

# ALTERNATIVAS DE CERRAMIENTOS VERTICALES EN MADERA PARA CORRIENTES DESDE LA PERSPECTIVA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

**Mansilla, Rosario; Pilar, Claudia A. y Vargas, Marcelo.**

arq.rosariomansilla@gmail.com

claudiapilar2014@gmail.com

mva\_arquitectura@hotmail.com

Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (ITDAHu), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).

ALTERNATIVES FOR VERTICAL WOODEN ENCLOSURES FOR CORRIENTES FROM THE PERSPECTIVE OF THE CIRCULAR ECONOMY

## KEYWORDS

From cradle to cradle, reuse, recycling, design.

## ABSTRACT

This article addresses vertical wood enclosure alternatives for the province of Corrientes, Argentina, which has the largest forested area in the country. Various materials used or that are feasible to implement are analyzed, analyzing presentations, costs, construction and environmental aspects. Vertical enclosure alternatives are available, verifying their thermal transmittance. It is concluded that it is feasible to propose vertical enclosures that incorporate the circular economy criterion in their design.

## PALABRAS CLAVE

De la cuna a la cuna; reutilización; reciclaje; diseño.

## RESUMEN

El artículo aborda alternativas de cerramiento vertical en madera para la provincia de Corrientes, Argentina, que posee la mayor superficie forestada del país. Se analizan diversos materiales utilizados o que resultan factibles de implementar, así como presentaciones, costos, aspectos constructivos y ambientales. Se disponen alternativas de cerramiento vertical, verificando su transmitancia térmica. Se concluye que es factible proponer cerramientos verticales que incorporen el criterio de la economía circular en su diseño.

<https://doi.org/10.30972/adn.127974>

## OBJETIVOS

La investigación se propone emprender un análisis exhaustivo y enriquecedor al comparar la aplicación de diversos materiales de carácter sustentable y su integración en los sistemas constructivos de madera, específicamente orientados a ser implementados en la región del Nordeste Argentino (NEA). Este empeño no sólo busca evaluar sus características intrínsecas, sino que también aspira a impulsar y consolidar los fundamentos de la economía circular, con el firme propósito de fomentar la preservación de los recursos dentro del mercado durante el máximo período posible. Cabe destacar la importancia vital que desempeña la geografía y el contexto regional en la adopción y éxito de esta metodología constructiva.

## INTRODUCCIÓN

La región NEA se distingue por su abundante riqueza forestal; sin embargo, resulta paradójico que las alternativas de construcción que emplean la madera, especialmente en términos de sustentabilidad, reciclaje y circularidad, aún no hayan sido objeto de una atención y aplicación suficientes. Dicho enfoque limitado ignora el vasto potencial que los recursos forestales poseen para impulsar prácticas constructivas más responsables con el entorno.

A la luz de esta realidad, surge la imperante necesidad de plantear nuevas perspectivas y soluciones disruptivas que trasciendan los paradigmas convencionales. Este estudio busca superar la inercia de los métodos y materiales tradicionales, al tiempo que pone de manifiesto la importancia de una evaluación rigurosa de su efectividad y de los impactos ambientales que generan. El propósito último radica en la identificación de un abanico diverso de soluciones que no sólo sean sensibles al medio am-

biente durante la etapa de utilización de una edificación, sino que abarquen todo el ciclo de vida del proceso constructivo.

En este contexto se hace evidente la oportunidad de analizar y destacar cómo la madera, material sostenible por excelencia, puede desempeñar un papel protagonista en esta iniciativa. En palabras del Departamento de la Industria de la Madera y el Mueble del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), la madera posee la capacidad única de capturar una tonelada de carbono y liberar 0,7 toneladas de oxígeno en la atmósfera por cada metro cúbico de material. Esta cualidad equilibra el impacto ambiental del proceso de obtención y uso de la madera, así como también resalta su contribución a la mitigación del cambio climático

En términos de consumo de agua, durante la producción de viviendas y edificaciones, las estructuras de madera sobresalen por su eficiencia, al mismo tiempo que generan menos residuos en comparación con sistemas constructivos convencionales, contribuyendo así a una reducción significativa en la generación de escombros.

No obstante, a pesar de las innegables ventajas que la madera presenta como material de construcción sostenible, es fundamental explorar y analizar en profundidad los diferentes sistemas constructivos disponibles en el mercado.

El enfoque se centra en comprender tanto el tradicional sistema de entramado (Balloon Frame) como el moderno sistema de paneles CLT (madera contralaminada), y examinar cómo estos sistemas no sólo pueden ser aplicados en la región NEA, sino también adaptados para satisfacer los requisitos de circularidad y sustentabilidad que exige el panorama actual.

En resumen, este estudio persigue una comprensión más amplia y profunda de

las oportunidades y desafíos inherentes a la incorporación de materiales sostenibles en la construcción con madera en la región NEA. A través de un análisis integral, se aspira a ofrecer soluciones tangibles que trasciendan la mera utilización de recursos y den forma a una industria de la construcción más respetuosa con el medio ambiente y consciente de su impacto a lo largo de todo el ciclo de vida edificatorio.

## DESARROLLO

El ámbito de la construcción se erige como un pilar fundamental en el espectro de la sostenibilidad y la eficiencia energética, debido a su notable influencia en el consumo de recursos y la generación de residuos a lo largo de su ciclo de vida. En el contexto de la provincia de Corrientes, la construcción se caracteriza mayormente por adherirse a métodos tradicionales, como la utilización de mampuestos y mezclas húmedas. Sin embargo, esta aproximación conlleva ciertas deficiencias en términos de calidad, lo que resulta en niveles de confort reducidos para los ocupantes de las edificaciones, quienes se ven obligados a consumir considerables cantidades de energía que no pueden reintegrarse a la naturaleza de manera efectiva.

En este contexto, la filosofía de la economía circular emerge como una perspicaz estrategia aplicable a la arquitectura. Este enfoque introduce una gama diversa de soluciones que permiten el diseño y la fabricación de materiales capaces de ser reutilizados y reintegrados en la industria, ya sea para desempeñar la misma función o para cumplir con propósitos diferentes. En este proceso, la economía circular progresivamente reemplaza las materias primas convencionales, priorizando la adopción de elementos duraderos que puedan ser reparados y separados, a fin de adaptarlos a nuevos usos y prolongar su vida útil.

El protagonismo de la madera como recurso sostenible de excelencia se revela en su versátil desempeño. Según el Departamento de la Industria de la Madera y el Mueble del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), cada metro cúbico de madera tiene la capacidad de capturar una tonelada de carbono, además de liberar 0,7 toneladas de oxígeno a la atmósfera. Este equilibrio ecológico contrarresta las emisiones de carbono producidas durante su obtención e industrialización. Además, el proceso de producción de viviendas y edificios que utilizan estructuras de madera se caracteriza por su bajo consumo de agua en comparación con otras alternativas constructivas. Esta eficiencia se traduce en una reducción sustancial de residuos en comparación con los métodos de construcción tradicionales, minimizando así la generación de desechos y su impacto ambiental.

La madera, al mismo tiempo, se destaca por su notable eficiencia energética. Sus propiedades intrínsecas, combinadas con las características del sistema constructivo en su conjunto, resultan en un consumo reducido de energía para calefacción y refrigeración, en comparación con materiales alternativos. Esto se traduce en beneficios tanto ambientales como económicos, ya que el uso eficiente de energía contribuye a la mitigación del cambio climático y a la reducción de costos operativos.

En las provincias de Corrientes y Misiones, la madera de pino se emplaza como la especie predominante, mientras que, en Entre Ríos, el eucalipto adquiere un rol central. Estas maderas encuentran un

uso extendido en la producción arquitectónica, reforzando aún más su relevancia en la región.

### El recurso forestal en la provincia de Corrientes

La Región Mesopotámica (Corrientes, Misiones y Entre Ríos) posee la mayor superficie de bosques implantados del país, que representa el 76% del país. La provincia de Corrientes posee el 34% de la superficie de bosques implantados del país, con 436.367 hectáreas, de las cuales el 68,85% corresponde a pinos y el 29,74% a eucaliptus.

La madera es el material ecológico por excelencia (renovable, reciclable, genera bajo volumen de residuo, alta resistencia térmica y sus residuos pueden generar energía). Además, presenta ventajas perceptuales en los usuarios de los espacios, que cada vez más valoran el contacto con materiales naturales, generando mejoras psicológicas y sensación de bienestar. En los países desarrollados y con tradición forestal, la madera altamente tecnificada es considerada un material básico en la industria de la construcción, sobre todo por su alta performance ambiental.

### De la construcción lineal a la circular

La construcción tiene como finalidad satisfacer las necesidades físicas, psicológicas y psicosociales del ser humano de contar con un hábitat o cobijo, pero la actividad produce grandes impac-

tos ambientales. Esta implicancia de la construcción en el ambiente ha sido asumida y pasada a un plano consciente por parte de los distintos actores involucrados en las últimas décadas.

La construcción consume materia y energía, y genera residuos, en sus distintos momentos, desde la extracción de la materia prima, su transformación, el transporte, la construcción, la etapa de uso, mantenimiento hasta el final de la vida útil. Es justamente este final de vida útil una instancia "invisible", sobre la que no se asume la responsabilidad de gestión final de los residuos. No se planifica un reúso responsable, un desmantelamiento sustentable o algún tipo de planificación con respecto a esta instancia. Por ello, la construcción es habitualmente un proceso "lineal" en el que la materia y la energía van de la "cuna a la tumba".

Este proceso se produce en un contexto específico, generando modificaciones del paisaje natural y cultural de carácter directo o indirecto, que afectan tanto al entorno próximo como al mediato. En síntesis, en todas las instancias se generan impactos locales y globales.

El desarrollo sostenible de los edificios implica lograr la funcionalidad requerida, intentando minimizar los impactos ambientales negativos. Al mismo tiempo, se propician mejoras en aspectos culturales, económicos y sociales a nivel local, regional y global (NORMA 11930).

La figura 1 esquematiza la realidad actual de la construcción. La materia prima se extrae de la naturaleza, generalmente proveniente de recursos no renovables,



Figura 1. Esquema gráfico de la construcción lineal (insustentable). Fuente: elaboración propia.

no reutilizables y no reciclables. La transformación se realiza gastando grandes cantidades de energía (generalmente proveniente de fuentes no renovables y con altas emisiones de CO<sub>2</sub>). Las fábricas se ubican a grandes distancias de la región en estudio. Por ello, se requiere para su transporte mucho consumo de combustible (de origen fósil y grandes emisiones). La construcción generalmente tradicional, húmeda, se realiza incorporando gran cantidad de energía y generando muchos residuos. Su desempeño energético habitualmente no alcanza los niveles mínimos exigidos por norma, lo que genera discomfort en los usuarios y/o grandes gastos de energía. El final de la vida útil no es contemplado, y la demolición genera altos volúmenes de residuos que por su composición no pueden reingresar a un nuevo ciclo. Solamente se usa como material de rellenos o agregado grueso para contrapisos.

Los nuevos enfoques teóricos plantean la posibilidad diseñar un sistema integral de transformación y uso desde una perspectiva "circular", intentando un ciclo virtuoso de la "cuna a la cuna" (Braungart y McDonough, 2005). En este nuevo paradigma la madera, por su origen orgánico, aparece como un material con altas potencialidades que resulta necesario desarrollar.

Dado que la construcción en madera es aún incipiente en la región mesopotámica en general y la provincia de Corrientes en particular, es factible "diseñar" su implementación considerando los avances científicos y teóricos en materia de sustentabilidad ambiental, desde una perspectiva circular, reduciendo el consumo de materia, de energía y la generación de residuos como se esquematiza en la figura 2.

La cadena foresto-industrial inicia en la producción primaria en los bosques implantados, en donde se cultivan distintas especies vegetales para diversos usos. Una parte se destina a la industria

del triturado (celulosa, tableros de fibra y aglomerados) y otra al aserrado y sus industrias conexas (COMPENSADO, REMANUFACTURAS DE MADERA; PILAR, VALLAJOS Y KENNEDY, 2019).

Los residuos pueden reingresar al sistema como insumo para generar energía (en la provincia de Corrientes existen tres plantas de biomasa) o transformarse en abono para nuevos cultivos forestales u otros usos provechosos.

El diseño, tanto arquitectónico como de todo el proceso foresto-industrial, es la pieza clave para lograr la sustentabilidad. El objetivo es diseñar los procesos y productos, los embalajes, los sistemas desde su punto de origen, pensando que no existe el residuo (BRAUNGART Y MCDONOUGH, 2005). En ese diseño también tiene que repensarse la "transformación" en factorías cercanas a las plantaciones y el consumo, que se alimenten de energías limpias y cuyos residuos reingresen en el ciclo para la generación de energía.

Con ubicaciones estratégicas de las fábricas, el transporte se reduciría al mínimo y, con ello, el consumo de combustible y de emisiones. La construcción en madera reduce los costos, los plazos, su gasto energético es bajo y el consumo de agua prácticamente nulo. El resultado es una construcción altamente eficiente en sus prestaciones energéticas, que permite generar gran confort higrotérmico y perceptual en los usuarios, con bajos consumos de energía.

El mantenimiento requiere especial cuidado para asegurar la durabilidad (como en toda construcción). Como se afirmó, el diseño también resulta fundamental para lograr un bajo mantenimiento. Al final de la vida útil, la madera puede reciclarse para nuevas construcciones u otros productos derivados. Por su forma de construcción, se puede "desensamblar", situación que no está prevista en la construcción húmeda, donde se producen fenómenos físico-químicos irreversibles.

Aún esta baja generación de residuos puede reingresar al sistema para la producción de energía renovable y de esa manera tender no sólo a una construcción "circular", sino "virtualmente infinita".

Las emisiones de CO<sub>2</sub> es uno de los aspectos clave de la sustentabilidad del material. La madera lo almacena y en su transformación emite bajas cantidades de este gas de efecto invernadero. Por ello, es considerado en el mundo como la gran esperanza para enfrentar el cambio climático.

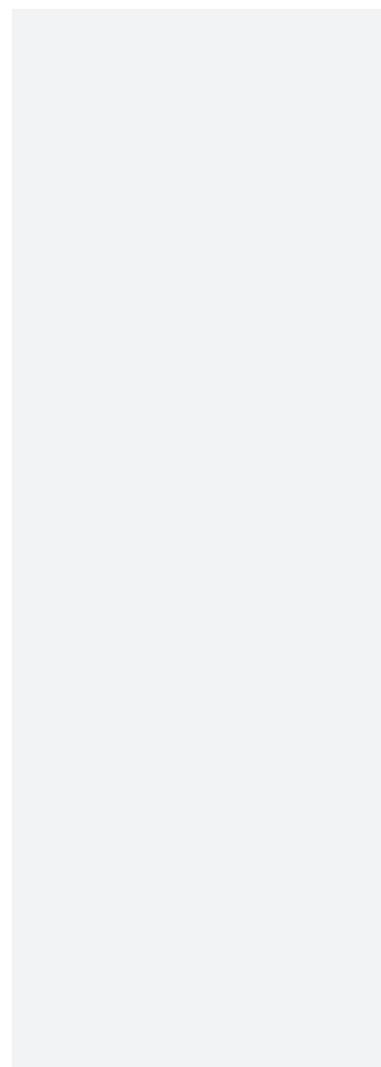




Figura 2. Posibilidades de desarrollar una construcción en madera circular (sostenible). Fuente: elaboración propia.

### Análisis de alternativas de materiales para cerramientos verticales en madera

En el mercado actual, una amplia gama de sistemas constructivos de madera se encuentra disponible, muchos de los cuales ofrecen flexibilidad en términos de combinaciones, lo que permite una adaptación aún más precisa del concepto de circularidad. Este enfoque no sólo engloba el aspecto estructural de la edificación, sino también sus diversas capas, como aislamientos y revestimientos, consolidando así un enfoque integral y ecoconsciente.

Entre los sistemas más prominentes, el Balloon Frame, un método de entramado

compuesto por listones finos y clavados interconectados, destaca por su amplia adopción a nivel global. Paralelamente, los paneles CLT (madera contralaminada) emergen como una alternativa dinámica, especialmente adecuada para edificaciones de 5 a 8 pisos debido a su rápida ejecución. Estos paneles se componen de capas de madera unidas en ángulos rectos, y su incorporación en el sistema constructivo permite un alto nivel de flexibilidad y personalización. Asimismo, la estructura tipo "sándwich" de los paneles CLT optimiza la reutilización de los materiales después de su vida útil y admite la incorporación de productos reciclados desde su concepción, consolidando aún más su estatus como una opción vanguardista en términos de sostenibilidad y circularidad.

Con un enfoque renovado en sistemas constructivos como el Balloon Frame y los paneles CLT, se sientan las bases para una construcción más consciente y sostenible en la región. La integración de estos sistemas garantiza la eficiencia operativa y se traduce en beneficios ambientales significativos, contribuyendo a la creación de edificaciones que prosperan en armonía con su entorno natural y cultural.

Verificando entonces la disponibilidad de estas capas en la economía actual, se proponen en la tabla 1 en primer lugar los materiales más utilizados actualmente y luego su alternativa circular, según la función que cumplen en el sistema.

TABLA 1

## Análisis comparativo de materiales

MATERIAL	PRECIO UN	PROPIEDADES	IMPACTO AMBIENTAL	
Revestimiento interior	Placa de yeso	Placa de 12,5 mm 1,20 m x 2,40 m \$3.778	Fácil de cortar. Retardan propagación del fuego. Poca aislación acústica y térmica (placa tradicional). Antihumedad (placas especiales). Terminación versátil. Liviano-25 kg/m <sup>2</sup> .	Se pueden reciclar sólo los elementos defectuosos no empleados en obra. Al disolverse, produce sulfatos solubles en niveles contaminantes elevados. Puede en ocasiones ser tóxico.
	Placa breathboard	Placa de 15 mm Variable No disponible en el país	Amortigua la humedad a través de su transpirabilidad. Es ignífugo. Mejor aislante acústico que las placas de yeso y más ligero. Rendimiento térmico superior.	Fabricada a partir de residuos vegetales. El material es completamente no tóxico y compostable, los desechos o recortes pueden incluso usarse como fertilizante.
	Placa GreenE-board	De 6 a 24 mm Variable No disponible en el país	No inflamable. Impermeable. Resistente natural a hongos, moho, termitas e insectos. Aislante térmico y acústico. No se deforma. Liviana. Versatilidad de usos.	Reduce el efecto invernadero en un 50% comparado con las placas de fibrocemento. Incluye entre las materias primas desperdicios industriales y materiales reciclados.
Tableros estructurales	Placa OSB	Placa de 18 mm 1,22 m x 2,44 m \$11.302	Material estable, sin puntos débiles. Puede ser atacado por hongos y termitas. Tiende a pudrirse con la humedad. Necesaria la aplicación de pinturas preservantes.	Fabricado con viruta de madera encolada. Menor presión sobre recursos forestales debido a un mayor aprovechamiento del árbol, puede reutilizarse.
	Panel T-Plak (alternativo a rev. interior)	Placa de 12 mm 1,22 m x 2,30 m \$12.000	Alta resistencia a la intemperie y humedad. Densidad promedio: 1.101 gr/cm <sup>3</sup> . Muy baja conductividad térmica: K=0.22. Mediana propagación superficial a las llamas.	Por cada placa aglomerada T-Plak que se utiliza, no se tala un árbol de quebracho de 43 años. Aplica en su uso materiales que de otra forma serían de difícil degradación natural.
	Placa de corcho	Placa de 6 mm. 0,63 m x 0,93 m \$7.100	Transpirable e impermeable. Muy resistente a las altas temperaturas. Aislamiento acústico y contra vibraciones. Resistente a la presión y la compresión. No inflamable. Ligero.	Natural 100% y 100% reciclable. Composición imputrescible. Resistencia a las variaciones atmosféricas. Puede transformarse al final de su primer uso para ser reutilizado.
Aislaciones	Poliuretano	Servicio de inyección 50 mm \$8.000/m <sup>2</sup>	Menor conductividad térmica del mercado. Su rigidez dificulta la absorción acústica. Inflamable y genera gases tóxicos. Impermeable. No reutilizable.	De origen sintético (tipo de plástico obtenido del petróleo) no reciclable, con importante huella de carbono y agua.
	Lana de vidrio	Rollo 50 mm \$30.381/21,6 m <sup>2</sup>	Ignífugo. Elimina puentes térmicos. Ofrece una alta protección contra frío y calor. Gracias a su elasticidad amortigua y reduce el sonido. Resistente y maleable. Liviana. Hidrorrepelente.	Se fabrica fundiendo arena a altas temperaturas y luego un proceso de fibrado. Reciclable 100%, no contamina y es un producto inerte para la naturaleza, como para el ser humano.
	Fibra de madera	Placa de 80 mm 0,50 m x 1,20 m \$3.200/m <sup>2</sup>	Conductividad térmica de 0,038 w/m k. Aislante eficaz en verano e invierno. Buen aislante acústico debido a sus fibras. Higroscópico. Natural resistencia al fuego.	De origen natural ecológico, se obtiene del proceso de triturado de madera natural sin tratar. Se añaden compuestos para mejorar propiedades, pero son bajos en toxicidad. Reutilizable.
	Fibra de celulosa	Servicio de inyección 50 mm \$4.500/m <sup>2</sup>	Baja conductividad térmica de 0,049 w/m k (INTI). Su porosidad la transforma en un excelente aislante acústico. Ignífugo. Alto calor específico. No absorbe agua. Reutilizable.	De origen natural (vegetal). Recupera mediante el reciclado (85% de masa reciclada) la fibra de celulosa de madera de los árboles contenida en el papel de periódico, que no consume agua para su fabricación. El material tiene muy baja propagación de llama (RE 2). Es un material inocuo, no tóxico. Por cada tonelada de aislación térmica de celulosa reciclada, se salvan 17 árboles, 1.875 litros de agua y 122 litros de petróleo (Fuente: EcoAislación SRL).
Revestimiento exterior	Siding tradicional	Tablas de 9,5 mm 0,20 m x 4,88 m \$4.069	Buen aislante acústico y térmico. Adaptabilidad estética. Requiere constante mantenimiento para mejorar sus condiciones ante los ataques de insectos y la intemperie.	La producción es beneficiosa para el ambiente si se utilizan especies locales y se obtiene un producto con la calidad suficiente para ser reinsertado en el mercado una vez cumplida su función.
	Siding madera reciclada	Servicio de colocación \$5.000/m <sup>2</sup>	Son las mismas que en el caso anterior, pero existe una heterogeneidad estética entre piezas según su tiempo de exposición. Requiere mayor constancia de mantenimiento.	Al ser un material reutilizado, el único impacto que genera es el de la energía utilizada para desligarlo de su función anterior.
	Siding cementicio	Tablas de 6 mm 0,20 m x 3,60 m \$4.584	Uniforme. Adaptable. Frágil. Impermeable y resistente a la intemperie. Ignífugo. No genera puentes térmicos. Resistente a rayos UV. Inerte al ataque de hongos.	Su producción requiere entre 35 y 40% de cemento Portland y yeso, 10% de aditivos minerales y 15% de fibras; la mezcla se completa con agua. Puede ser reutilizable si no se rompe.
	Siding plástico reciclado	Tablas de 22 mm 0,10 m x 2,00 m \$3.900	Impermeables. Resistentes a cualquier condición climática. No genera astillas. No requiere gastos de mantenimiento. Colocación en pocos pasos. Terminación uniforme. Símil madera.	Producto natural a base de plásticos y cáscara de arroz. Reciclado 100%, elaborado en la localidad de La Plata con polietileno que se utiliza como cobertura de invernáculos en campos.

Fuente: elaboración propia.

## METODOLOGÍA

Las figuras presentadas ofrecen una visión integral de las distintas configuraciones resultantes de los materiales previamente mencionados, empleados en cerramientos. Dichas combinaciones se clasifican en cuatro categorías: 1) Sistema Balloon Frame Tradicional, 2) Alternativa de Balloon Frame, 3) CLT Tradicional y 4) Alternativa de CLT. Se evidencia la diversidad de adaptaciones que estos sistemas permiten, así como los beneficios que aportan hacia la realización de edificaciones de "construcción sustentable".

En la figura 3 se observa un sistema de Balloon Frame tradicional, compuesto por 5 capas. Siendo los materiales:


1. Siding tradicional de madera natural (revestimiento exterior-9,5 mm);
2. Estructura de madera con cámara de aire (esqueleto-38,1 mm);
3. Placa OSB (refuerzo estructural-18 mm);
4. Poliuretano proyectado (aislante térmico-50 mm);
5. Placa de yeso (revestimiento interior-12,5 mm).

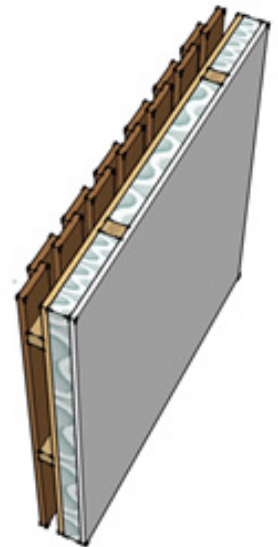
El espesor total del cerramiento alcanza aproximadamente 0,13 m que, fraccionado con los coeficientes de transmitancia térmica de cada capa, dan como resultado un índice de confort en el Nivel A, según lo definido en la Norma IRAM 11605/96

En la figura 4 se observa un sistema de Balloon Frame alternativo, compuesto por 5 capas que priorizan la utilización de materiales aún más sustentables, incorporados a la economía circular. Siendo estos:

1. Siding cementicio (revestimiento exterior-6 mm);
2. Estructura de madera con cámara de aire (esqueleto-38,1 mm);
3. Panel T-Plak (refuerzo estructural-12 mm);
4. Fibra de celulosa (aislante térmico-50 mm);
5. Placa Breathaboard (revestimiento interior-15 mm).


VERIFICACIÓN DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K		
TRANSMITANCIA TÉRMICA K INVIERNO (W/M² K)	0,38	 <b>VERIFICA</b>
TRANSMITANCIA TÉRMICA K VERANO (W/M² K)	0,38	
NIVELES Kadm INVIERNO (A <= 0,38, B < 1,00, C < 1,85)	NIVEL A	
NIVELES Kadm VERANO (A <= 0,45, B < 1,10, C < 1,80)	NIVEL A	
PARA LA VERIFICACIÓN SE TOMA EL KADM MÁS EXIGENTE (MENOR) ENTRE INVIERNO Y VERANO		


VERIFICACIÓN DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL		
TEMPERATURA DE ROCÍO	12,49 °C	 <b>VERIFICA</b>
TEMPERATURA SUPERFICIAL EN LA PRIMER CAPA	16,866 °C	
DIFERENCIA DE TEMPERATURA (TEMPERATURA SUPERFICIAL - TEMPERATURA DE ROCÍO) >= 0	4,376 °C	

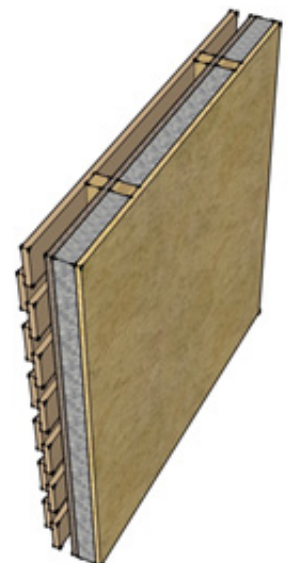


**Figura 3.** Sistema Balloon Frame Tradicional.

**Fuente:** elaboración propia y cálculo realizado a partir del aplicativo Isover.

VERIFICACIÓN DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K		
TRANSMITANCIA TÉRMICA K INVIERNO (W/M² K)	0,566	 <b>VERIFICA</b>
TRANSMITANCIA TÉRMICA K VERANO (W/M² K)	0,566	
NIVELES Kadm INVIERNO (A <= 0,38, B < 1,00, C < 1,85)	NIVEL B	
NIVELES Kadm VERANO (A <= 0,45, B < 1,10, C < 1,80)	NIVEL B	
PARA LA VERIFICACIÓN SE TOMA EL KADM MÁS EXIGENTE (MENOR) ENTRE INVIERNO Y VERANO		

VERIFICACIÓN DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL		
TEMPERATURA DE ROCÍO	12,49 °C	 <b>VERIFICA</b>
TEMPERATURA SUPERFICIAL EN LA PRIMER CAPA	16,325 °C	
DIFERENCIA DE TEMPERATURA (TEMPERATURA SUPERFICIAL - TEMPERATURA DE ROCÍO) >= 0	3,835 °C	



**Figura 4.** Sistema Balloon Frame Alternativo.

**Fuente:** elaboración propia y cálculo realizado a partir del aplicativo Isover.

El espesor total del cerramiento alcanza un poco más de 0,12 m que, fraccionado con los coeficientes de transmitancia térmica de cada capa, dan como resultado

un índice de confort en el Nivel B, según lo definido en la Norma IRAM 11605/96, comprobando que este sistema aún debe ser mejorado para alcanzar el óptimo.

En la figura 5 se observa un sistema de paneles CLT, compuesto por 6 capas. Siendo los materiales:

1. Siding de plástico reciclado (revestimiento exterior-18 mm);
2. Estructura de madera con cámara de aire (esqueleto-38,1 mm);
3. Panel CLT (refuerzo estructural-160 mm);
4. Lana de vidrio (aislante térmico-50 mm);
5. Placa OSB (refuerzo estructural-18 mm);
6. Placa de yeso (revestimiento interior-12,5 mm).

El espesor total del cerramiento alcanza aproximadamente 0,30 m que, fraccionado con los coeficientes de transmitancia térmica de cada capa, dan como resultado un índice de confort en el Nivel A, según lo definido en la Norma IRAM 11605/96.

En la figura 6 se observa un sistema de paneles CLT "circular", compuesto por 6 capas que incorporan, aún más que el anterior, materiales reinsertados en la economía. Siendo estos:

1. Siding de madera reciclada (revestimiento exterior-9,5/12 mm);
2. Estructura de madera con cámara de aire (esqueleto-38,1 mm);
3. Panel CLT (refuerzo estructural-160 mm);
4. Fibra de madera (aislante térmico-50 mm);
5. Placa de corcho (refuerzo estructural-6 mm);
6. GreenE-board (revestimiento interior-10 mm).

El espesor total del cerramiento supera los 0,30 m que, fraccionado con los coeficientes de transmitancia térmica de cada capa, dan como resultado un índice de confort en el Nivel A, según lo definido en la Norma IRAM 11605/96.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este análisis revela cómo, mediante la simple sustitución de un puñado de ma-

VERIFICACIÓN DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K		
TRANSMITANCIA TÉRMICA K INVIERNO (W/M² K)	0,344	 <b>VERIFICA</b>
TRANSMITANCIA TÉRMICA K VERANO (W/M² K)	0,344	
NIVELES Kadm INVIERNO (A <= 0,38, B < 1,00, C < 1,85)	NIVEL A	
NIVELES Kadm VERANO (A <= 0,45, B < 1,10, C < 1,80)	NIVEL A	
PARA LA VERIFICACIÓN SE TOMA EL KADM MÁS EXIGENTE (MENOR) ENTRE INVIERNO Y VERANO		
VERIFICACIÓN DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL		
TEMPERATURA DE ROCÍO	12,49 °C	 <b>VERIFICA</b>
TEMPERATURA SUPERFICIAL EN LA PRIMER CAPA	16,973 °C	
DIFERENCIA DE TEMPERATURA (TEMPERATURA SUPERFICIAL - TEMPERATURA DE ROCÍO) >= 0	4,483 °C	

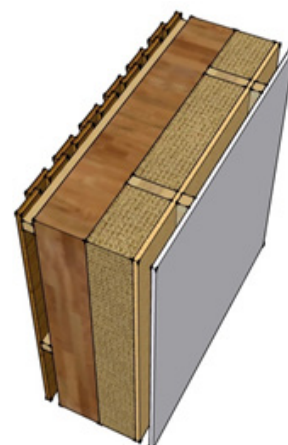


Figura 5. Paneles CLT. Fuente: elaboración propia y cálculo realizado a partir del aplicativo Isover.

VERIFICACIÓN DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K		
TRANSMITANCIA TÉRMICA K INVIERNO (W/M² K)	0,3	 <b>VERIFICA</b>
TRANSMITANCIA TÉRMICA K VERANO (W/M² K)	0,3	
NIVELES Kadm INVIERNO (A <= 0,38, B < 1,00, C < 1,85)	NIVEL A	
NIVELES Kadm VERANO (A <= 0,45, B < 1,10, C < 1,80)	NIVEL A	
PARA LA VERIFICACIÓN SE TOMA EL KADM MÁS EXIGENTE (MENOR) ENTRE INVIERNO Y VERANO		
VERIFICACIÓN DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL		
TEMPERATURA DE ROCÍO	12,49 °C	 <b>VERIFICA</b>
TEMPERATURA SUPERFICIAL EN LA PRIMER CAPA	17,103 °C	
DIFERENCIA DE TEMPERATURA (TEMPERATURA SUPERFICIAL - TEMPERATURA DE ROCÍO) >= 0	4,613 °C	

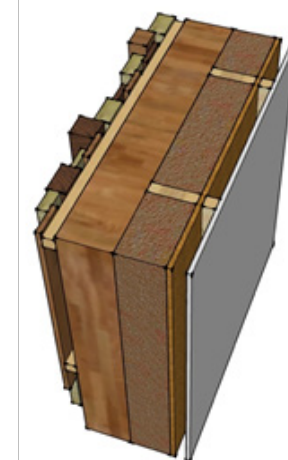


Figura 6. Paneles CLT "circular". Fuente: elaboración propia y cálculo realizado a partir del aplicativo Isover.

teriales, con propiedades similares o, en algunos casos, incluso superiores, es posible optimizar de manera significativa los recursos involucrados en el proceso de construcción. Esta optimización se traduce en una reducción del consumo energético, la generación de residuos y

las emisiones, elementos clave en el objetivo de construir de manera más responsable con el entorno. A pesar de que existe una disparidad económica entre las distintas opciones, esta variabilidad no alcanza niveles significativamente altos, lo que sugiere que la popularización



de estas alternativas puede culminar en su competencia directa con los sistemas ya consolidados en el mercado. Este fenómeno podría incluso extenderse a la etapa posutilización de las edificaciones, prolongando su vida útil después de ser desmontadas.

Sin embargo, es fundamental reconocer que, a pesar de la prometedora perspectiva económica, aún persiste una falta de difusión suficiente en cuanto a los resultados de calidad de estas alternativas, así como los métodos de producción que viabilizan su implementación en el mercado regional. Este hecho, aunque desafiante, no hace más que enfatizar la necesidad de seguir explorando y promoviendo estas soluciones en un escenario más amplio. El presente trabajo asume la valiosa tarea de ir más allá de una mera comparación de aspectos técnicos y funcionales, al buscar demostrar la legitimidad y viabilidad del empleo de enfoques y materiales alternativos que, con una perspectiva fresca y perspicaz, tengan el potencial de mitigar el impacto ambiental y reinsertarse de manera efectiva en la economía local.

En síntesis, esta visualización gráfica de las distintas combinaciones de sistemas constructivos ofrece una perspectiva tangible de la versatilidad y las ventajas inherentes a la adopción de enfoques más sostenibles en la construcción. El análisis subraya cómo, a través de pequeños ajustes en los materiales y técnicas empleados, es posible realizar mejoras sustanciales en términos de eficiencia de recursos y reducción de impacto ambiental. No obstante, para que estas soluciones alcancen su máximo potencial, se requiere una difusión más amplia de los beneficios cualitativos y cuantitativos que ofrecen, así como una mayor promoción de los métodos de producción que posibilitan su implementación. En última instancia, el propósito central de este trabajo no es sólo establecer comparaciones técnicas, sino también trascender hacia una comprensión más profunda de cómo

los enfoques alternativos pueden forjar un camino hacia una construcción más sostenible y ambientalmente consciente.

## CONCLUSIONES

La construcción en madera en la provincia de Corrientes resulta una alternativa viable, que debe basarse en la faceta ambiental del material. Por ello, resulta clave investigar en alternativas sostenibles que tiendan a la circularidad de la materia y la energía, con altas prestaciones energéticas y con un ciclo de vida virtuoso.

La sostenibilidad de la construcción es hoy un imperativo social y ético. A partir del análisis de posibles materiales desde sus aspectos económicos, comerciales, técnicos y ambientales, se observa una variedad de alternativas de materialización de cerramientos verticales, respetuosos con el ambiente, eficientes desde el punto de vista energético, favoreciendo una arquitectura sostenible y respetuosa con el ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baño Nieva, A. y Vigil-Escalera del Pozo, A.** (2005). Guía de construcción sostenible. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). Ministerio de Medio Ambiente.
- Braungart, M. y McDonough, W.** (2005). Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas. McGraw Hill.
- Ferraro Kranevitter, A.** (2020). La madera es el material constructivo del futuro. Dpto. de la Industria de la Madera y el Mueble del INTI.
- IRAM 11930** (2010). Construcción Sostenible. Principios Generales. Buenos Aires.
- Pilar, C., Vallejos Kaliniuk, S. y Kennedy, E.** (2020). Construcción de vivien-

das mediante entramado de madera en la Provincia de Corrientes. *RADI (Revista Argentina de Ingeniería)*, Año 8, 16. <https://confedi.org.ar/publicaciones/radi-no-16/#single/0>

**Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Economía Argentina** (2023). Tablero de plantaciones forestales. <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/desarrollo-foresto-industrial/inventarios/tablero.php>

**Serie EADS** (2020). Construcción y Economía Circular. UNED.