



## **SOLUCIONES PARA AISLACIÓN TÉRMICA Y ACÚSTICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDA SOCIAL EN CLT**

### **SOLUTIONS FOR THERMAL AND ACOUSTICS INSULATION OF A SOCIAL HOUSING BUILDING IN CLT**

Burgos, Camila; González, Paulina; Pérez, Eduardo  
Universidad de Santiago de Chile, Chile

CÓDIGO: A4620070

#### **Resumen**

En este trabajo se realiza el estudio del comportamiento térmico y acústico de un edificio de vivienda social de cuatro pisos, estructurado en base al sistema constructivo en madera contralaminada (CLT), y se proponen soluciones que permiten satisfacer las disposiciones de la normativa actual en tres zonas climáticas de Chile. En lo que se refiere al fenómeno acústico, las exigencias son las mismas para cualquier lugar del país y se deben aplicar, principalmente en este caso, a la transmisión de los ruidos aéreos y de aquellos generados por impacto. Los resultados del estudio indican que es necesario emplear elementos de aislación acústica debido a que los elementos de CLT no son suficientes para satisfacer los requisitos normativos. En cambio, en el caso de las exigencias térmicas, que son diferentes para cada zona climática, el CLT resulta suficiente. Este resultado favorable es además incrementado porque las soluciones que se deben emplear en la propuesta de aislación acústica producen un aumento de la resistencia térmica de la envolvente, con lo cual se generan ahorros de energía y mejoras en las condiciones de confort higrotérmico de las viviendas de CLT.

*Palabras-clave: edificios de CLT, eficiencia energética, soluciones térmico-acústicas*

#### **Abstract**

In this work a study of thermal and acoustics behaviour is done in a four stories social housing building, structured on basis to cross laminated timber (CLT). Solutions are proposed that can satisfy regulations of actual code in three climate zones of Chile. With reference to acoustics subject, demands are the same for any place in the country and must be applied, mainly in this case, aerial transmission and those generated by impact. Results of study show that it is necessary to use acoustics insulation elements as the CLT elements are not enough to satisfy code requests. However, in case of thermal requests, which are different for each climate zone, CLT is enough. This favourable result is also increased because solutions that must be used in proposal of acoustics insulation produce an increase of thermal resistance of the envelope, with which there are energy savings and improves hygrothermal comfort conditions of CLT housings.

*Keywords: CLT buildings, energy efficiency, thermal-acoustics solutions.*

## **1. INTRODUCCIÓN**

En Chile las edificaciones de uso habitacional deben tener un buen estándar de aislación térmica y acústica (OGUC, 2016) debido a la importancia que ha adquirido la necesidad de mejorar en



forma eficiente, desde el punto de vista energético, las condiciones de habitabilidad de las viviendas. La eficiencia energética adquiere mayor relevancia debido a que los presupuestos en estos casos son más acotados.

Para mejorar el bienestar higrotérmico de la vivienda, la normativa del año 2016 tiene como objetivo mejorar las condiciones de bienestar térmico del usuario debido a la necesidad de protección del medio externo, además de lograr condiciones medioambientales en el interior de la vivienda con mejor calidad de aire y menor humedad. Estos cambios también están orientados a ahorrar energía tanto en la etapa de la construcción como a lo largo de la vida útil de la edificación y así contribuir al cuidado del medio ambiente.

La envolvente de la vivienda está compuesta por muros, techumbre y piso, además de cualquier elemento que separe ambientes de distintas temperaturas. Al respecto, el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC, 2016), establece que todas las viviendas deben cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico siguientes: i) aislación de techos; ii) aislación de muros, ventanas y pisos; iii) certificación térmica. La normativa chilena vigente establece valores máximos de la transmitancia térmica (U) para la envolvente de las viviendas (NCh 1079 of 2008) en cada una de sus zonificaciones climáticas. Estos valores pueden tener como consecuencia la reducción de requerimientos de calefacción en más de un 50% en la zona central del país; en la zona norte interior es posible que los requerimientos de calefacción sean nulos y, en la zona sur, la demanda de calefacción puede reducirse a un tercio de la que existe actualmente en las viviendas sociales.

Las viviendas en su mayoría son construidas con materiales tradicionales, tales como albañilería y hormigón armado, que requieren un mayor costo de energía para materializarlas en comparación a la madera.

Tanto en Europa como América del Norte se está utilizando CLT (Cross Laminated Timber), debido a las cualidades que posee asociadas a la arquitectura, a su resistencia estructural y sísmica y que se comporta de manera favorable en la aislación tanto térmica como acústica, lo cual aumenta el confort de los habitantes y reduce los gastos energéticos en los sistemas de calefacción, favoreciendo la reducción de CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

La disminución del tiempo total de construcción con este nuevo sistema se estima en un 30%, por efectos de tiempos de fraguado entre otros, y que tendría como resultado un aumento de productividad y ahorro de un 30% del costo de construcción. Aproximadamente los costos de construcción corresponden al 35% del valor del departamento.

Con este sistema constructivo se puede desarrollar una construcción limpia, rápida y con aislación térmica acústica, que permite mantener el calor en invierno y el frescor en verano; por lo tanto se producen ahorros en climatización tanto en invierno como en verano.

## **2 PROYECTO EDIFICIO DE VIVIENDA SOCIAL DE MEDIANA ALTURA EN CLT**



El edificio cuenta con 4 pisos, con una altura de 2,40 metros de piso a cielo en cada departamento, siendo la altura total de la edificación de 10,70 metros. Al incluir los paneles de coronación sobre la cubierta, se alcanza una altura de 11,90 metros.

La fachada está compuesta por paneles de diferentes colores intercalados utilizando tres tonalidades de stain (lasur), el cual es un impregnante a poro abierto (González et al 2014).



*Figura 1: Isométrica del proyecto de edificio en CLT. (González et al, 2014)*

En la planta tipo de arquitectura de la Figura 2 se muestra la distribución de los distintos recintos que posee, la cual está en concordancia con lo que señala la legalidad chilena vigente (Decreto supremo chileno N° 49 del 2011). Los muros poseen un espesor de 0,12 m. mientras que los paneles que componen las losas tienen un espesor de 0,22 m.



*Figura 2: Planta tipo del 1 al 4 piso. (González et al, 2014)*

La configuración completa de la edificación se realiza con los formatos de paneles que se especifican en la Tabla 1.



Tabla 1: Descripción de paneles de CLT y su ubicación en el proyecto de edificio. (Albornoz y Barrera, 2016)

<b>PANELES DEL 1° A 4° PISO</b>	
Paneles	Paneles de CLT de 0.12 m de espesor, 1.2 m de ancho y 2.4 m de largo.
½ Panel	Panel de CLT de 0.12 m de espesor, 0.6 m de ancho y 2.4 m de largo.
Panel de ventana	Panel de CLT de 0.12 m de espesor, 1.2 m de ancho y 1 m de largo.
Panel de dintel	Panel de CLT de 0.12 m de espesor, 1.2 m de ancho y 0.4 m de largo.
Panel de ajuste	Panel de CLT usado en ejes estructurales para completar largos, dimensiones variables.

### 3 ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA A ESTUDIAR

En la Normativa vigente (NCh 1079 Of.2008) se identifican cada una de las zonas climáticas del país con su descripción y exigencias.

La elección de las zonas climáticas para este estudio (norte litoral, central interior y sur interior), está basado en la cantidad de población en cada una de ellas y su posibilidad de expansión. No se incluye el sur extremo porque en esa zona se requiere mayor aislación térmica debido a las bajas temperaturas que se presentan.

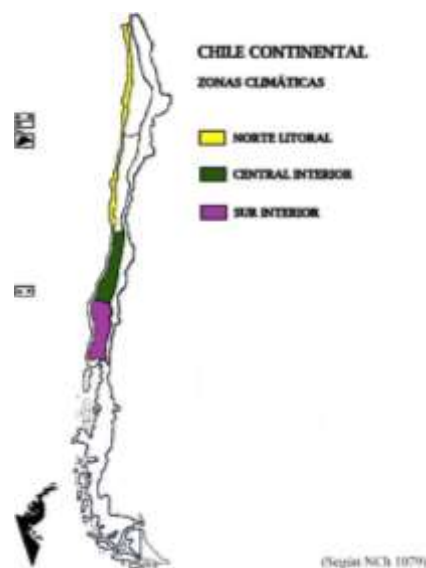


Figura 3: Zonas climáticas elegidas. (NCh 1079 Of.2008)



- Norte Litoral: Es una zona desértica, con clima dominante marítimo y poca oscilación de temperatura diaria. Nubosidad y humedad en las mañanas, soleamiento fuerte en las tardes y lluvias nulas en su extremo norte y poco frecuentes en el sur. Posee viento proveniente del Sur y Sur-Oeste.
- Central Interior: Posee un clima mediterráneo con temperaturas templadas e inviernos de 4 a 5 meses, una vegetación normal y lluvias en aumento hacia el sur. Una insolación intensa en verano y una oscilación de temperatura diaria moderada, aumentando hacia el Este. Presenta un viento proveniente del Sur-Oeste.
- Sur Interior: Es una zona lluviosa y fría con heladas. Posee veranos de 4 meses aproximadamente con una insolación moderada, además de varios ríos y lagos, con sus propios microclimas. Una vegetación robusta y un ambiente y suelo húmedos. Vientos de componentes Sur.

#### 4 AISLACIÓN TÉRMICA EN EDIFICIO DE CLT

La reglamentación térmica actual chilena es bastante exigente para imponer requisitos que permitan generar condiciones medioambientales en el interior de las viviendas con adecuada calidad de aire y con baja humedad, para lograr bienestar y buena calidad de vida de los habitantes, además del ahorro de energía que esto conlleva.

El acondicionamiento térmico de los elementos constructivos de la envolvente es un factor fundamental para la habitabilidad de un edificio residencial, logrando mayor calidad y eficiencia energética, lo que significa un avance tecnológico para el país en materia de energía y cuidado con el medio ambiente.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción chilena (OGUC) en su actualización de marzo del año 2016, establece en su artículo 4.1.10 que todas las viviendas deberán cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico de aislación de techos, muros, ventanas y piso, además de una certificación térmica.

Las recomendaciones que contiene la normativa chilena, incluye valores de transmitancia térmica para la envolvente, además de aquellos valores de la pendiente que deben cumplir las cubiertas así como recomendaciones sobre protecciones y calefacción.

En la Tabla 2 se muestran tres zonas climáticas con las respectivas exigencias del valor máximo de U (transmitancia térmica) para techumbre, muro, piso ventilado y ventana.

*Tabla 2: Valores de Transmitancia térmica para 3 zonas climáticas. (OGUC, 2016)*

Zona Climática	Valores máximos Transmitancia térmica U w/m <sup>2</sup> k			
	Techumbre	Muro	Piso Ventilados	Ventana
<b>Norte Litoral (NL)</b>	0,80	2,00	3,00	5,80
<b>Central Interior (CI)</b>	0,50	0,80	0,80	3,00
<b>Sur Interior (SI)</b>	0,30	0,50	0,70	3,00

En la Tabla 3 se detallan los valores de transmitancia térmica de los paneles de CLT de 120 mm en muros y de 220 mm en techumbre y piso, utilizados en el proyecto que se analiza en este trabajo.



De la comparación de estos resultados con los valores de la Tabla 2, se concluye que los elementos de CLT del edificio satisfacen los requisitos normativos en las tres zonas climáticas.

Tabla 3: Valores de Transmitancia térmica para los elementos de CLT. (FPInnovations 2011)

Panel CLT sin acabado y sin elementos adicionales		
Tipo Elemento	Espesor (mm)	U (w/m <sup>2</sup> k)
Muro	120	0,79
Techumbre	220	0,43
Piso	220	0,43

## 5 AISLACIÓN ACÚSTICA EN EDIFICIO DE CLT

Los edificios en Chile, particularmente aquellos de vivienda social, cuentan actualmente con un estándar bastante deficiente en lo referido a la aislación acústica. Los ruidos que más afectan al interior de las viviendas son los producidos en el ambiente exterior, así como en las viviendas colindantes. La reverberación y la absorción acústica de la superficie interior de cada una de las soluciones constructivas se puede controlar con el grado de absorción de las superficies interiores.

El problema del ruido de impacto debe principalmente a los muros medianeros y las losas, los cuales suelen comportarse de forma deficiente (Burgos 2016).

La transmisión del sonido entre las dependencias de un edificio residencial o comercial, así como del exterior hacia el interior, cumple un rol importante en el nivel de comodidad de sus ocupantes. Por lo tanto, la aislación acústica debe ser una prioridad durante la etapa de planificación de la obra.

En la Tabla 4 se presenta la reducción acústica mínima exigida para muro (aéreo) y pisos (aéreo y de impacto), según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC 2016).

Tabla 4: Valores de Reducción acústica para 3 zonas climáticas. (OGUC, 2016)

Zona Climática	Reducción Acústica		
	Muro	Pisos	
	Aéreo (db)	Aéreo (db)	Impacto (db)
Norte Litoral (NL)	45	45	75
Central Interior (CI)	45	45	75
Sur Interior (SI)	45	45	75



Los parámetros que inciden significativamente en la capacidad de aislación de ruidos, en pisos y muros, son la masa y el amortiguamiento de los elementos constructivos. El espesor de los muros, en el caso del CLT, es uno de los factores más importantes que influye en la efectividad del sistema de aislación acústica, mientras mayor es el espesor mayor es la capacidad de aislación. Los ensayos de laboratorio que reporta la literatura sobre el tema (FP Innovations 2011) indican que los pisos expuestos de CLT tienen un coeficiente de amortiguamiento crítico de aproximadamente 1%; por lo tanto, en la mayoría de los casos se propone agregar otros materiales para que el sistema mejore su eficiencia en cuanto a la aislación acústica.

Como se aprecia en la Tabla 5, el proyecto analizado no cumple con las exigencias normativas chilenas de reducción acústica.

Tabla 5: Valores de Reducción acústica de los paneles de CLT. (FPInnovations 2011)

Tipo Elemento	Reducción acústica (4)	
	Aéreo db	Impacto db
Muro	39	23
Techumbre	39	24
Piso	39	24

## 6 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS TÉRMICO – ACÚSTICA PARA EDIFICIO CLT

Los paneles de CLT del edificio analizado cumplen con los requisitos de aislación térmica pero no satisfacen las exigencias de aislación acústica que prescribe la normativa vigente; para dar solución a este problema, se recomiendan las siguientes soluciones constructivas que permiten aumentar su capacidad de aislación térmica y acústica.

- Solución para muro perimetral:** se recomienda instalar una placa de yeso cartón de 12,5mm en la cara interior del muro de tal manera de generar una cámara de aire con listones de madera aserrada para aumentar la resistencia acústica y a su vez aumentar las propiedades térmicas, cumpliendo de esta forma con la normativa actual.

$$U = 0,43 \text{ w/m}^2\text{k}$$

$$Rw \text{ Aéreo} = 48 \text{ db}$$

$$Rw \text{ impacto} = \text{No aplica}$$

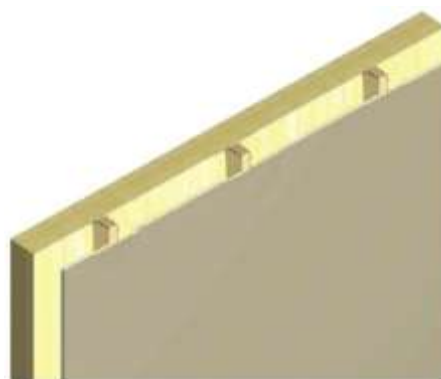


Figura 4: Solución muro perimetral. (Herrera y Llanquileo, 2016)

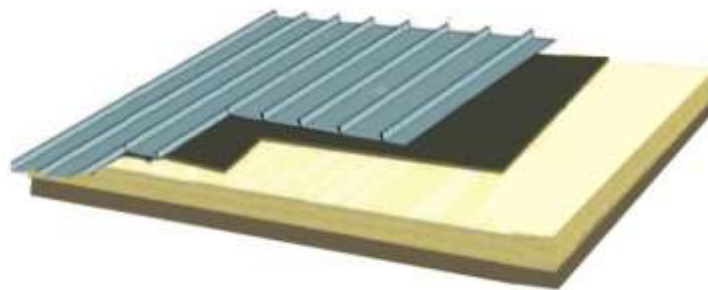


- b) **Solución de Techumbre:** se propone instalar papel fieltro sobre el panel de CLT y luego la cubierta de zinc tipo 5v (se recomienda este tipo de plancha o similar para que sea transitable). Bajo el panel de CLT se instala un colchón de lana mineral de 50mm y, con perfiles metálicos colgados del CLT, se construye la estructura que recibe finalmente la placa de yeso cartón de 12,5mm que se utiliza como cielo interior; de esta manera se genera una cámara de aire para aumentar la resistencia acústica y a su vez aumentar las propiedades térmicas, cumpliendo así con la normativa actual.

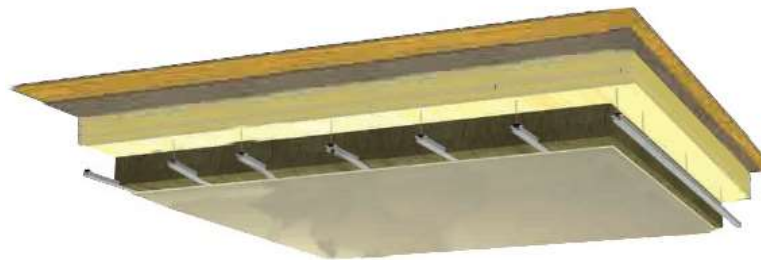
$$U = 0,27 \text{ w/m}^2\text{k}$$

$$Rw \text{ Aéreo} = 56 \text{ db}$$

$$Rw \text{ impacto} = \text{No aplica}$$



*Figura 5: Solución de techumbre. (Herrera y Llanquileo, 2016)*



*Figura 6: Solución de techumbre. (Herrera y Llanquileo, 2016)*

- a) **Solución de Piso:** se propone instalar sobre el panel de CLT de 220 mm una espuma niveladora más un piso de corcho HRF de 10,5 mm de espesor. Bajo el panel de CLT se instala lana mineral con papel en una cara de 200mm y, con perfiles metálicos colgados del CLT, se construye la estructura que recibe finalmente la placa de yeso cartón de 12,5mm que se utiliza como cielo interior; de esta manera se genera una cámara de aire para aumentar la resistencia acústica y a su vez aumentar las propiedades térmicas, cumpliendo así con la normativa actual.

$$U = \text{No aplica}$$

$$Rw \text{ Aéreo} = 79 \text{ db}$$

$$Rw \text{ impacto} = 75 \text{ db}$$





## 7 CONCLUSIONES

En este trabajo se han presentado soluciones constructivas para aumentar la capacidad de aislación térmica y acústica de un proyecto de edificio de mediana altura en madera contralaminada. Estas soluciones generan aumento en la resistencia térmica de la envolvente, lo que se traduce en un incremento de ahorro energético y condiciones de confort higrotérmico. La utilización de materiales que generen soluciones arquitectónicas y constructivas que proporcionen mejores condiciones de habitabilidad se traducen en menores consumos de energía en el tiempo y menor impacto ambiental, permitiendo menores costos de mantenimiento de la vivienda.

Del estudio se concluye que el CLT satisface los requisitos de aislación térmica, pero no ocurre lo mismo en el aspecto acústico, debiéndose incorporar elementos constructivos para reducir la transmisión de los ruidos aéreos y los ruidos de impacto.

Es importante señalar que se deben verificar diferentes espesores de elementos de CLT para optimizar su comportamiento térmico y acústico, tanto en muros como en losas; este sistema constructivo disipa el calor de tal forma que el calor del muro penetra y se expulsa de forma inteligente, dependiendo de su calor específico y conductividad térmica.

Finalmente, es posible afirmar que el sistema constructivo en madera contralaminada satisface los requisitos de aislación térmica, además de aportar a la sustentabilidad en el área de la construcción.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo financiero de Innova CORFO a través del proyecto *15BPE-47270 Ingeniería sismorresistente para diseño estructural de edificios de mediana altura en madera contralaminada de pino radiata crecido en Chile.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albornoz, I. y Barrera, M. (2016). Estudio de costos de fabricación de paneles CLT para la construcción de edificios de mediana altura. Memoria de título de Constructor Civil, Universidad de Santiago de Chile.

Burgos, C. (2016). Análisis del comportamiento de las fachadas de madera en zonas con clima mediterráneo. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona - España.

Carrillo, C. y Salas, F. (2016). Evaluación del comportamiento térmico mediante programa computacional Design Builder para un edificio de mediana altura construido en sistema CLT. Memoria de título de Constructor Civil, Universidad de Santiago de Chile.

FPInnovations (2011). CLT Handbook. Canadian Edition. Quebec. Canadá.

González, A. (2012). Evaluación de herramientas de simulación energética: Estudio del caso de la determinación de la demanda de calefacción en las viviendas de Concepción. Memoria de título de Magister en Habitat Sustentable. Universidad del Bio Bio.



González, P., Saavedra, E., Pérez, E., Burgos, C., Piña, F. y Wagner, M. (2014). Sistema constructivo en madera contralaminada para edificios, ISBN: 978-956-303-267-3. Universidad de Santiago de Chile, [www.conmaderausach.cl](http://www.conmaderausach.cl).

González, P., Burgos, C., Pérez, E., Valdivieso, D., Saavedra, E., Yáñez, S. y Wagner, M. (2019). Sistema constructivo en madera contralaminada para edificios. Volumen 2, ISBN: 978-956-303-395-3. Universidad de Santiago de Chile, [www.conmaderausach.cl](http://www.conmaderausach.cl).

Herrera, A. y Llanquileo, N. (2016). Proposición de un sistema de aislación térmica y acústica para edificios de mediana altura en un sistema CLT, en tres zonas climáticas de Chile. Memoria de título de Constructor Civil, Universidad de Santiago de Chile.

INN (Instituto Nacional de Normalización) (2008): NCh 1079 of 2008: Arquitectura y construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

INN (Instituto Nacional de Normalización) (2014): NCh 853.of 2014: Componentes y elementos para la edificación - Resistencia térmica y transmitancia térmica - Método de cálculo. Consultado el 28 de abril de 2014.

INN (Instituto Nacional de Normalización) (2007): NCh 853 of. 2007: Acondicionamiento térmico-envolvente para edificios.

MINVU (Ministerio de la Vivienda y Urbanismo). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones OGUC. 2016