. Editorial Munillalera. 1997.

Lanzetti, Andrea. Acondicionamiento térmico de edificios. Manual de aplicación Ley 13059. Instituto de la vivienda de la Provincia de Buenos Aires.

Mazria, Edward. El libro de la energía solar pasiva. Editorial Gustavo Gili. 1983.

Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio exterior y Culto. Informe Sectorial de la madera. 2009. p. 20.

Misiones Online. 2016. <http://misionesonline.net/2016/08/05/999999638362/>

OLATEK. Catálogo CLT. 2015.

Pilar, C. A. Vedoya, D. E., Jacobo, G. J. Construcción en seco en madera. Una alternativa viable para la construcción de viviendas en la ciudad de Resistencia.

Serra Florensa, Rafael y Coch Roura, Helena. Arquitectura y Energía Natural. Edicions UPC. Barcelona. 1995.

Silva, C., Branco, J.M. & Lourenco, P.B. A project contribution to the development of sustainable multistory timber buildings. 2013.

#### **4. Cuerpo de anexos:**

**Anexo I:** Conteniendo el formulario FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación acompañado de las hojas foliadas con los comprobantes de gastos.

**Anexo II:** Copias de certificados de participación de integrantes en eventos científicos.

**Anexo III:** Copia de artículos presentados en publicaciones periódicas, y ponencias presentadas en eventos científicos.