

## CONTRIBUCIONES DE PANELES COMPUESTOS A LAS EDIFICACIONES CONSTRUIDAS CON CERRAMIENTO DE MADERA CONTRALAMINADA

(CONTRIBUTIONS OF COMPOSITE PANELS TO BUILDINGS CONSTRUCTED WITH CROSS-LAMINATED WOOD ENCLOSURES.)

Aparicio<sup>1</sup> y Acosta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>José M. Aparicio L. MSc. En Administración Mención Gerencia General, UNELLEZ-San Carlos, Teléfono 0424-4197572, Email: [jmal.unellez@gmail.com](mailto:jmal.unellez@gmail.com)

<sup>2</sup>Alberto J. Acosta A. MSc. En Administración Mención Gerencia General, UNELLEZ-San Carlos, Teléfono 0412-8925946, Email: [alberto21138@gmail.com](mailto:alberto21138@gmail.com)

**Recibido:** 15/04/2022      **Aceptado:** 26/05/2022

### RESUMEN

El uso de la madera ha sido demostrado en el mundo en los últimos tiempos por diferentes razones. Sin embargo, se trata de un material empleado en construcción de edificaciones generando ciertas contribuciones de los paneles compuestos de madera contralaminada denominada (CLT) lo cual es fundamentada este artículo, teniendo como objetivo general, la identificación de las contribuciones de los paneles compuestos de madera (CLT) en cerramientos en la edificaciones y su respuesta a los requerimientos a las propiedades ambientales y de transmisibilidad térmica. El tipo de investigación es documentan, el nivel de estudio es descriptivo cualitativa, de diseño no experimental. Los paneles compuestos de madera contralaminada son elementos prefabricado que su composición está conformada por capas de tabloncillos de madera y demás elementos como son cámara de aire lámina impermeabilizante, elementos de aislamiento térmico, filtro perforado de polipropileno y cerámica todos estos según su uso y fabricación comercial como son los paneles de tipo Ventilado, SATE y de Cubierta ajardinada, En los cerramiento de panel de CLT se puede observar que por cada m<sup>2</sup> de pared vertical, pueden almacenarse en torno a unos 100 kg de CO<sub>2</sub>, Con respecto a la eficiencia en el área energética. La conformación de los nuevos paneles tienen como virtud generar aislamientos térmicos, acústico, baja emisiones de CO<sub>2</sub>, acumulación de masas de aires, obtenido excelentes resultados en el desarrollo de la habitabilidad de las viviendas y manteniendo un construcción de bajos consumo energético y generado una construcción sustentable.

**Palabras clave:** Innovador, Eficiencia Energética, Construcción Sostenible.

### ABSTRACT

The use of wood has been demonstrated in the world in recent times for different reasons. However, it is a material used in the construction of buildings generating certain contributions from composite panels called cross-laminated wood (CLT), which

is the basis of this article, with the general objective of identifying the contributions of composite wood honeycombs (CLT) in building enclosures and their response to the requirements of environmental properties and thermal transmissibility. The type of research is documented, the level of study is qualitative descriptive, non-experimental design. Composite panels of cross-laminated wood are prefabricated elements whose composition is made up of layers of wooden planks and other elements such as an air chamber, a waterproofing sheet, thermal insulation elements, a perforated polypropylene and ceramic filter, all of these according to their use and commercial manufacture. such as Ventilated, SATE and Green Roof panels, in CLT panel enclosures it can be seen that for each m<sup>2</sup> of vertical wall, around 100 kg of CO<sub>2</sub> can be stored, with respect to efficiency in the energy area. The conformation of the new panels have the virtue of generating thermal and acoustic insulation, low CO<sub>2</sub> emissions, accumulation of air masses, obtaining excellent results in the development of the habitability of the houses and maintaining a construction of low energy consumption and generating a construction sustainable.

**Keywords:** Innovation, Energy efficiency, Sustainable construction.

## INTRODUCCIÓN

Las construcciones de edificaciones se inicia en el Neolítico con los primeros asentamientos, y es la madera uno de los primeros materiales empleados. Es un material tradicional, que ha evolucionado tecnológicamente, junto con las tipologías constructivas hasta nuestros días.

Aicher y Dill-Langer (1997). Establecen que en el siglo XXI, la construcción de edificaciones con madera CLT es cada vez más eficiente y rápida a bajo costos igual que la emisión de gases contaminantes. Se tienen un número de estudios que muestran aumentos considerables en la temperatura global del planeta, que están ocurriendo desde ya hace unos años, teniendo consecuencias graves

para el ecosistema y medioambiente. Es por esto que el ser humano está tomando conciencia en el actuar del día a día, ayudando a disminuir su huella de carbono, como por ejemplo a través de la selección de nuevos materiales más amigables con el medio ambiente.

La madera CLT es un recurso renovable, orgánico y hasta reusable, que su material base es la madera que se encuentra en la mayor parte del mundo en enormes cantidades, el cual su producción y trabajabilidad es constante. Existen diversos tipos de madera, de diferentes tamaños, colores, olores, durezas, texturas etc. La calidez de la madera, su brillo y vinculación con el entorno natural son muy bien apreciados y trabajados en la

arquitectura, quizás no así tanto en la ingeniería.

Al ser la madera un recurso natural renovable, ha sido aprovechada en la mayor parte de los países y usada extensivamente en forma industrializada para la construcción de viviendas. Los países industrializados, han utilizado desde hace muchos años la madera como material de construcción, bien sea sola o en combinación con otros materiales.

Las innovaciones de la construcción con madera CLT, se establece a partir de estas metodologías de disminución de elementos que afectan tanto a la edificación como a sus habitantes. Llevando a la creación de algunos cambios y técnicas, observamos que la los comportamientos de las construcciones que han tenido una gran influencia en los modelos ecológicos y sustentables.

## **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **Propiedades físicas de la madera CLT.**

AITIM (2016), define las diversas características esenciales de estos tipos de los paneles son las siguientes:

#### **Cantidad de humedad.**

Su funcionamiento genera una cantidad de humedad en un rango 10 a 14 %.

#### **Densidad.**

Esta es dependiente de los tipos de madera que son utilizadas, la densidad usual está en la media de entre 450 a 500 kg/m<sup>3</sup>, que son las correspondientes a gran parte de las coníferas.

#### **Estabilidad dimensional.**

Por la manera que está constituida por medio de láminas cruzadas la estabilidad dimensional tiende a mejora con respecto a las maderas macizas, si bien esto se logra manifestar después de ya estar instalada, también conservar las entradas de las juntas adyacentes entre todas las tablas.

#### **Acabados.**

Los paneles compuestos de madera CLT logran proveer las diferentes propiedades atractivas de los acabados, se elaboran como las maderas crudas para utilizarla como revestimiento en obras, lijados de gran calidad de fachada comercial y aptitud de residencial; logrando cubrirse con diversos entablados y en revestimientos (habitualmente entablado de cartón y yeso).

### **Resistencia a la propagación al vapor y barrera de vapor.**

Por motivo que es un elemento fuerte basado en la madera, admite los intercambios de vapores de líquido con la parte interior, independiente que se limiten éstas por las razones de estabilidad y de los aislamientos térmicos.

### **Sus capacidades para los almacenamientos de la humedad.**

Para esto cuenta con muchos factores bastante positivos para la mejora de la calidad de los ambientes internos, posee asimismo la de nivelar la humedad en el ambiente, tanto absorbiéndola o en de otra manera liberándola, acercando los valores a niveles más idóneos para el desarrollo bienestar de los seres humanos.

### **Aislamiento y protección a las radiaciones.**

Este tipo de panel se utiliza como el único dispositivo de construcción, la edificación funcionaría de manera teórica como un cajón de Faraday que protege de emisiones electrónico que provienen de las zonas externas e internas, por lo que ciertos fabricantes prevalecen el aislamiento y las protecciones en cara a las posibles

radiaciones electromagnéticas o de otro tipo de principio.

### **Aislamiento acústico.**

Las CLT poseen una densidad muy elevada en comparación con los demás tipos de sistema de construcción que actualmente se desarrollan en la madera, haciendo que este que mejore el aislamiento acústico. En relación con la masividad de los concretos, muy poco se le puede contender, lo cual falta en lo aéreo, pero es mejor para el recibimiento de impactos.

Las maderas son materiales que muestran un muy bajo aislamiento de los ruidos aéreos y a su vez, la porosidad que ellas tienen asegurar una muy buena absorción de todas las ondas acústicas, reduciendo los tiempos de rebote.

Tomando en cuenta comportamientos con respecto a los ruidos de los impactos se pueden parecerse a las maderas macizas, la cual ellas transmiten excelentemente las ondas acústicas, para este tipo de sistema debido a la configuración disminuye la transmisión de las vibraciones en todos sus elementos:

Las CLT suministran los adecuados controles de ruidos tanto para los aéreos

como de los impactos. Esto se obtiene gracias a los sellados de todas las uniones (entre sus paneles) con las membranas que también ofrecen ciertos beneficios como el la estancamiento de del aire, y a los vapores.

#### **Permeabilidad al aire.**

Debido a las estructuras cruzadas de todas sus caras, los tableros que están conformado con más de 5 capas y también los de 3 capas con sus grosores de capa iguales o mayores a 30 mm son por sí mismos herméticos al aire, siendo su punto más débil. Por ende, en ese aspecto lo componen las juntas, como lo sé ha visto inicialmente, que al menos que cuenten con unos sistemas de sellados especiales no se acostumbran a considerar los estancamientos al aire.

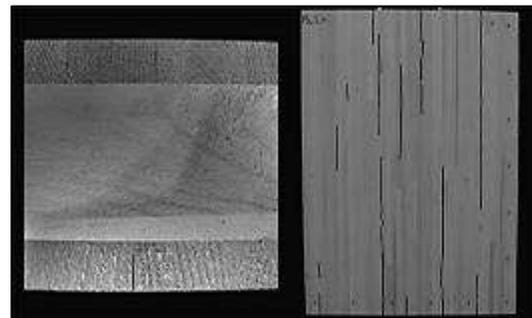
#### **Aislamiento térmico**

La gran resistencia que brinda las maderas a la marcha de calor, las convierte en un gran aislante térmico (cerca de  $\lambda = 0.13$  (W/mK)). Podemos decir que son valores verdaderamente bajos, en comparación con otros tipos de materiales de la construcción como es ladrillo, que su conductividad se encuentra entre 0.85 y 0.32, y el concreto esta con un valor aproximado de 2.5. Para finalizar se debe decir, que los sellados de las juntas también evitan

las posibles apariciones de puentes térmicos.

#### **Durabilidad de las CLT.**

La utilización de estos tipos paneles se permite en los tipos de servicio 1 y 2. Si algunos de los elementos se usan como productos de construcción para exteriores, estos deberán tener una cierta defensa adicional que sea permanente contra los agentes degradantes. En la elaboración de los paneles de maderas macizas de KLH sólo se utilizan maderas secas con humedades del 10 al 14%. Con este factor y adecuados detalles tipos constructivos se descartan las presencias de los hongos y las actividades de insectos y otros parásitos.



**Figura 1:** Las grietas en las capas de recubrimiento después de secar las muestras CLT a un contenido de humedad del 10 %.

**Fuente:** Gülzow et al.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Tipo, diseño y nivel de la investigación.**

El tipo de investigación es cualitativa, documental, el diseño no

experimental, que según Hernández, Fernández y Baptista (2010) se fundamenta en la observación del fenómeno tal como ocurre en la naturaleza, sin la manipulación de las variables, además por su prolongación en el tiempo es una investigación de corte transversal. El nivel del estudio es descriptivo, ya que busca conocer las características, propiedades, rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice (Hernández y otros, ob. cit), y evaluativo por comparar y analizar los resultados.

### **Unidad de estudio**

Comprende el análisis de estudio de conformación de paneles de madera CLT.

### **Fases de la investigación**

El procedimiento realizado para dar cumplimiento al objetivo de la investigación fue el siguiente:

#### **Fase I. Contribución de la composición de los paneles**

##### **• Panel ventilada CLT**

Para el primer caso, está conformado por un elemento principal como es el panel de madera contralaminada, también cuenta con aislante por el lado exterior y ventilación en la fachada de madera. Los materiales que se utilizan son, una lámina de polietileno de gran

densidad con características permeable a los vapores, cámaras de ventilación de aire, y un revestimiento de madera fijado de manera mecánica mediante anclajes al soporte.

Se tiene como material aislamiento un producto derivado de la madera, comúnmente es utilizado el corcho aglomerado de color negro, este es similar a otros elementos compuestos por lignina, que pueden aprovechar las fijaciones de CO<sub>2</sub>, para disminuir su impacto ambiental.



**Imagen 1:** Materiales y Detalle de fachada ventilada de CLT.

**Fuente:** Saas cat.

- A. Es fachada de ventilación compuesta por láminas de madera horizontales de 15 mm, son utilizadas para los ambientes húmedos, situado con fijaciones mecánicas.
- B. Es la cámara de aire de ventilación de 40mm, con rastreles de madera mayormente de pino colocados de

formas verticales de 40x60mm, con un acabado cepillado, y con longitudes hasta de 4 m.

- C. Es una lámina impermeabilizante tipo transpirable, ella consta de membranas monolítica sin poros entre los geotextiles bastantes robustos que generan garantías a su protección.
- D. Es la primera capa de aislamiento térmico conformado por diversas

planchas rígidas de material de corcho aglomerado de color negro adherido mecánicamente, entre los listones rastreles de madera de preferiblemente pino verticales, de 50x60mm, con un acabado cepillado, y con una longitud de hasta 4 m. La segunda capa será de forma igual pero con rastreles en forma horizontales, de 50x60mm.

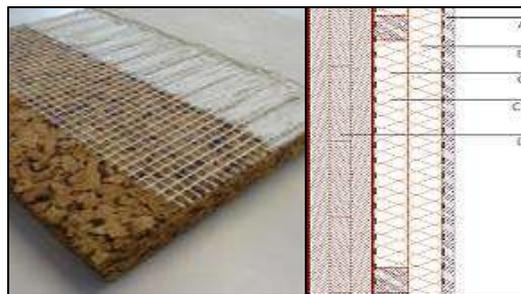
**Tabla 1:** Propiedades del panel de tipo ventilada de CLT.

ELEMENTOS	DESCRIPCION DEL PANEL			PRODUCCION DE CO <sub>2</sub>				FASE DE USO	
	Espesor e	Densidad ρ	Masa por superficie	Energía primaria	IMPACTO AMBIENTAL			TRANSMITANCIA U	
					EMISION CO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub> FIJADO	BALANCE CO <sub>2</sub> eq	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica Rn
	m	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup> o MJ/kg	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	W/mK	Rn = en / λm <sup>2</sup> .K/W
Rse									0,04
A- Revestimiento de madera	0,015	650	9,75	156	14,04	-18,04	-4	0,15	-
B- Rastreles de madera	0,04	520	2,5	7,73	0,31	-4,62	-4,31	0,13	-
C- Lamina permeable al vapor	0,0005	200	0,1	13,59	2,01	-	2,01	-	-
D- Aislamiento de corcho	0,1	110	11	47,68	3,09	-20,35	-17,26	0,035	2,86
D1- Rastreles de madera	0,1	520	6,24	19,32	0,77	-11,54	-10,77	-	-
E- Lamina hermética al aire	0,0005	288,88	0,13	13,59	2,01	-	2,01	-	-
F-Panel madera contralaminada	0,09	520	46,8	243,19	16,45	-86,58	-70,13	0,13	0,69
Rsi									0,13
Total	0,25		76,52	501,1			-102,45		3,72
								U =	W/m <sup>2</sup> K
								1/R=0,269	

Fuente: Elaboración propia.

• **Panel SATE CLT**

Al igual que el panel ventilado, este analiza una conformación cuya elemento principal es panel de madera contralaminada, para en esta conformación, no será ventilada, también estará aislada en su parte exterior. Y está compuesta por las siguientes capas:



**Imagen 2:** Detalle constructivo y Sistema de la fachada de CLT tipo SATE.

**Fuente:** SAAS.CAT

**Tabla 2:** Propiedades del panel CLT tipo SATE.

ELEMENTOS	DESCRIPCION DEL PANEL			PRODUCCION DE CO <sub>2</sub>				FASE DE USO	
	Espesor	Densidad	Masa por superficie	Energía primaria	IMPACTO AMBIENTAL			TRANSMITANCIA U	
					EMISION	CO <sub>2</sub> FIJADO	BALANCE	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica Rn
	e	ρ	kg/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> eq				
m	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup> o MJ/kg	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	W/mK	Rn = en / λnm <sup>2</sup> .K/W	
<b>Rse</b>									<b>0,04</b>
A- Revestimiento de mortero	0,01	650	9,75	97,51	16,89	-	16,89	1,3	0,01
B- Aislamiento de corcho	0,05	110	5,5	28,78	1,88	-10,17	-8,29	0,035	1,43
C1_Aislamiento de corcho	0,05	110	5,5	28,78	1,88	-10,17	-8,29	0,035	1,43
C2_Rastreles de madera	0,05	520	3,12	9,66	0,38	-5,77	-5,39	-	-
D-Panel madera contralaminada	0,09	520	46,8	243,19	16,45	-86,58	-70,13	0,13	0,69
<b>Rsi</b>									<b>0,13</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,205</b>		<b>70,67</b>	<b>407,92</b>			<b>-75,21</b>		<b>3,73</b>
								<b>U = 1/R=0,268</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

A. El revestimiento del exterior está enfoscado de un mortero con una capa de cal, sobre la capa de imprimación, con una malla de refuerzo de material de fibra de

vidrio revestida de con PVC, y un mortero con base de cemento.

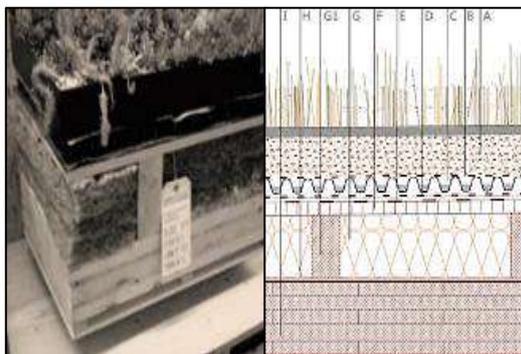
B. Es una capa de aislamiento térmico conformada por ciertas planchas rígidas de material de corcho

aglomerado de color negro fijado de manera mecánica.

C. Es la capa de aislamiento térmico conformada por un número de planchas rígidas de material de corcho aglomerado de color negro fijado de manera mecánica, entre los listones rastreles de madera (50x60mm) de madera de pino, con acabado cepillado, y con longitud de hasta 4 m, con un tratamiento de fungicida e insecticida.

- **Cubierta ajardinada CLT.**

Estas cubiertas al estudiar este elemento cuentan con un panel principal de madera contralaminada. Se ha tomado un revestimiento invertido, contiene cierto aislamiento en su parte exterior, también tiene una formación de pendientes mediante listones de madera, y también cuenta con una capa superior de ajardinada, por último las respectivas lamina para el drenaje y filtros entre otros.



**Imagen 3.** Detalle y Maqueta de cubierta de CLT ajardinada.

**Fuente:** saas.cat.

A. Es el sustrato para cubierta ajardinada que está compuesto por una cerámica especialmente elegida y molida con otros elementos minerales, combinados con compost vegetal y con turba rubia.

B. Es un filtro perforado de polipropileno de termo-soldadura.

C. Es un elemento para el drenaje y retención de las agua y se encuentra fabricado de poli-olefina reciclada, con ciertas concavidades que sirven para retener las aguas y cuenta con aberturas para las aireaciones y difusiones.

D. Esta es una lámina impermeabilizante de tipo transpirable, que consta de una membrana de forma monolítica sin aberturas entre los geotextiles robustos que tienden a garantizar su protección.

E. Es una doble capa de láminas impermeable antirraiz de butilo EPDM.

F. Es un tablero de fibra de madera.

**Tabla 3:** Propiedades del panel CLT tipo ajardianada.

ELEMENTOS	DESCRIPCION DEL PANEL			PRODUCCION DE CO <sub>2</sub>				FASE DE USO	
	Espesor e	Densidad ρ	Masa por superficie	Energía primaria	IMPACTO AMBIENTAL			TRANSMITANCIA U	
					EMISION CO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub> Fijado	BALANCE CO <sub>2</sub> eq	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica Rn
	m	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup> o MJ/kg	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	W/mK	Rn = en / λnm <sup>2</sup> .K/W
A- Sustrato aligerado y vegetación	0,09	300	27	1,68	0,08	-	0,08	0,52	0,173
B- Lamina filtrante	0,0006	166,66	0,1					-	-
C- Capa drenaje y retención	0,025	30	1,6	92,12	13,6	-	13,6	-	-
D- Manta protectora	0,005	94	0,47					0,04	0,125
E- Lamina impermeable antirraiz	0,0004	775	0,31	145,88	52,29	-	21,2	-	-
F- Tablero de fibra de madera	0,022	260	5,72	85,8	7,72	-10,6	-2,86	0,044	0,5
G- Aislamiento de corcho	0,12	110	13,2	57,12	3,7	-24,4	-20,72	0,035	3,43
G1_ Rastreles de madera	0,12	520	7,28	22,54	0,89	-13,5	-12,58	-	-
H- Lamina hermética al aire	0,0005	288,88	0,13	13,59	2,01	-	2,01	-	-
I- Panel madera contralaminada	0,12	520	62,4	324,25	21,93	-115	-93,21	0,13	0,92
Rsi									0,1
<b>Total</b>	<b>0,38</b>		<b>91,11</b>	<b>649,18</b>			<b>-106,16</b>		<b>5,29</b>
								<b>U = 1/R=0,189</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>

Fuente: Elaboración propia.

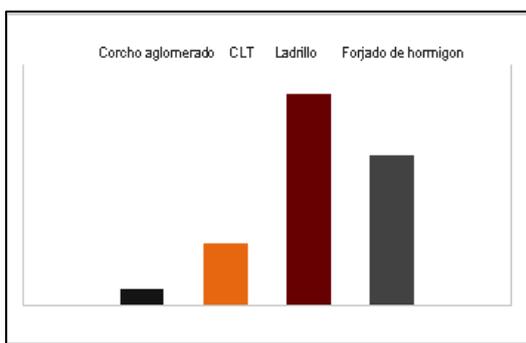
## CONCLUSIONES

Para este artículo se pudo conocer las cantidades resultantes de emisiones de CO<sub>2</sub> en un cerramiento de panel compuestos de CLT, generando valores positivos que se pueden observar que por cada m<sup>2</sup> de pared vertical, estos paneles pueden almacenar hasta unos 100 kg de CO<sub>2</sub>, gracias a que ellos se encuentran constituido en gran parte por

ciertos elementos de madera, y otros productos derivados de ella, como son el corcho aglomerado. Así, con esa cantidad solo sería restituida a la atmosfera en los casos de que la madera estuviese quemada, con el objeto de producción de energía.

Con respecto a la eficiencia de tipo energética, los cerramientos de madera tienen mejor conducta que los convencionales. Aunque tienen

configuraciones parecidas, con los mismos espesores y tipos de aislamientos, las diferencias la proporciona el panel Contralaminado, al ser una sección maciza compuesta por madera, ofrece una buena resistencia térmica para no ser calificado aislamiento.



**Imagen 4:** Gráfico de conductividad térmica.

**Fuente:** Elaboración propio

La imagen N<sup>4</sup> realiza la comparación entre las paredes principal de los cerramientos comparados con los CLT tienen una conductividad de casi cuatro veces más a un aislamiento tradicional, en el caso respectivo al corcho aglomerado de color negro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aicher, S. y Dill-Langer, G. (1997). *Climate induced stresses perpendicular to the grain in glulam*. Otto Graf Journal 8, págs. 209-231 (vid. pág. 90).

Álvarez, H. y Fernández-Golfin, J.

(1996). *Humedad de la madera en la construcción: valores recomendados y riesgo de cambio dimensional*. España. Centro de Investigación forestal. CIFORINIA. AITIM 182, págs. 65-71 (vid. págs. 33, 38, 128).

Basterra O., Luis-Alfonso; *Construcción de estructuras de madera*; Valladolid: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial [etc.], 2012

ECOHABITAR (2014). *Impacto de los materiales de construcción*. [www.ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclode-vida/](http://www.ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclode-vida/).

EGOIN (2016) *Características y oportunidades que ofrece el tablero contralaminado en la construcción*. Impresiones de un arquitecto, España.

Estévez, R. (2015). *Valoración comparativa de la eco-eficiencia de los paneles de madera contralaminada*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Alicante, de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/48919>.

FPINNOVATIONS (2013). *Cross Laminated Timber Handbook*. FPInnovations y Binational Softwood Lumber Council. Canadá. (PDF).

[www.seattle.gov/dpd/cs/groups/pan/@pan/documents/web\\_informational/dpds021\\_903.pdf](http://www.seattle.gov/dpd/cs/groups/pan/@pan/documents/web_informational/dpds021_903.pdf)>

Peraza Sánchez y Fernando (2014). *Guía de la madera. II, Construcción y estructuras*; Alcobendas; AITIM, D. L.