

BIENESTAR HABITACIONAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE VIVIENDAS SOCIALES INDUSTRIALIZADAS CON ESTRUCTURA DE MADERA

Marcelo González Retamal

Gabriel Rodríguez Jaque

Ingeniero de la Madera, U.Chile

Profesor Depto. Ingeniería Civil, U.Chile

El presente artículo evalúa el bienestar habitacional y eficiencia energética de un conjunto de viviendas sociales construidas el año 2003 en la comuna de Buin, Región Metropolitana. Estas viviendas se construyeron con el Sistema de Construcción Modular Industrializado (SCMI), siendo el primer proyecto de su tipo en nuestro país.

Por medio de una encuesta de percepción realizada a los jefes de hogar se obtuvo, que el factor térmico de las viviendas sociales SCMI es regular, la iluminación natural fue considerada buena, y la aislación acústica deficiente; además la seguridad frente al fuego y termitas fueron consideradas como deficientes, mientras que el comportamiento de las viviendas sociales frente a la lluvia y a sismos fueron bien evaluados. Finalmente las familias manifestaron que sus viviendas sociales SCMI son de calidad aceptable, y se sienten satisfechas con ellas.

La vivienda social SCMI se entrega con su segundo piso inconcluso en condición cuasi habitable el que presenta la misma cantidad de pérdidas térmicas que una vivienda de ladrillo, sin embargo al realizar una terminación adecuada produce un ahorro energético del 30% respecto a la alternativa de ladrillo. A su vez cumple con la reglamentación térmica actual de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) en el primer piso en las siete zonas térmicas del país, pero no cumple en el segundo piso. La vivienda social SCMI con el mínimo de material aislante requerido para cada zona térmica presenta ahorros de gasto energético que varían entre 16% y 37% respecto a la vivienda de ladrillo.

Palabras Claves: Viviendas sociales, construcción en madera, habitabilidad, comportamiento térmico, consumo de energía.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Chile la construcción de viviendas con madera se asocia a soluciones habitacionales transitorias que presentan bajos estándares de bienestar habitacional, lo que ha generado una suerte de rechazo por parte de las personas a adquirir este tipo de viviendas, no obstante presentan buenas bondades cuando son construidas en forma industrial bajo un buen diseño, lo que puede llevar a obtener viviendas de excelente calidad a un bajo costo.

En Chile existe el Sistema Constructivo Modular Industrializado (SCMI), inscrito en el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que permite construir viviendas con estructura de madera en forma industrializada. Este Sistema Constructivo asegura altos niveles de calidad, facilidad y rapidez de construcción, una menor emisión de gases de efecto invernadero, buen comportamiento acústico y de resistencia al fuego, y un excelente comportamiento sísmico debido a su menor peso estructural (CORMA, 2007). Además, experiencias realizadas por Fundación Chile y la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, resaltan las bondades de este tipo de construcción industrializada de viviendas, donde se destaca el buen comportamiento térmico que presentan por sobre las viviendas tradicionales de ladrillo y hormigón, lo que genera un importante ahorro energético y un muy buen confort térmico.

Debido a que ya se han construido viviendas sociales en forma industrializada, es de interés poder evaluar el bienestar habitacional que entregan a sus habitantes, conociendo la percepción de ellos y revisando los aspectos técnicos de éstas. Además se puede evaluar, según la nueva exigencia, el comportamiento térmico de este tipo de viviendas, medir el gasto energético de calefacción necesario para obtener confort y compararlo con una vivienda de albañilería. Este análisis ayudará a comprobar que la construcción industrializada de viviendas con estructura de madera puede entregar un excelente comodidad habitacional, y transformarse en un aporte importante para poder dignificar la vivienda de interés social en nuestro país, lo que se transforma en un aporte directo para las familias de menores recursos.

El objetivo general de este artículo fue evaluar bienestar habitacional y eficiencia energética de viviendas sociales estructuradas con madera de pino radiata, utilizando el Sistema Constructivo Modular Industrializado; esto mediante el cumplimiento de dos objetivos específicos:

1. Evaluar los estándares de bienestar habitacional de un conjunto de viviendas sociales construidas con el Sistema Constructivo Modular Industrializado
2. Comparar el gasto energético debido a calefacción de una vivienda social construida con el Sistema Constructivo Modular Industrializado frente a una vivienda similar de albañilería.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las viviendas utilizadas en este estudio, corresponden al conjunto habitacional de la sexta etapa de la población Bajos del Matte, comuna de Buin, Región Metropolitana. Este conjunto habitacional se compone de 225 viviendas sociales construidas el año 2003, y que fueron financiadas por medio de un programa habitacional entregado por el Gobierno denominado “Vivienda Social Dinámica sin Deuda” a un valor de 290 UF por vivienda, el cual incluye un aporte de 10 UF de cada familia beneficiada. El objetivo de este programa habitacional era la entrega de una vivienda nueva con una superficie mínima habitable de 25 m² incorporando en el diseño arquitectónico y estructural una proyección de crecimiento de 50 m² en total (SERVIU, 2008)

Para la construcción de estas viviendas sociales se utilizó el SCMI, el cual es una forma de construir usando estructuras de madera y otros materiales, que en conjunto y a través de un proceso industrial, permite construir todo o parte de la construcción en uno, dos o tres pisos, de edificios habitacionales, campamentos, establecimientos educacionales, hospitalarios y otros (Fundación Chile, 2000).

La fabricación de los elementos industrializados fue realizada por la empresa “Tecno Truss S.A.” en su planta industrial ubicada en la zona norte de la Región Metropolitana. Esta empresa fabricó los paneles para los muros perimetrales de las viviendas, los casetones para las estructuras de piso y techumbre, y las cerchas mediante un proceso productivo controlado y repetitivo consistente en tres etapas: diseño estructural de los elementos, proceso de corte y proceso de ensamblaje. Durante la producción de los elementos industrializados de las viviendas sociales de Buin se aplicó un Sistema de Gestión de Calidad por parte de la empresa Tecno Truss junto a Fundación Chile como certificador.

El primer piso de estas viviendas sociales tiene una superficie de 31 m² y está constituido por un estar-comedor, baño, cocina y un dormitorio. En tanto el segundo piso tiene una superficie habitable de 21 m², el cual se entregó a los propietarios en condiciones “cuasi habitables”, y contempla la ubicación de dos dormitorios.

Evaluación del bienestar habitacional

Para evaluar el bienestar habitacional que entregan las viviendas sociales SCMI primero se confeccionó un instrumento de medición o encuesta para observar la actitud de los propios habitantes de las viviendas después de cuatro años de uso.

La encuesta, dirigida a los propietarios de las viviendas, consistió en un conjunto de catorce preguntas o ítems relativos al bienestar habitacional que brindan las viviendas a sus habitantes. La confección de las pre-

guntas se basó en los factores de bienestar habitacional que se encuentran definidos por la “Guía de diseño para un hábitat residencial sustentable” elaborado por Fundación Chile como resultado del proyecto de investigación FONDEF/CONICYT N° D00I1039, a saber (Fundación Chile et al., 2004):

- Factor térmico
- Factor acústico
- Factor lumínico
- Factor seguridad de la edificación

Además fue de interés averiguar el nivel de satisfacción de los habitantes con sus viviendas. Todos los ítems fueron medidos en un escalamiento tipo Likert (de 1 a 5 puntos). Mientras más favorable fue la actitud de la persona encuestada frente a una pregunta, mayor fue el puntaje que se le asignó.

Para la encuesta se calculó la confiabilidad del instrumento mediante el coeficiente Alfa-Cronbach mediante la utilización del programa de análisis estadístico SPSS. Se seleccionó una muestra aleatoria del 20% correspondiente a 45 viviendas de un total de 225 del conjunto en estudio. Para la selección de las viviendas sólo se tomó en cuenta el factor exposición del frontis de las viviendas, ya que ésta puede condicionar en forma considerable la cantidad de luz natural y la temperatura al interior de una vivienda durante el día (Rodríguez, 2007).

Evaluación térmica y energética de las viviendas

Se analizó el comportamiento térmico de las viviendas sociales de Buin construidas con el SCMI, utilizando los planos y las especificaciones técnicas como base para los cálculos térmicos que se realizaron.

Para obtener las características térmicas de las viviendas en estudio se determinaron las resistencias y transmitancias térmicas de la envolvente, y los coeficientes globales de pérdidas térmicas de acuerdo a la normativa nacional existente. Las conductividades térmicas de los materiales que se utilizaron en la construcción de las viviendas sociales se obtuvieron de los valores entregados por la norma chilena NCh 853.of91y por el Manual de Aplicación Reglamentación Térmica (MART). Los factores globales de perdidas térmicas calculados, fueron el factor Gv1, que permite obtener la razón entre los flujos térmicos a través de la envolvente de la edificación y el producto de su volumen interior y la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior; y el factor Gv2 que es similar al anterior pero agregando las pérdidas térmicas por ventilación e infiltración de aire. La unidad de los factores G es [W/m³°C] (ver norma chilena NCh 1960.of60).

Se consideró una temperatura de 20°C, como la de confort al interior de la vivienda. Y se compararon los resultados obtenidos de energía requerida en calefacción (ERC) de las viviendas sociales con una vivienda tradicional de ladrillo. Además se consideró de interés ampliar la comparación a una tercera alternativa consistente en una propuesta de terminación de las viviendas sociales SCMI en estudio. La propuesta de terminación para los muros perimetrales del segundo piso de las viviendas se tomó en cuenta debido a que los muros se entregan sin aislación térmica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del bienestar habitacional de las viviendas

De los datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta en las 45 viviendas sociales SCMI de Buin, se obtuvo que la cantidad de habitantes promedio por vivienda fue de 4,9 personas, mientras que el tiempo de residencia promedio de los encuestados fue de 3,7 años. La distribución de la muestra correspondiente a las 45 viviendas sociales SCMI encuestadas para este estudio, se puede observar en la Figura 1. En relación a los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta, la Tabla 1 muestra las estadísticas para cada una de las catorce preguntas de la encuesta de bienestar habitacional.

FIGURA 1: DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA DE VIVIENDAS SOCIALES SCMI ENCUESTADAS.



Fuente: Google Earth 2007

TABLA 1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA APLICACIÓN DE LA ENCUESTA DE BIENESTAR HABITACIONAL

Preguntas	TÉRMICO				ILUMINA- CIÓN NATU- RAL	ACÚSTICO			SEGURIDAD				SATISFAC- CIÓN Y CALI- DAD	
	1. ¿Cómo considera la aislación térmica de su vivienda en invierno?	2. ¿Cómo es su satisfacción con el gasto en calefacción su vivienda en invierno?	3. ¿Cómo considera la aislación térmica de su vivienda en verano?	4. ¿Cuál es su satisfacción en el interior de su vivienda frente al calor en el verano?	5. ¿Cómo es la iluminación natural dentro de la vivienda para las actividades que se realizan?	6. ¿Cómo encuentra la aislación acústica entre los diferentes sectores de la vivienda?	7. ¿Cómo considera la aislación acústica del muro divisorio de su vivienda?	8. ¿Cómo es la aislación acústica que presenta su vivienda frente a ruidos externos?	9. ¿Cómo considera usted la seguridad de su vivienda frente al fuego?	10. ¿Cómo considera usted el comportamiento de su vivienda frente a un sismo?	11. ¿Cómo encuentra el comportamiento de su vivienda frente a la lluvia?	12. ¿Cómo calificaría el nivel de seguridad de su vivienda frente a las termitas?	13. ¿Cómo considera la calidad de su vivienda de madera?	14. ¿Cómo calificaría su nivel de satisfacción con respecto a su vivienda?
Promedio	3,3	3,2	3,4	3,4	4	2,2	2,1	2,5	2,6	3,6	3,9	2,9	3,8	4,1
Desv. Estándar	1,1	1	0,9	0,8	0,6	1	1,1	1	0,9	0,6	0,7	1,2	0,8	0,7
Promedio Factor	3,3				4	2,3			3,3				4	

Fuente: Elaboración propia. Preguntas en rango de respuestas de 1 a 5, donde 1=muy malo y 5=muy bueno

El coeficiente de confiabilidad obtenido para la encuesta de bienestar habitacional fue de 0,93; lo que indica una alta confiabilidad del instrumento de medición. A continuación se encuentra un análisis detallado, en cuanto a las causas de la evaluación hecha por los jefes de hogar sobre sus viviendas a través de la encuesta de bienestar habitacional.

Factor térmico. El confort térmico que necesitan los habitantes de un hogar depende de diversos factores, entre los principales se encuentra la temperatura, la humedad y el movimiento del aire interior. Se sabe que para lograr un confort térmico, la temperatura que se debe mantener al interior de la vivienda está comprendida en el rango de 17-24°C dependiendo de la humedad relativa del aire y de la velocidad del aire del recinto (Rodríguez, 2006).

En relación a la encuesta, se pudo observar que las preguntas relativas al factor térmico obtuvieron puntajes promedios entre 3,2 y 3,4 puntos, lo que significa que la evaluación es entre regular y buena. Es evidente que

la percepción de los habitantes sobre el factor térmico de sus viviendas puede mejorar al realizar una terminación adecuada del segundo piso de las viviendas SCMI de Buin. De las familias encuestadas, se obtuvo que sólo en un 6,7% de las viviendas se han realizado terminaciones adecuadas, consistentes en la instalación de aislante térmico y revestimiento interior de los muros perimetrales, e instalación de cielo para cubrir la estructura de techumbre.

Factor iluminación natural. La iluminación natural dentro de una vivienda tiene una gran influencia en la calidad de vida de las personas, tiene ventajas psicológicas en comparación con la iluminación artificial, y afecta en forma considerable el ahorro de energía para mantener un recinto a una temperatura confortable (Sarmiento, 2007).

La iluminación natural de las viviendas fue considerada buena, ya que el puntaje promedio es de 4 puntos. Según mediciones realizadas como parte del proyecto de investigación FONDEF/CONICYT "Determinación de los están-

dares de bienestar habitacional, para mejorar la calidad de la construcción de viviendas en Chile”, para la latitud correspondiente a la zona de las regiones Metropolitana y de Valparaíso es suficiente contar con un 10% de superficie de ventanas (superficie de ventanas en relación a la superficie de muros perimetrales) a fin de obtener niveles de iluminación adecuados al interior de las viviendas (Fundación Chile et al., 2004). Las viviendas sociales en estudio presentan 10,6% de superficie de ventana en relación a la superficie del recinto, por lo que cumplen con lo recomendado.

Factor acústico. El ruido es un conjunto de sonidos inarticulados de diversa intensidad, desagradable y molesto al oído, y que puede producir un gran impacto negativo en la salud física y psíquica de las personas; en sus relaciones familiares y sociales; en el valor patrimonial de la vivienda afectada y en los derechos fundamentales a la intimidad (Colonelli, P; Rodríguez, G., 2004). Los datos obtenidos de la encuesta indican que la aislación acústica de los muros interiores de las viviendas sociales SCMI, fueron consideradas como malas y muy malas por el 65% de los encuestados; el 70% de los propietarios consideró como mala y muy mala la aislación acústica del muro divisorio; en tanto la aislación acústica de la vivienda frente ruidos externos fue considerada como mala y muy mala por la mitad de los encuestados. Se puede apreciar entonces que los habitantes tienen una mala percepción sobre el comportamiento acústico de sus viviendas, lo que se ratifica con los resultados obtenidos en estudios realizados por Fundación Chile (2004) y Ferrada (2003) donde concluyen que las viviendas sociales de albañilería presentan falta de aislación acústica no cumpliendo con la normativa nacional existente; por lo que este es un factor de diseño que se debe mejorar con urgencia en todos los tipos de vivienda social que se construyan en Chile, y no solo atañe a la construcción en madera.

Sin embargo existen soluciones constructivas para muro divisorio o medianero con estructura de madera que cumplen con la aislación mínima requerida por la normativa actual (ver norma chilena NCh 352/1.Of2000) y que aparecen en el “Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico” del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 2008a).

Factor seguridad de la edificación. En el siguiente apartado se analizó la percepción de seguridad de la vivienda frente al fuego, la lluvia, los sismos y termitas.

Seguridad de la vivienda frente al fuego: El objetivo que persigue el diseño de edificios contra incendios es dar un tiempo suficiente para que los moradores puedan ponerse a resguardo antes de que la estructura colapse, además de considerar el uso de métodos para minimizar el riesgo de incendio. Se obtuvo la resistencia al fuego de todos los elementos constructivos que conforman la vivienda social SCMI de Buin mediante el “Método Adi-

tivo de Componentes CAM” (Wagner, 2003); obteniendo que las viviendas estudiadas cumplen con las exigencias mínimas de resistencia al fuego según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), al presentar terminaciones interiores adecuadas de muros y techumbre utilizando revestimientos difícilmente combustibles (planchas de yeso-cartón y/o fibrocemento). No obstante a lo anterior la percepción de seguridad en caso de incendio fue considerada entre regular y mala (2,6 puntos); lo que se debe en gran medida a que al interior del segundo piso de las viviendas los elementos estructurales de madera se encuentran a la vista (condición cuasi habitable), lo que genera la inseguridad manifestada.

Seguridad de la vivienda frente a un sismo: La fuerza con que actúa un sismo sobre una edificación depende de la aceleración del movimiento y del peso de la estructura. Para iguales condiciones de aceleración de movimiento se cumple que a menor masa de una estructura, menor es la fuerza lateral del sismo sobre ella. Esta ventaja de menor masa (y por lo tanto menor peso) la presentan las viviendas estructuradas en madera que son entre seis a nueve veces más livianas en comparación a las construidas en albañilería y hormigón (CORMA, 2007). Además las estructuras conformadas por materiales como el hormigón y el ladrillo, son más frágiles que las estructuras de madera, ya que soportan una menor deformación durante un movimiento lateral. Gran parte de la ductibilidad de las estructuras de madera se debe a las conexiones metálicas que estos sistemas constructivos utilizan, lo que le da a una estructura de madera la habilidad para soportar mejor los sismos. En cuanto a la percepción de los jefes de hogar sobre el comportamiento de sus viviendas frente a los sismos, ésta fue evaluada en un punto intermedio entre regular y buena (3,6 puntos).

Seguridad de la vivienda frente a la lluvia: Es de vital importancia que las viviendas no presenten infiltraciones debido a la lluvia, ya que esto provoca serios problemas de humedad en la estructura y afecta en forma significativa el bienestar de sus habitantes. Los jefes de hogar encuestados frente a este tema entregan una percepción promedio considerada como buena (3,9 puntos), lo que indica que la materialidad de la envolvente, el diseño de los aleros y la instalación de canaletas y caídas de agua fue correcta; ayudando a un buen comportamiento de las viviendas sociales SCMI de Buin frente a la lluvia.

Seguridad de la vivienda frente a las termitas. Las termitas son el mayor exponente dentro de los agentes bióticos que degradan la madera, siendo además un factor importante a considerar en el diseño de cualquier edificación que utilice la madera como material estructural. Las termitas subterráneas son la causante de mayor preocupación debido a su difícil control, encontrándose principalmente en la zona central de nuestro país.

Las estrategias de prevención evidenciadas en las viviendas sociales en estudio son las siguientes: una fundación