

# Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2021

Docencia  
Investigación  
Extensión  
Gestión



DOCENCIA  
INVESTIGACIÓN  
EXTENSIÓN  
GESTIÓN

### **Dirección General**

Decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE  
Dr. Arq. Miguel A. Barreto

### **Dirección Editorial Fau UNNE**

Secretaria de Investigación,  
Dra. Arq. Venettia Romagnoli

### **Comité Organizador**

Dra. Arq. Herminia Alías  
Arq. María Victoria Cazorla  
Esp. Prof. Cecilia De Lucchi  
Mg. Arq. Anna Lancelle  
Mg. Arq. Patricia Mariño  
Mg. Arq. María Laura Putel  
Lic. Lucrecia Seluy

### **Asistentes - Colaboradores**

DG Carlos Ariel Ayala Chabán  
DG César Augusto  
MMO María Micaela Ferrigno

### **Revisión Editorial**

Cecilia Valenzuela

### **Coordinación editorial y compilación**

Dra. Arq. Venettia ROMAGNOLI

### **Diseño y Diagramación**

Marcelo Benítez

### **Corrección de texto**

Cecilia Valenzuela

### **Edición**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Universidad Nacional del Nordeste  
(H3500COI) Av. Las Heras 727 •  
Resistencia • Chaco • Argentina  
Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

### **ISSN 1666-4035**

Reservados todos  
los derechos.

La información contenida en este volumen es absoluta responsabilidad de cada uno de los autores. Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la información contenida en el presente volumen con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

## RELEVAMIENTO DE EJEMPLOS INTERNACIONALES Y NACIONALES Y APLICACIÓN HIPOTÉTICA DE MADERA CONTRALAMINADA CRUZADA EN EDIFICIO DE LA REGIÓN NORDESTE ARGENTINA

Gasparini María S.; Pilar, Claudia A.; Vedoya, Daniel E.  
msolgasparini@hotmail.com

### RESUMEN

Con el objetivo de verificar la factibilidad de aplicación de la madera laminada cruzada (CLT por sus siglas en inglés, Cross Laminated Timber) en la Región Nordeste Argentina (NEA), se realizó un relevamiento de algunos ejemplos internacionales equivalentes a distintos programas arquitectónicos utilizando al CLT como material principal. Para verificar sus posibilidades de aplicación constructiva, se reformuló un anteproyecto de edificio de la ciudad de Corrientes, realizado por la autora junto a un grupo de trabajo, y originalmente proyectado en construcción tradicional, adecuándolo a la tecnología CLT.

### PALABRAS CLAVE

CLT; construcción sostenible; prefabricado.

Becaria de pregrado, directora y codirector. ITDAHU, Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNNE.

### OBJETIVOS

#### Objetivo general

Diagnosticar la factibilidad de utilización del CLT en la región NEA, especialmente en la provincia de Corrientes, analizando su aplicabilidad en la construcción de diversos programas arquitectónicos.

#### Objetivos particulares

- Relevar ejemplos a nivel internacional, nacional y regional del material CLT y su aplicación.
- Reformular un proyecto de edificio tradicional mediante la tecnología CLT.

- Realizar una comparación integral (sustentabilidad ambiental, economía, tiempos de producción y montaje, etc.) de sistemas constructivos tradicionales y en relación con la construcción en madera de CLT.

### INTRODUCCIÓN

La construcción en madera en la región NEA, así como también en el país, debe ser implementada en mayor medida debido a una multiplicidad de aspectos que serán detallados en este informe.

La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el

hombre. Actualmente, en la mayoría de los países desarrollados su uso como material estructural alcanza a más del 90% de la construcción habitacional de 1 a 4 pisos. (Fritz Durán, 2003, p. 13)

Pero esto no sucede en los países latinoamericanos, como en Argentina, donde el desconocimiento de este material y del sistema constructivo CLT implica un desaprovechamiento. Se considera que resultaría factible y beneficiosa la introducción de este sistema de paneles de madera en la industria de la construcción regional, a partir de las ventajas ambientales

provistas en un contexto de crisis climática mundial, aún más importante debido a que se dispone de los recursos forestales necesarios para el desarrollo de dicha industria. Actualmente se observa la presencia de una variedad de innovadores sistemas constructivos de madera y sus derivados, ingresando así en el mercado de la construcción que solo va en continuo crecimiento.

Una técnica en madera popularizada en Europa y que ha sido implementada en otros países debido a sus numerosos beneficios es la Madera Contralaminada o Madera Laminada Cruzada (*Cross Laminated Timber*, CLT o TCL). Perteneciente al grupo de los paneles de madera sólida —o *mass timber*—, este sistema de reciente desarrollo surgió por primera vez en Austria y Alemania a mediados de los 90, y en 2000 comenzó a extenderse por Europa. "Actualmente, este material es uno de los productos derivados de la madera más emblemáticos para la construcción de edificios de mediana altura en países desarrollados como Canadá, Nueva Zelanda, EE. UU. y en la Comunidad Europea" (González, 2014, p. 8). En dichos países, la tecnología del CLT ha sido investigada y respaldada científicamente. Además se manifestó un creciente número de edificios creados con paneles de este material, evidencia internacional de su efectividad como sistema en la construcción.

### ¿Qué es el CLT?

La Asociación de Investigación de las

Industrias de la Madera (AITIM) define al CLT como un tablero estructural formado por al menos tres capas de tablas de madera de coníferas encoladas generalmente solo en sus caras, y en algunas ocasiones también por sus cantos, de forma que las tablas de capas sucesivas sean perpendiculares entre sí, excepto en casos particulares con capas dobladas. Los tableros monocapa con un encolado superpuesto y entrecruzado transforman las características anisótropas de la madera en un material con un comportamiento casi isotrópico, lo que permite una distribución de la carga en las dos direcciones ortogonales, algo que, hasta ahora, estaba reservado a las construcciones con hormigón armado. Además se reducen a un mínimo irrelevante los grados de contracción y dilatación de la madera. Los paneles pueden funcionar como paredes, pisos, muebles, revestimientos y techos, y su longitud y grosor se adaptan a las demandas de cada proyecto.

## DESARROLLO

El sistema de paneles CLT está siendo aplicado mayormente en los países desarrollados, demostrando sus altas prestaciones y funcionalidad. Es un sistema en continuo crecimiento, popularizado en Europa, que se extendió luego en América del Norte y que actualmente se introduce en Latinoamérica. Se han realizado distintas construcciones, adaptándose a variados programas arquitectónicos.

## Obras internacionales en CLT

### 1. Edificio Stadthaus

Edificio de apartamentos

Londres, Inglaterra. Año: 2009

Diseño y producción: Waugh Thistle-ton, Techniker y KLH

Stadthaus es el primer edificio de vivienda de alta densidad construido con paneles prefabricados de madera laminada cruzada, muros y losas, pero también escaleras y ascensores. Stadthaus, con nueve pisos que alcanzan 30 metros de altura y con 29 apartamentos, se puede considerar uno de los edificios enteramente de madera más altos del mundo (ver figuras 1, 2 y 3).

El edificio está pensado con criterios ambientales; la madera guarda 0,8 toneladas de carbono dentro de 1 metro cúbico y es un material reutilizable. Los paneles pueden además ser desmontados fácilmente y usados como fuente de energía al final de la vida útil del edificio, y la madera de desperdicio al fabricar los paneles es convertida en combustible para suministrar energía a la fábrica y al pueblo local. Se emplearon en todo el edificio 901 m<sup>3</sup> de madera almacenando más de 186.000 kg de carbono. El estimado dióxido de carbono producido en la generación de energía necesaria para la construcción del edificio, incluyendo el transporte de los paneles de madera desde Austria, es aproximadamente de 10.000 kg de carbón por año. Esto ha sido totalmente compensado por el ahorro de carbono del edificio por unos veintiún años.



**Figuras 1, 2 y 3.** Edificio Stadthaus. Fuente: Pryce Will, 2009

Cuando los paneles llegaban eran colocados en posición y fijados en su sitio. Cuatro carpinteros montaron las ocho plantas de la estructura en veintisiete días, y el edificio se completó en 49 semanas. Se calculó un ahorro de cinco meses sobre una construcción de hormigón, y fue terminado antes de lo programado. Cada panel es prefabricado incluyendo los vanos para ventanas y puertas. Cualquier pared interna puede hacerse cargo de tomar cargas y liberar a otros muros para agrandar las superficies o aberturas.

## 2. Tallwood House

Edificio de residencia de estudiantes Vancouver, Canadá. Año: 2017  
Diseño y producción: Acton Ostry Architects Inc. y Structurlam

Brock Commons Tallwood House, el edificio de residencia de estudiantes

en la Universidad de Columbia Británica (UBC), ahora ocupa una posición como el edificio con estructura de madera más alto del mundo, con una altura de 53 m y dieciocho pisos. El edificio utiliza un modelo de construcción híbrido, con núcleos de hormigón y elementos de acero prefabricados



**Figuras 4, 5 y 6.**  
Tallwood House  
Fuente: Brudder



que ayudan a la estructura de [made-  
ra](#). La estabilidad lateral y vertical se da mediante la combinación de estos elementos (ver figuras 4, 5 y 6). El edificio se completó en tan solo 70 días,

después de que los componentes prefabricados estuvieran listos para el ensamblaje, considerablemente más corto que el tiempo que habría tomado completar un edificio de concreto del mismo tamaño.

### 3. Edificio Mjøstårnet – La Torre del Lago

Edificio de apartamentos  
Brumunddal, Noruega. Año: 2019  
Diseño y producción: Voll Arkitekter,  
Moelven Limtre y Sweco

El equipo se unió para construir un edificio de dieciocho pisos entre 80 y 90 m de altura en Brumunddal. El resultado es el edificio de madera más alto del mundo, según el **Council on Tall Buildings**. Las áreas circundan-

tes de Brumunddal son famosas por su industria forestal. Mjøstårnet se fabrica con unos 3500 m<sup>3</sup> de madera, y no es el modelo de un edificio alto de madera, sino un contribuyente a un mayor desarrollo sostenible. Desde el punto de vista sostenible, se muestra que es posible construir edificios de madera, grandes y complejos y, de esa manera, inspirar a otros a hacer lo mismo (ver figuras 7, 8 y 9).

### 4. Edificio The Treet

Edificio de apartamentos de lujo  
Bergen, Noruega. Año: 2016  
Diseño y producción: Bergen and Omegn Building Society (BOB)

Bloque de apartamentos de 49 metros de altura. La estructura comprende una mezcla de CLT y madera laminada (Glulam), y se encuentra construido en concreto en la planta baja (ver figuras 10, 11 y 12). El concepto implica que los módulos se apilan de cuatro pisos de altura, con dos plataformas que se anclan a la estructura de Glulam. Estas están soportadas y reforzadas por vigas de celosía de Glulam de tres metros de altura. Otros cuatro pisos de módulos se apilan en la parte superior de cada plataforma. Son 62 departamentos distribuidos en catorce pisos. Para escaleras, paneles de ascensores, balcones y algunas paredes interiores, se utilizó CLT; sin embargo, desde el punto de vista estructural, se prefirió el Glulam. En ese sentido, se estima que gracias al uso de este material se pueden llegar a evitar que 18.000 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) sean emitidas.



**Figuras 7, 8 y 9.** Edificio Mjøstårnet. Fuente: Ricardo Foto y Øystein Elgsaas, 2020







**Figuras 10, 11 y 12. Edificio The Treet**  
Fuente: Sanite, 2017



## Obras latinoamericanas en CLT

### 5. Casa Minimod

Casa  
Catuçaba, Brasil. Año: 2015  
Diseño: MAPA

Minimod es una exploración proyectual, tecnológica y experiencial. Basado en una lógica sistémica de módulos combinables customizables, permite la elección y composición de los módulos que mejor se adapten a cada paisaje y usuario, así como ofrece la opción de escoger terminaciones exteriores. Minimod pretende ser una alternativa a la construcción tradicional, incorporando todas las ventajas de la industria: mayor precisión, mayor rapidez, menor cantidad de generación de desperdicios y, sobre todo, una mayor responsabilidad ambiental. Su tecnología CLT consiste en un sistema industrializado, durable y

sustentable de paneles sólidos de madera reforestada tratada. Conjugue así la eficiencia del producto industrializado, la sustentabilidad de

las nuevas tecnologías y la sensibilidad del material natural por excelencia. Esto se puede observar en las figuras 13, 14 y 15.



**Figuras 13, 14 y 15. Casa Minimod**  
Fuente: Leonardo Finotti, Fazenda Catuçaba



## 6. Posada de Madera

Hotel

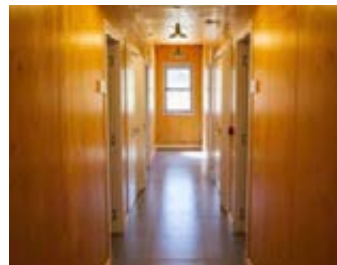
José Ignacio, Uruguay. Año: 2018

Diseño: Enkel Group

Edificio de tres niveles con estructura de madera CLT para la cadena hotelera internacional VIK, en José Ignacio, uno de los balnearios más

exclusivos (ver figuras 16, 17 y 18). El hotel alcanza aproximadamente 1800 m<sup>2</sup>, utilizó 504 metros cúbicos de madera y captó 580 toneladas de CO<sub>2</sub>. "Esta construcción en madera tiene muchas ventajas ambientales, pero también de industrialización y de procesos constructivos, como la rapidez y el control de calidad.

Es un sistema favorable por donde se lo mire, por su calidad, el nivel económico, por asuntos ecológicos y por un tema de tiempos", indicó Gutiérrez. El director técnico del grupo indicó que Vik, su cliente, quería construir esta obra con una estructura de madera y tenían muy corto plazo de ejecución.



*Figuras 16, 17 y 18. Hotel de madera para cadena hotelera VIK. Fuente: EFE / Federico Anfitti*

## 7. Oficina Corporativa

Oficina corporativa  
empresa SITSA

Villa María, Córdoba,  
Argentina. Año: 2020

Diseño: Kaiasul  
Wood



*Figuras 19, 20 y 21. Oficina de la empresa SITSA. Fuente: Kaiasul Wood*

La oficina corporativa de la empresa SITSA (Grupo Fonte) en Villa María, Córdoba, es la primera construcción en madera en Argentina con esta modalidad, construida con base de CLT y vigas laminadas. La oficina tiene una superficie de 204 metros cuadrados (ver figuras 19, 20 y 21). Se abastece de energía con paneles fotovoltaicos y cuenta con

cargador para autos eléctricos. Alejandro Leyton, quien es titular de la empresa que realizó la obra, Kaiasul Wood, sostuvo que no son difíciles "el montaje, la aplicación y el diseño en CLT", aunque sí "el desarrollo de las placas de CLT es complicado, porque requiere estudios, requiere analizar las maderas y muchas otras condiciones".





### Reformulación de edificio de mediana altura a partir de la tecnología CLT

A continuación, se presenta como caso de estudio un ejemplo de vivienda agrupada de mediana altura de características tipológicas habituales de la región NEA, proyectado para su implantación en la ciudad de Corrientes, Argentina. Se trata de un anteproyecto realizado por la autora del presente artículo, junto a Galizzi Florencia y Romero Bruno Valeria, en el marco de la asignatura Arquitectura IV UPC, Universidad Nacional del Nordeste, en el año lectivo 2019.

El edificio posee una serie de departamentos y espacios comunes, como

son los *amenities*, y ha sido proyectado en hormigón armado, vidrio DVH EKOGLASS para los paneles de vidrio y aberturas, y se utilizó la madera como parte de la envolvente del edificio y para los parasoles móviles de los departamentos. Además, se integraron terrazas verdes que forman parte de la propuesta bioclimática del edificio, como puede observarse en las figuras 22 y 23.

Se calcula, para el edificio proyectado en hormigón armado, un tiempo de obra en torno a los dos años y medio o tres años. En el caso de la construcción de una vivienda de hormigón, se necesita de aproximadamente doce meses para su completa construc-

ción. Cuando se construye con este sistema constructivo se observa el peso de los factores climáticos, que pueden atrasar días e incluso semanas la construcción. Así como también se deben tener en cuenta los tiempos de fraguado y curado, ya que el *hormigón* fresco tarda alrededor de *veintiocho días* para alcanzar la resistencia estándar.

Con respecto al material predominante del edificio, el hormigón armado, es importante resaltar que la cantidad de hormigón que se produce anualmente es la responsable del 8 % de la cantidad de CO<sub>2</sub> que hay en la atmósfera. En primer lugar, se encuentran las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en la producción del hormigón. En torno a un 55 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción se originan en la conversión de caliza en cal y alrededor del 40 % de las emisiones son el resultado de los procesos de combustión necesarios para producir energía térmica requerida. La producción de cemento produce 870 kg de dióxido de carbono. Esto es, unos 237 kg de carbono por tonelada de material utilizado. Adicionalmente, la producción de acero produce 1750 kg de dióxido de carbono, que se traduce en 477 kg de carbono por tonelada de material utilizado.



*Figuras 22 y 23. Imágenes del anteproyecto de edificio realizado por la autora junto a las alumnas Florencia Galizzi y Valeria Romero Bruno para la cátedra de Arquitectura IV UPC de la UNNE. Fuente: elaboración propia*

Otra de las maneras en las que contamina el hormigón sucede en la ejecución de las obras. Uno de los problemas mayores es el vertido de aguas que se utilizan en el lavado del hormigón. Esto implica vertido de partículas y químicos que se depositan directamente a ríos y mares. Otro problema es la arena, ya que la cantidad de arena es finita, y se extrae de manera indiscriminada, incluso del fondo del mar usando dragas. Además, el hormigón es responsable del 9 % de las extracciones de agua industrial mundialmente. Y, si tenemos en cuenta el ciclo de vida del material, a finalizar su vida útil los componentes de hormigón deberán pasar por un proceso de demolición que genera una enorme cantidad de residuos sin posibilidad de reutilización y contaminación así el ambiente.

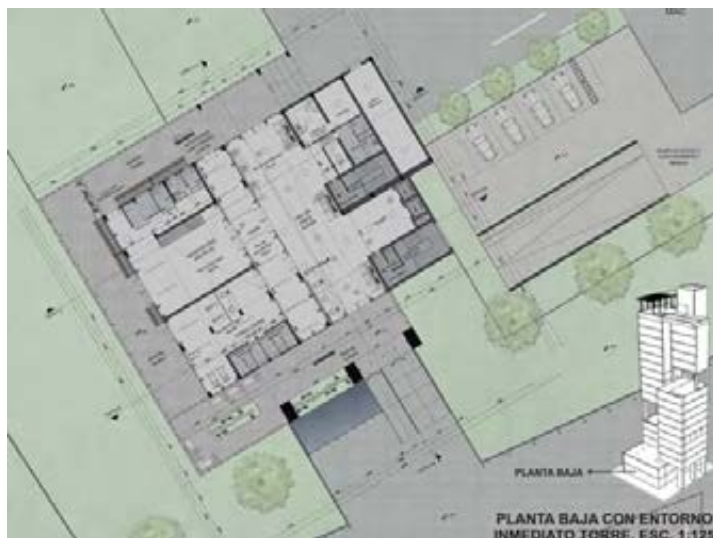
### **Aplicación del sistema CLT en el caso de estudio**

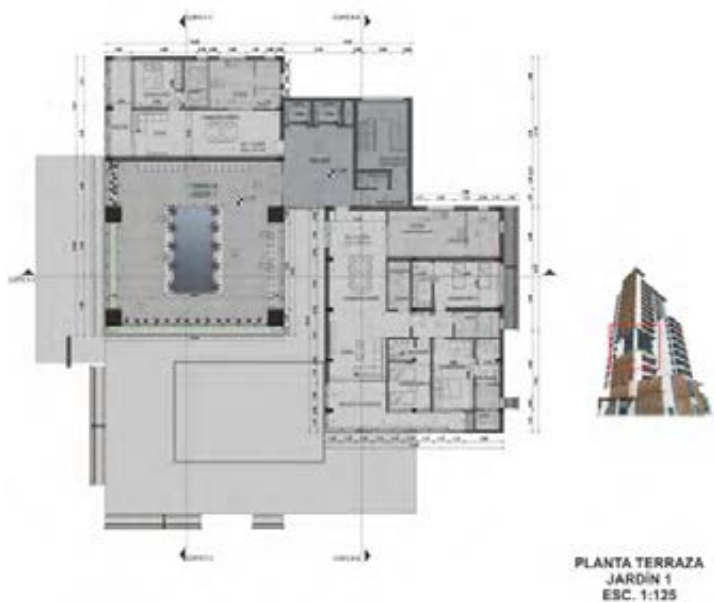
Para la aplicación del CLT en un edificio se realizó la reformulación del edificio del ejemplo presentado con el sistema constructivo de madera laminada cruzada. El edificio tiene una superficie aproximada de 7000 m<sup>2</sup>. Solo se mantuvieron del ejemplo anterior las columnas de hormigón armado de gran tamaño que forman las terrazas jardines y el sector inferior derecho de la planta baja. Mientras que las demás paredes portantes y divisorias, que forman todo el edificio, así como el núcleo vertical, fueron proyectadas de madera laminada cruzada, para permitir formar plantas flexibles con locales amplios (ver

figuras 24, 25 y 26). Esta combinación entre materiales, como el CLT con el hormigón armado, solo fue posible por la propiedad de este sistema de madera que permite acoplarse a otros sistemas constructivos, tradicionales o no, de manera óptima. Este sistema permite la máxima libertad arquitectónica, con diseños que generan formas y aberturas muy precisas, y componentes delgados, lo que permite ganar espacio. No solo pueden producirse muros y losas, si no que también escaleras y núcleos de ascensores de esta madera. Además es un sistema compatible con sistemas de construcción convencionales o no. También, "las potencialidades tipológicas de edificios de mediana altura en madera y sus variantes, pueden llegar a conformar modelos replicables, que posibilitarían la cons-

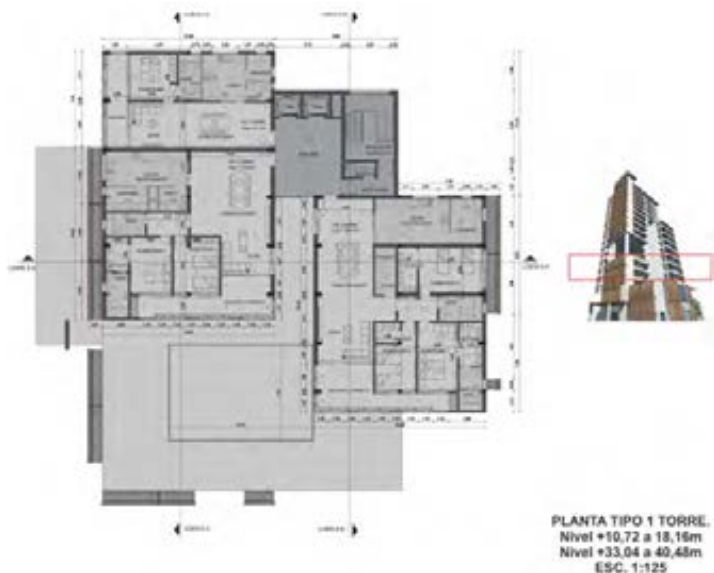
trucción masiva de soluciones habitacionales" (González, 2014, p. 56).

Para el edificio proyectado en el sistema CLT, se calcula la mitad o un tercio de tiempo que las obras tradicionales, con una duración de obra aproximada de un año y medio, quince a dieciocho meses, debido a su altura con dieciocho pisos (ver figuras 28, 29, 30, 31, 32 y 33). Esto se refiere a todo el proceso constructivo, terminaciones y detalles, pero si solo se considera el montaje del edificio con los paneles, puede realizarse a una velocidad de montaje de una planta cada tres días. En el caso de tener viviendas prefabricadas, solo se necesitan cuatro a seis meses (aunque esto dependerá del tipo de empresa y tipo de vivienda, superficie, acabados elegidos, etc.). Los materiales de construcción en





**Figuras 24 (página 122), 25 y 26.** Plantas del edificio del anteproyecto reformulado en CLT. Fuente: elaboración propia



seco nos brindan la posibilidad de efectuar montajes en plazos más cortos, dado que se prescinde de los tiempos de fragüe de los materiales húmedos y tampoco se depende de factores climáticos en la mayoría del proceso, ya que la producción de los componentes se realizan en fábricas.

El precio del CLT es muy variable, dependiendo de la empresa y del proyecto. Según Del Prim Gracia Iñaki (2021), se estima entre 1000 y 1100 EUR el m<sup>3</sup> para paneles de 100 o 120 mm de espesor. Esto significa que el metro cuadrado del material ronda los 90 y 110 EUR. Si se compara coste de material del CLT frente a un pórtico de hormigón, es más caro. Si se tiene en cuenta que el CLT no es solo estructura, sino que también es cerramiento, e incorpora hermeticidad, aporta aislamiento, tendríamos que empezar a comparar CLT con estructura de hormigón, cerramiento de ladrillo, yeso para la hermeticidad, y algo más, entonces los precios se empiezan a equiparar. Si la comparación es global teniendo en cuenta puesta en obra, medios auxiliares, tiempos y plazos, residuos, el CLT gana.

Con respecto al impacto ambiental que produce el edificio es importante considerar que la madera es el único material que reúne la condición de renovable y reciclable. La madera absorbe carbono durante toda su vida natural y continúa almacenando ese carbono una vez cortada, guardando 0,8 toneladas de carbono dentro de 1 metro cúbico. Por lo cual se trata de

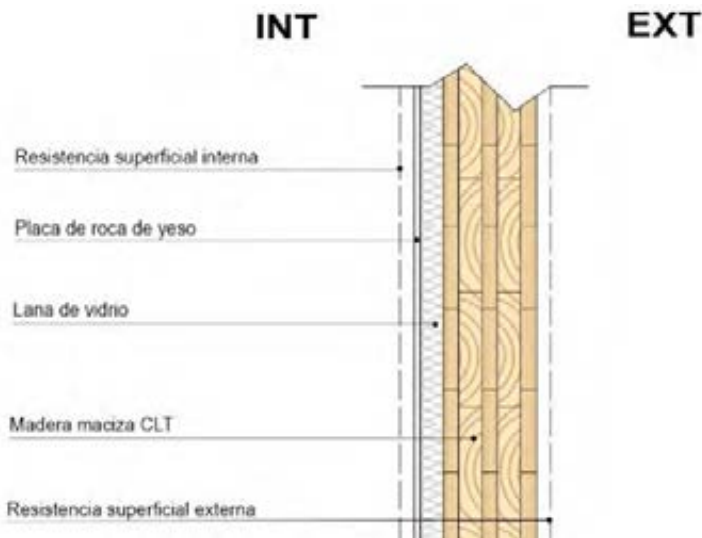
la alternativa constructiva con la más baja huella de carbono. También se produce baja cantidad de CO<sub>2</sub> durante el proceso de producción del CLT y durante la construcción con dicho material, y el proceso es mucho más limpio sin dejar residuos. Además se presenta la opción de aumentar el ciclo de vida del producto brindando una nueva función al producto de madera utilizado, lo que la mayoría de los materiales no permiten. Dicha opción es posible partir de la reutilización, donde los paneles se encuentran en un buen estado para seguir funcionando. Esto evitaría la demolición del edificio que genera residuos. Otra opción es la del reciclaje, donde los paneles pueden ser procesados al punto de descomponerse en fragmentos formando así tableros. O, aquellas virutas o serrín, así como también los cortes sobrantes en los aserraderos, pueden servir para la obtención de energía por biomasa. Con respecto a esto último, la región tiene lo necesario para que esta industria se potencie al máximo, Corrientes cuenta con la mayor planta de energía a partir de biomasa forestal del país, ubicada en Virasoro. La central térmica es la primera planta de producción de energía renovable a partir de biomasa forestal que aportará al sistema eléctrico. Además la provincia cuenta con otra Planta de Biomasa ubicada dentro del Parque Foresto-Industrial de Santa Rosa.

Para la selección de las capas que forman parte del panel exterior de CLT, considerado como cerramiento

principal del edificio, se tuvo en cuenta que la madera CLT prácticamente cumple con las funciones que debe aportar un cerramiento, por lo cual solo se agregaron capas de materiales que se consideraron como un aporte mayor hacia una eficiencia ambiental y estética. El panel está compuesto por cinco capas de tableros de madera con las capas perpendiculares a la dirección longitudinal del tablero intercaladas con las capas paralelas a la dirección logitudinal del tablero. Dicho conjunto de tableros forman un espesor total de 20 cm. El panel cumple función estructural, aislante térmica y acústica y como terminación exterior. Además, para un aumento de la aislación térmica del cerramiento se propuso una capa de lana de vidrio, y como terminación

interior del edificio se propuso una placa de roca de yeso para los respectivos departamentos y espacios comunes, como puede observarse en la figura 27.

Dicho cerramiento cumple con la Norma IRAM 11.605, con un nivel de transmitancia térmica de 0,34, cumpliendo entonces con el nivel A de confort, que es aquel recomendado y ecológico, garantizando condiciones ambientales de bienestar, con un razonable consumo energético para climatización para la Zona Bioambiental Ib (ver tabla 1). También cumple con las Normas IRAM 11.625 evitando la aparición de fenómenos de condensación intersticiales (ver tabla 2) y superficiales del vapor de agua (ver tabla 3).



**Figura 27.** Detalle del cerramiento exterior del proyecto reformulado en CLT.  
Fuente: elaboración propia

**TABLA 1** CÁLCULO DE COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA - NORMA IRAM 11.605

PANEL EXTERIOR DE MADERA CLT Zona BIOAMBIENTAL: Ib Época del año: VER-INV	Sentido flujo de calor: Horizontal		
CAPAS CONSTITUTIVAS	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/λ)
Resistencia superficial interna			0,13
Placa de roca de yeso	0,013	0,37	0,04
Lana de vidrio	0,05	0,042	1,2
Madera maciza CLT	0,2	0,13	1,54
Resistencia superficial externa			0,04
TOTAL	0,263		2,95
Transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)		0,34	
Transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)			
VERANO	0,34 < 0,45 Cumple con el Nivel A		
INVIERNO	0,34 < 0,38 Cumple con el Nivel A		

Elaboración propia sobre la base de Norma IRAM 11.605

**TABLA 2** CÁLCULO DE RIESGO DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES

CAPA	e	λ	R	T	δ	Rv	HR	Pv	TR	ΔT
UNIDAD	m	W/mk	mk/W	°C	g/mhkPa	M²hPa/g	%	Kpa	°C	°C
AIRE INTERIOR				18			70	1,42	12	6
1. Resistencia superficial interna			0,13							
				17,22				1,42	12	5,22
2. Placa de roca de yeso	0,013	0,37	0,04		0,05	0,26				
				16,98				0,79	3	13,98
3. Lana de vidrio	0,05	0,042	1,2		0,5	0,1				
				9,74				0,55	-1	10,74
4. Madera maciza CLT	0,2	0,13	1,54		50	0,004				
				0,45				0,55	-1	1,45
5. Resistencia superficial externa			0,04							
AIRE EXTERIOR (Corrientes)				0,2			90	0,55	-1	1,2
TOTAL	0,263		2,95	17,8		0,36		0,87		

Elaboración propia sobre la base de Norma IRAM 11.625

**TABLA 3** CÁLCULO DE RIESGO DE CONDENSACIONES SUPERFICIALES

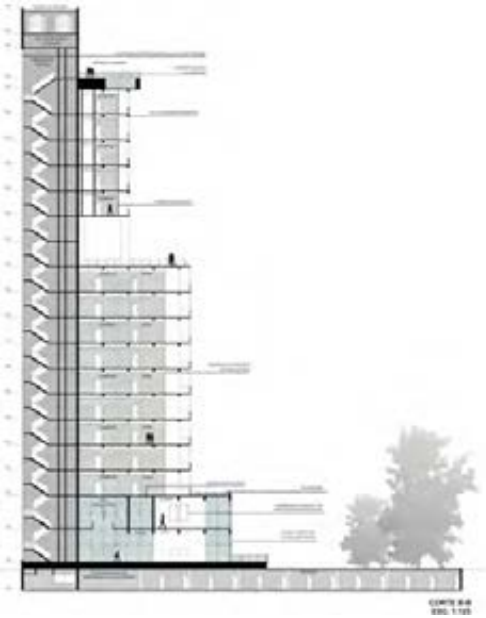
T	θ	T Rocío	ΔT
1,03	16,97	12	4,97

Elaboración propia sobre la base de Norma IRAM 11.625

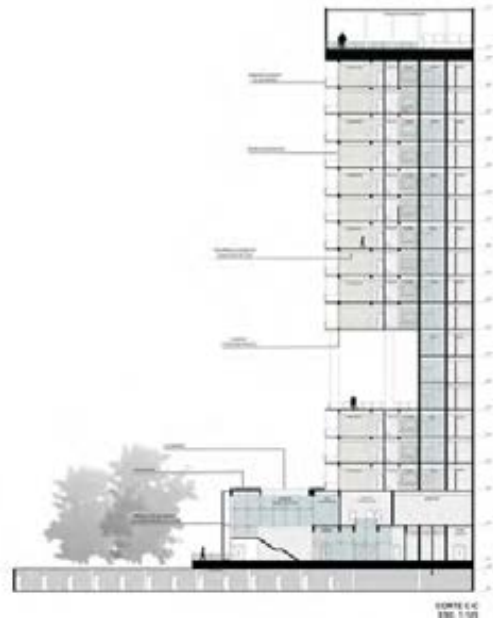
**ΔT > 0 B.C**

No existen riesgos  
de condensaciones  
superficiales





Figuras 28, 29 y 30. Cortes del proyecto reformulado en CLT.  
Fuente: elaboración propia



## CONCLUSIONES

*"El mundo no puede evolucionar más allá de su actual situación de crisis utilizando el mismo pensamiento que creó esta situación"*

*Albert Einstein*

Actualmente el planeta se encuentra en una crisis ambiental sin precedentes. El mundo se enfrenta a una triple emergencia ambiental ligada al cambio climático, la contaminación y la pérdida de la biodiversidad, y, según advierte Naciones Unidas, estas crisis suponen una seria amenaza para la humanidad. Por este motivo



**Figuras 31, 32 y 33.** Vistas del proyecto reformulado en CLT.  
Fuente: elaboración propia



hay que comenzar a rever la forma de nuestras acciones. Una de esas acciones a partir de la cual se libera dióxido de carbono a la atmósfera y residuos al ambiente es la construcción. Aun así, la construcción es necesaria porque el ser humano necesita de un techo en el cual habitar, que cumpla con las condiciones necesarias de confort y habitabilidad. Pero, tal vez, las formas en que se viene construyendo no son las mejores para el humano y mucho menos para el medio ambiente. Dicho esto se propone repensar nuestras formas de diseño.

Se debe considerar la madera como el material más antiguo utilizado por el hombre y al mismo tiempo el material del futuro. Posee características ambientales que lo posicionan como el material ecológico por excelencia: recurso renovable que no resulta contaminante para el ambiente, altamente reciclable, biodegradable y que durante su vida como árbol fija dióxido de carbono, por lo que es considerado un “sumidero de CO<sub>2</sub>”.

La región del NEA posee el mayor volumen de madera de reforestación del país. En particular la provincia de Corrientes posee el mayor volumen maderable; sin embargo, el nivel de industrialización es aún bajo. La introducción del sistema CLT en la región generaría un alto impacto económico activando la cadena de valor forestal y reactivando el mercado de la construcción. Pero esto no sería posible solo con la importación de este material, sino que debería producirse en la región. El recurso maderero existe, y en grandes cantidades. Resulta necesario elevar el nivel de industrialización de la madera, para lograr un desarrollo sustentable en lo económico, social y ambiental. Uno de los principales rasgos es que el CLT permitiría el uso integral del recurso forestal, reutilizando material que sería descartado en la tecnología de la madera maciza, lo cual significa un rasgo de sustentabilidad inspirado en la naturaleza, en la cual no existe el residuo y la materia se usa con total eficiencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera (AITIM).**

**Brudder.** Brock Commons Tallwood House. <https://www.naturallywood.com/project/brock-commons-tallwood-house/>

**Del Prim Gracia, I.** (2021). *Charla informativa: Diseño de estructuras en madera: casos de proyectos sostenibles en España*. Eligemadera.

**EFE / Anfitti, F.** (2019). *Un hotel de madera en Uruguay busca ser ejemplo en Sudamérica*. <https://obras.expansion.mx/arquitectura/2019/10/01/un-hotel-de-madera-en-uruguay-busca-ser-ejemplo-en-sudamerica>

**Fritz Durán, A.** (2003). *Manual de construcción de viviendas en madera*. Corporación chilena de la madera (CORMA).

**Finotti, L. & Fazenda Catuçaba** (2020). MINIMOD Catuçaba / MAPA. [https://www.plataformaarquitectura.](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/802166/minimod-catucaba-mapa)

[cl/cl/802166/minimod-catucaba-mapa](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/802166/minimod-catucaba-mapa)

**González, P.** (2014). *Sistema constructivo en madera contralaminada para edificios*. CLT Chile.

**Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM).** *Normas 11605, 11.625 y 11.630.*

**CLT Cross-Laminated Timber.** Kaiasul WOOD.

**Pryce, W.** (2009). Stadthaus, 24 Murray Grove - Waugh Thistleton Architects. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-22097/stadthaus-24-murray-grove-waugh-thistleton-architects>

**Ricardo Foto y Øystein Elgsaas** (2020). Mjøstårnet La torre del lago Mjøsa / Voll Arkitekter. <https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter>

**Sanite** (2017). *Treet: El Edificio en entramado de madera más alto del mundo*. <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/treet.html>

