



VIVIENDA SOCIAL SUSTENTABLE CON ESTRUCTURA LIVIANA DE MADERA APLICANDO MATERIALES Y ELEMENTOS DE INNOVACIÓN

SUSTAINABLE SOCIAL HOUSING WITH TIMBER LIGHT FRAME APPLYING INNOVATION MATERIALS AND ELEMENTS

Burgos, Camila; González, Paulina; Pérez, Eduardo; Ampuero, Leandro; Rivera, Luis
Universidad de Santiago de Chile, Chile

CÓDIGO: A4620076

Resumen

Se propone el diseño de una vivienda social sustentable de 55 m² que contempla una torre evaporativa convectiva orientada al norte para resolver las problemáticas de climatización, medioambientales, con un aislante de lignocelulosa, y tecnológico, empleando un robot para el mantenimiento de paneles. El diseño arquitectónico es sencillo y recoge dos conceptos del diseño bioclimático; el primero es la orientación al norte de los espacios más relevantes, dejando las zonas húmedas hacia el sur; el segundo es el movimiento convectivo del aire en la torre, ubicando los dormitorios (2 piso) para aprovechar mejor el calor durante la noche. Se optimizan los flujos de ventilación natural utilizando el espacio de circulación vertical y una envolvente térmica de alta eficiencia, conformada por una estructura liviana de marcos de madera rellena con aislante de lignocelulosa de material 100% reciclado. Éste se complementa con un tabique con cámara de aire no ventilada en su interior, para aumentar la resistencia térmica del muro y distribuir los ductos de la vivienda para controlar la hermeticidad de la envolvente térmica hacia el exterior. La vivienda cuenta con termo solar y termo eléctrico para la demanda de agua caliente sanitaria, un sistema de 1 KW de paneles fotovoltaicos on grid para la demanda eléctrica y un robot de limpieza de paneles que permite aumentar en un 20% el rendimiento de este dispositivo.

Palabras-clave: vivienda social sustentable, innovación, envolvente térmica.

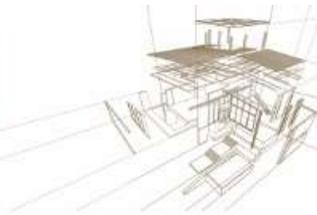
Abstract

In this work a design of a sustainable 55 m² social housing is proposed, it considers a convective vaporizing tower pointed to the north to solve climate control, and environmental problems, with an insulation of lignocellulose and technological, using a robot for the maintenance of solar panels. Architectural design is simple and picks up two concepts of bioclimatic design; the first is pointing to the north the most relevant spaces, leaving wet zones to the south; the second is the convective movement of the air in the tower, locating bedrooms (2 floor) for the best profit of heat at night. Natural ventilation flows are optimised using the vertical circulation space and a thermal, highly efficient surrounding is proposed, made of a light structure of wooden frames filled with lignocellulose of 100% recycled material. This is complemented adding a partition wall which has a non-ventilated air chamber in its inside, for increase thermal resistance of the wall and distribution of the house's ducts, the hermetic of thermal envelope to the outside may be controlled. The house has solar heater and electric heater for the demand of hot sanitary water, 1 KW of photovoltaic panels on grid for the electricity demand and cleaning robot for panels which allows an increase of 20% efficiency of this device.

Keywords: sustainable social housing, innovation, thermal envelope.

1. INTRODUCCIÓN

El déficit habitacional en Chile, según el Censo del 2017, es de 393.613 viviendas, el cual se pretende reducir a no más 150 mil para el año 2022. Sin embargo, y aunque se aprecie un cambio positivo a través de los años, el común de los chilenos se muestra disconforme en su



apreciación de la vivienda social típica debido a las malas experiencias que han afectado a familias vulnerables, producto de una mala ejecución de las obras.

Es importante introducir criterios de sustentabilidad a la vivienda social de nuestro país en el marco del impacto ambiental de la industria de la construcción; asimismo, se espera cambiar la imagen deficiente que existe respecto de la vivienda social típica por una de alto estándar. En virtud de este desafío, se propone el diseño de una vivienda social sustentable para el concurso chileno Construye Solar 2019; el cual corresponde a un sistema constructivo modular con elementos sustentables y de innovación, que contempla un robot de limpieza de paneles solares, una torre evaporativa y un material termo-aislante a base de aglomerado de ligno celulosa 100% reciclada.

El sistema constructivo está conformado por marcos de madera de 45 x 190mm que proporcionan la resistencia estructural a los muros, y que contiene el material aislante en su interior (190 mm). Para rigidizar el conjunto, se propone la utilización de tableros de contrachapado estructural de 15 mm de espesor, en ambas caras del marco, generando de esta manera un panel con espacio en su interior para el material aislante. Los tableros de contrachapado estructural se encuentran en un formato de dimensiones 1,22 m x 2,44 m; sin embargo, se ha decidido diseñar un panel de 1,2 m x 2,4 m para mantener la cuadrícula, por lo tanto es necesario rectificar las dimensiones de los tableros estándar.

La modulación y estandarización de la vivienda facilita un montaje de rápida ejecución, permitiendo la industrialización y la construcción en seco. Además de incluir elementos de innovación a un valor accesible para una vivienda social. El sistema que se propone permite promover la utilización de la madera como material constructivo sustentable, lo que resulta trascendental en el contexto de la importancia que tiene hoy el cuidado del medioambiente.

2. PROYECTO VIVIENDA SOCIAL SUSTENTABLE

El diseño corresponde al de una vivienda unifamiliar, de agrupamiento continuo y con una superficie total de ambas plantas de 55.12 m². La distribución interior de la vivienda presenta dos particularidades: en la planta baja los espacios son más amplios y flexibles que en la planta alta y de compartimiento familiar. Para el caso de la planta alta, resalta el uso individual y privado de la vivienda.

Por otra parte, la vivienda privilegia una distribución espacial interior que permite orientar hacia el norte los recintos más importantes (estar y comedor en el primer piso, y dormitorios en el segundo piso), implementando en dichos recintos, ventanas de mayor tamaño para el aprovechamiento de ganancias solares directas que ayuden a calefaccionar la vivienda de forma pasiva, mientras que la orientación sur de los recintos de servicio permiten disminuir la dimensión de ventanas, reduciendo también las pérdidas de energía en invierno.

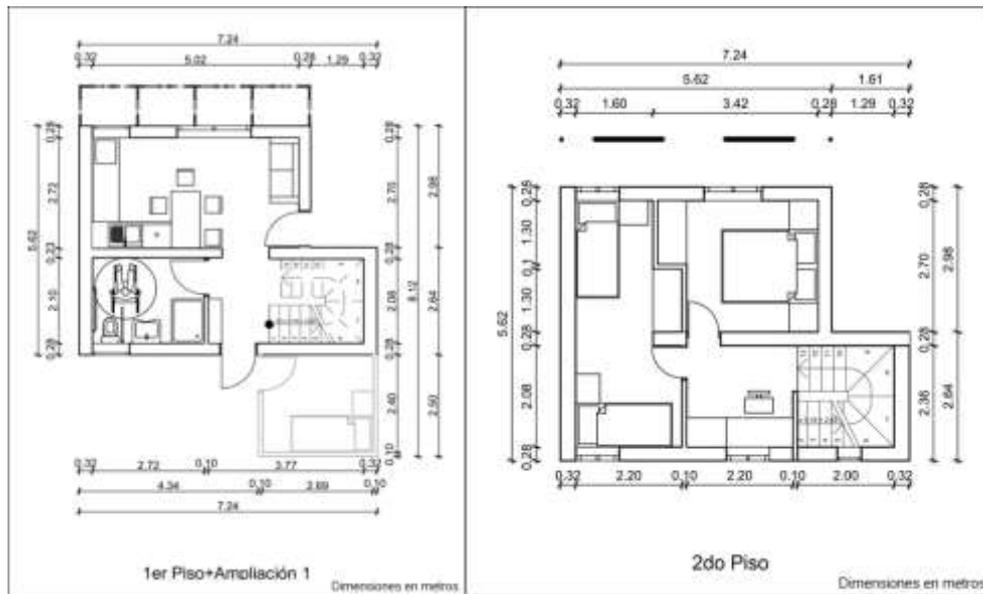


Figura 1: Plantas de vivienda social sustentable. (Toloza 2018).

En lo que se refiere a elementos de innovación, el prototipo de vivienda, además del material termo-aislante de ligno celulosa 100% reciclado, cuenta con una torre evaporativa convectiva, ubicada en el espacio de la escalera que permite hacer operativas las estrategias bioclimáticas, la que actúa como chimenea de ventilación en épocas de invierno e intermedias, y a su vez funciona como torre de refrigeración evaporativa de flujo descendente en épocas de verano con temperaturas extremas; esta estructura proporciona además una cubierta inclinada para la incorporación de celdas fotovoltaicas, para las cuales se contempla el diseño de un robot de limpieza que permite maximizar su eficiencia.

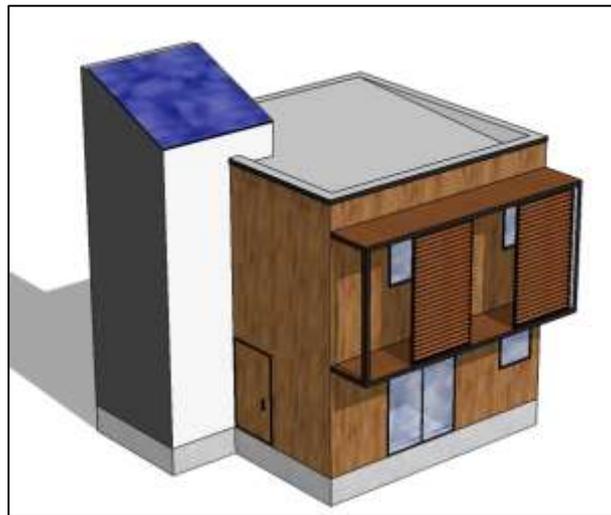


Figura 2: Isométrica de vivienda social sustentable. (Toloza 2018).

Además, se dispone de 1KW fotovoltáicos on grid para la demanda de electricidad, un termo solar de 200 litros y un termo eléctrico de 100 litros para el agua caliente sanitaria.



3. DISEÑO CONSTRUCTIVO

El concepto del diseño estructural y constructivo de la vivienda está basado en el empleo de materiales sustentables capaces de solventar las solicitaciones requeridas; entonces, se utiliza madera para la estructura y materiales reciclados para resolver los aspectos relativos a aislación térmica y acústica. La estructura se materializa con muros perimetrales conformados por paneles modulares industrializables, que se componen de un marco de madera, revestido por ambas caras con tableros de contrachapado estructural de 15 mm, relleno con material reciclado lignocelulósico, el cual provee de excelentes propiedades térmicas a la envolvente de la vivienda.

La planta de arquitectura se proyecta en una cuadrícula de 1,2 m x 1,2 m, debido a que los elementos de construcción tipo panel se encuentran en formatos con esas dimensiones, de esta manera disminuye la generación de residuos.

3.1 Estructura de la vivienda

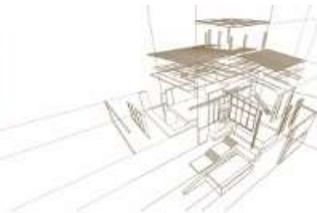
Los muros de la vivienda están conformados por paneles modulares de 1,2m de base por 2,4 m de altura, los cuales se elaboran con piezas de madera aserrada seca de 45 mm x 190 mm (INN 2004) y tableros de contrachapado estructural de 15 mm de espesor en ambas caras del panel, como se muestra en la Figura 1; se establece una altura de 2,4 m en atención a que la altura mínima, de piso a cielo terminado, que establece la OGUC (MINVU 2016) para recintos habitables es de 2,3 m. Los tableros de distintos materiales de construcción que están disponibles son de 1.22 x 2.44 m; sin embargo el panel base de la solución habitacional que se propone es de 1,2 m x 2,4 m, para mantener la cuadrícula. También se emplea un medio panel, con dimensiones 60 cm x 240 cm x 23,6 cm de espesor para los antepechos. En el interior de los paneles se dispone el material aislante de ligno celulosa.



Figura 3: Estructura básica del panel. (Toloza 2018).

Los paneles se montan sobre soleras de 50 mm x 200 mm ancladas al sobrecimiento y posteriormente se refuerza el conjunto con soleras superiores de 50 mm x 200 mm. Los vanos se refuerzan perimetralmente con un marco de madera elaborado con piezas de 25mm x 200 mm, que se fija por medio de tornillos a los tableros de contrachapado estructural.

El envigado de entrepiso se materializa con vigas de pino dimensionado de 50 mm x 200 mm y 281 cm de longitud, dispuestas cada 60 cm, las cuales se apoyan sobre las soleras superiores de los paneles del primer piso. Sobre las vigas de entrepiso se instalan tableros de contrachapado estructural de 18 mm y en la parte inferior un tablero de OSB de 9 mm y paneles de yeso cartón de 10 mm de espesor. En el espacio interior que se genera en el entrepiso se disponen 20 cm de material lingo-celulósico para aislación térmica. Además, sobre el contrachapado que conforma



el piso del segundo piso, se contempla una lámina de caucho reciclado de 5 mm para disponer de aislamiento acústico y sobre éste se propone la instalación de piso laminado de 6 mm.

Los paneles de muro del segundo piso se instalan sobre soleras de 50 mm x 200 mm, las cuales se anclan al envigado del entrepiso.

La estructura de techumbre está constituida por cerchas de madera aserrada, de 25 mm x 200 mm distanciadas a 60 cm, las cuales se fijan a los muros por medio de herrajes y omegas estructurales de acero galvanizado de 25 x 40 x 15 x 8 x 0.85 mm. Sobre éstas se fijan tableros de OSB de 11.1 mm para soportar la cubierta de acero galvanizado 5V. En el entretecho se dispone lana mineral de 10 cm para aislamiento térmico.

La envolvente de la vivienda se materializa en su mayor parte con paneles modulares con el objetivo de generar el menor número posible de piezas especiales, las cuales se presentan principalmente en la techumbre de la torre de climatización, debido a su geometría que ha sido definida para facilitar la instalación de paneles fotovoltaicos.

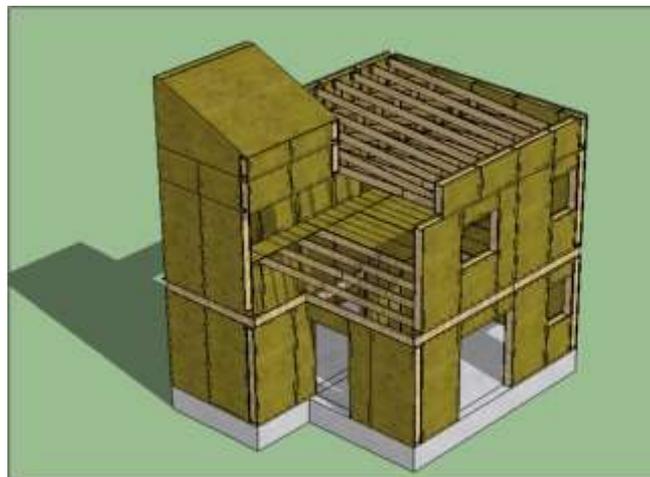


Figura 4: Esquema estructural de la vivienda. (Tolozá 2018).

3.2 Material de ligno celulosa reciclada

El material utilizado como aislante es un aglomerado de lingo celulosa, elaborado a partir de bandejas de huevo (Villanueva 2017), cuya finalidad es proponer un elemento que cumpla con las normativas nacionales para ser empleado en viviendas sociales. Su utilización permite reciclar y revalorizar material de desecho. Es un material ecológico que presenta un bajo impacto ambiental, es higroscópico, de color grisáceo, se asemeja bastante visualmente a una superficie de hormigón, pero significativamente más ligero. Este material debe ser vertido en estado plástico dentro de un molde y secado a temperatura controlada. En la Figura 5 se muestran bloques de este material.

Otra de las características de este material es su baja conductividad térmica (λ) de aproximadamente 0,144 W/(mK), inferior a la de materiales utilizados en la construcción como el hormigón armado (1,63 W/mK) o el ladrillo cerámico (0,5 W/(mK)); se asemeja más a maderas densas como el roble o el coigüe (0,157 W/mK, 0,145 W/mK).

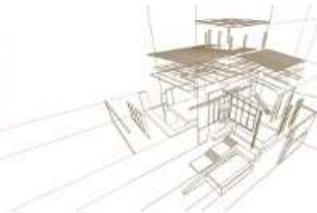


Figura 5: Bloque de ligno celulosa. (Villanueva 2017)

3.3 Incorporación material aislante y montaje de paneles

3.3.1 Incorporación del material aislante en los módulos

Para la incorporación del material aislante de ligno celulosa se proponen dos opciones:

- Elaborar un bloque macizo, mediante el proceso de secado controlado en horno eléctrico, y posterior mecanizado para la obtención de un prisma rectangular; a éste proceso se puede agregar una etapa de fresado para obtener un bloque machihembrado, con el fin de obtener mayor grado de hermeticidad. Estos bloques se disponen al interior del panel, como se muestra en la Figura 6 y luego se sellan las juntas con un adhesivo.

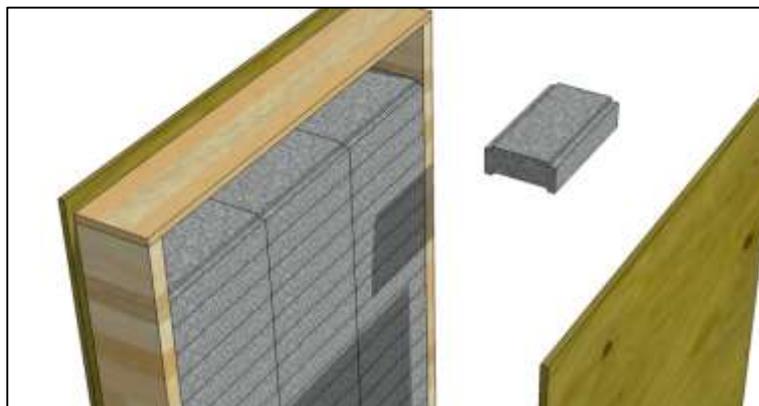
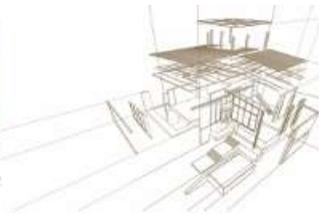


Figura 6: Incorporación de bloques de ligno celulosa al módulo. (Tolozá 2018).

Los principales inconvenientes de utilizar el formato de bloques, es que se requiere un gran volumen de material para hornear, un gran número de bloques a mecanizar y una gran variedad de geometrías de bloques. Para lograr una adecuada hermeticidad, se requiere aplicar adhesivo para sellar las uniones, tanto entre bloques, como entre los bloques y el marco de madera.

- Incorporar el material de ligno celulosa por medio de vaciado dentro del módulo como molde definitivo para la contención del aglomerado de ligno celulosa, según se muestra en la Figura 7. Se considera que es la alternativa más conveniente, debido a que el aglomerado presenta buena capacidad de adherencia a superficies porosas en su estado



plástico, de esta manera se obtiene un sello hermético entre el aislante y el marco del panel, y un volumen macizo del material.

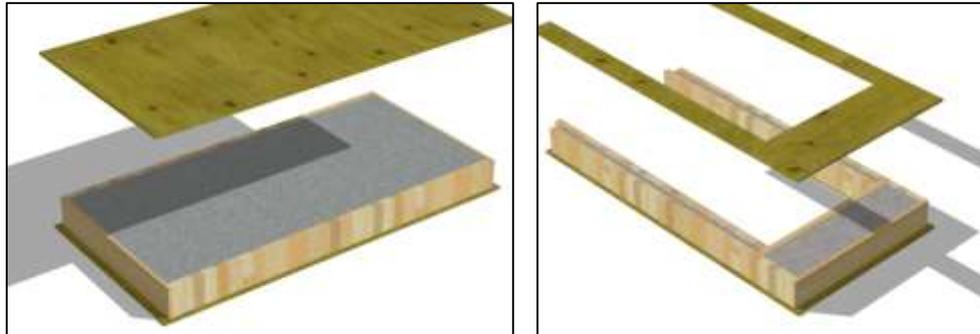


Figura 7: Incorporación de bloques de ligno celulosa al módulo. (Toloza 2018).

3.3.2 Montaje de paneles

- a) Primera etapa del montaje: en primer lugar, se efectúa el trazado de la disposición de los paneles y se instala un fieltro asfáltico en todo el recorrido de los muros; sobre el fieltro se instalan las soleras inferiores de los muros dejando un margen al borde del sobrecimiento de aproximadamente 15 mm para permitir la instalación de un recubrimiento que asegure un adecuado escurrimiento de las aguas. Luego se instalan los paneles sobre las soleras ya ancladas, con apoyo de puntales provisionarios, como se muestra en la Figura 8.



Figura 8: Montaje del panel sobre la solera inferior. (Toloza 2018).

- b) Montaje unión en línea: el ensamble de dos o más paneles en línea se realiza por medio de una pieza de madera de 45 mm x 190 mm x 2,31 m, dispuesta como pie derecho entre ambos paneles, lo cual puede apreciarse en la Figura 9; el panel se fija con tornillos cada 20 cm, por ambas caras del panel, de tal forma que penetren por los cantos de la pieza de ensamble, posteriormente se acopla el segundo panel. Luego, se fija a la solera inferior asegurando verticalidad del elemento.

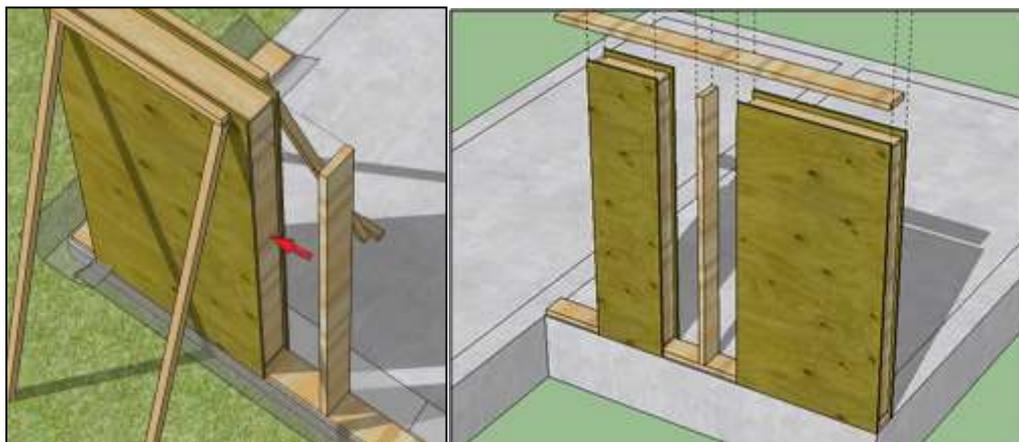
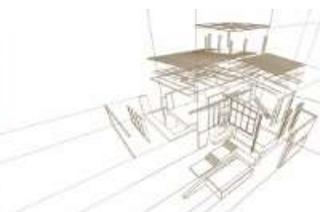


Figura 9: Ensamble de los paneles en unión en línea. (Toloza 2018).

- c) Montaje unión esquina: se realiza con una pieza de ensamble de madera de 21 mm x 190 mm x 2,31 m. En primer lugar, se debe fijar la pieza de ensamble en el panel cuyo canto queda expuesto una vez realizada la unión; se debe dejar un margen de 15 mm desde el borde para dar lugar al tablero de contrachapado y márgenes de 45 mm desde el borde superior e inferior, para las soleras. Luego, se disponen tornillos cada 20 cm utilizando una configuración tipo zig-zag en la cara de la pieza de ensamble. En la Figura 10 se muestra esta configuración y en la Figura 11 se puede apreciar el montaje de la unión de paneles de esquina con vanos, el cual es similar al especificado en este párrafo.

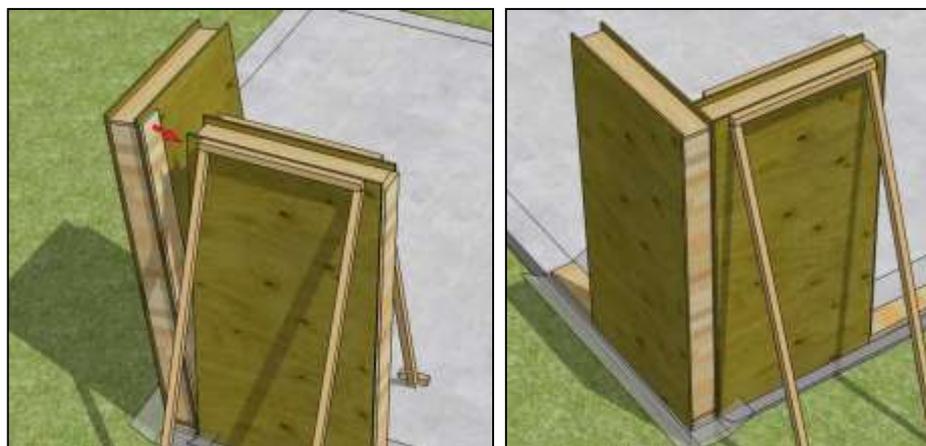


Figura 10: Unión y montaje de paneles de esquina. (Toloza 2018).

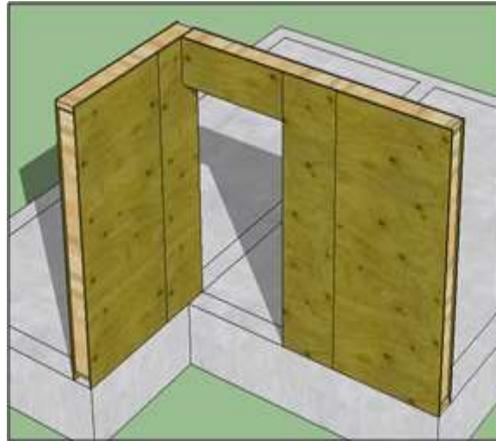


Figura 11: Montaje de paneles con vanos. (Toloza 2018).

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado el diseño de un prototipo de vivienda social sustentable, de bajo costo, utilizando la madera como principal material para la estructura y un aislante térmico obtenido del reciclaje de bandejas de empaque de huevos. La estructura del sistema constructivo es modular, de fácil y rápido montaje, de excelentes prestaciones, elaborada en base a madera, que es un material muy abundante en Chile.

El material termo-aislante es un aglomerado de ligno celulosa que aporta al desempeño energético de la vivienda y es de bajo impacto ambiental. A su vez otorga valor y disminuye la huella ecológica del residuo de bandejas de huevo, siendo 100% reciclada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo del Proyecto Casa Tecno de la Universidad de Santiago de Chile, para el concurso Construye Solar 2019.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

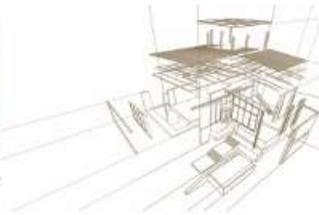
INN (Instituto Nacional de Normalización) (2004). NCh 2824 of. 2004: Maderas – Pino radiata – Unidades Dimensiones y tolerancias.

INN (Instituto Nacional de Normalización) (2005). NCh 1207 Of. 2005: Pino radiata – Clasificación visual para uso estructural – Especificaciones de los grados de calidad.

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

INN (Instituto Nacional de Normalización) (2008). NCh 850 Of. 2008: Aislación térmica - determinación de resistencia térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas - aparato de placa caliente y de guarda.

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



4º CONGRESO
LATINOAMERICANO
DE ESTRUCTURAS
DE MADERAS

INN (Instituto Nacional de Normalización) (2012). NCh 819 Of. 2012: Madera preservada – Pino radiata – Clasificación según uso y riesgo en servicio y muestreo.

MINVU. Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos y componentes de la Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. 2014.

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

Tolosa, E. (2018). Propuesta de sistema constructivo modular, con aislante térmico de material ecológico, para su utilización en vivienda social sustentable. Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile.

Villanueva, G. (2017). Caracterización mecánica y térmica de un aglomerado de celulosa, una aplicación a la fabricación de un panel cuadrado para cielo falso y un ladrillo estructural. Memoria de título de Tecnólogo en Construcción. Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile.