

DISEÑO INNOVATIVO Y FACTIBILIDAD TÉCNICA DE UN PROTOTIPO DE EDIFICIO RESIDENCIAL DE BAJO COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, DIRIGIDO A LA COMUNIDAD INMIGRANTE EN UN ÁREA URBANA CONSOLIDADA DE SANTIAGO DE CHILE

Innovative design and technical feasibility of a residential building prototype with low cost of operation and maintenance, aimed to the immigrant community in a consolidated urban area of Santiago, Chile.

Gabriela Armijo Plaza

Directora Laboratorio de Bioclimática, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, Universidad Central, Santiago de Chile, Chile, gabyarmijo@ambiente.cl

Paulina Araneda Ijerra

Licenciada Arquitectura, Escuela de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, Universidad Central Santiago de Chile, Chile, pauli90chile@hotmail.com

Flavia Figueroa Morales

Licenciada Arquitectura, Escuela de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, Universidad Central, Santiago de Chile, Chile, flavia.figueroa@live.cl

Geraldine Jiménez Ponce

Licenciada Arquitectura, Escuela de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, Universidad Central, Santiago de Chile, Chile, geraldine.jp@live.cl

Leticia Roubelat Marques

Investigadora Laboratorio de Bioclimática, Escuela de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, Universidad Central, Santiago de Chile, Chile, leticiaroubelat@hotmail.com

Oscar Godoy Cruz

Profesor titular Taller Tecnológico Semestre IX y Semestre X, Escuela de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, Universidad Central, Santiago de Chile, Chile, oscar.godoy@ucentral.cl

RESUMEN

El prototipo "Modulo Tendal" surge de la participación de un equipo formado por estudiantes de pregrado y profesores en el concurso "Construye Solar"; organizado por la ONG Ruta Solar, Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Ministerio de Medio Ambiente. Su objetivo es desarrollar viviendas sustentables orientadas a familias vulnerables. En la última década, Chile ha recibido un intenso flujo de inmigrantes. Actualmente, hay una concentración desproporcionada de población extranjera en las zonas centrales de la capital y un acceso precario a viviendas confortables y de buena calidad. Las necesidades de transporte que implica el emplazamiento de la vivienda pública en la periferia, conlleva una alta tasa de emisión de CO2 y contaminación atmosférica. La pregunta planteada es: ¿Cuáles son las necesidades actuales de la vivienda social en Chile, particularmente para los inmigrantes? Este artículo presenta la viabilidad urbana, arquitectónica, constructiva, técnica y social de la tipología de bloque residencial con bajos costos de operación y mantenimiento. La innovación principal propuesta, consiste en un secador solar de ropa para prevenir la humedad al interior de la vivienda y problemas asociados.

ABSTRACT

The "Tendal" prototype emerges from the contribution of an undergraduate team of students and lecturers at "Construye Solar" contest organized by Solar Route NGO, the Housing and Urbanism Ministry, and the Environment Ministry of Chile. Its main goal is the development of sustainable housing, focused on vulnerable families. In the last decade, an intense flow of foreign immigrants has arrived to Chile. Currently, there is a disproportionate concentration of foreign population in central areas and precarious access to comfortable and good-quality housing. Public housing is located in the city periphery, which implies a high rate of emitted CO2 and airborne pollution caused by transportation needs. The question arises: What are the current needs of social housing in Chile, particularly for immigrants? This article presents the urban, architectural, construction, technical and social viability of the typology of residential block with low operating and maintenance costs. The main innovation proposal consists of solar clothes dryer to prevent moisture inside the housing and associated problems.

[Palabras claves]

uso mixto, secador solar, vivienda para inmigrantes, prototipo innovativo, baja huella de carbono.

[Key Words]

mixed-use, solar dryer, migrants housing, innovative prototype, low carbon footprint.

I. INTRODUCCIÓN

El concurso “Construye Solar” es un desafío organizado por la ONG Ruta Solar, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Ministerio de Medio Ambiente. Invita a las universidades de Chile y del mundo a desarrollar un prototipo de vivienda unifamiliar pública sustentable. Su objetivo se centra en cambiar y mejorar la calidad ambiental y las tecnologías empleadas en su construcción. Los prototipos se construyen a escala real y son mostrados en una exposición abierta al público general. Se evalúan en 10 pruebas: sustentabilidad, eficiencia energética, bienestar y comodidad, arquitectura, diseño urbano y asequibilidad, innovación, uso del agua, ingeniería y construcción, comunicación y conciencia social. (<http://www.construyesolar.com/el-proyecto/>). A través de sus demandas, el concurso se constituye como un instrumento que potencia la inclusión de la sustentabilidad en el ámbito académico y profesional. Este concepto abarca el diseño, construcción, operación y mantenimiento de viviendas.

El prototipo “Modulo Tendal” expuesto en el presente artículo surge de la participación de un equipo de estudiantes de pregrado y profesores pertenecientes a la Universidad Central de Chile en el concurso “Construye Solar”. Este artículo pretende exponer la viabilidad urbana, arquitectónica, constructiva, técnica y social de la construcción de bloques de vivienda colectiva de baja altura con bajos costes de operación y mantenimiento. Este edificio residencial está dirigido a la comunidad inmigrante y se ubica en una zona urbana consolidada en la comuna de Santiago Centro. Se tuvieron en cuenta regulaciones dadas por el concurso tales como: accesibilidad universal, superficies útiles máximas y el costo final de la vivienda. El equipo tomó la decisión de diseñar un edificio residencial de uso mixto de densidad media-baja en lugar de una vivienda aislada. Eso se debe a que dicha tipología no es la solución más adecuada para alcanzar altos estándares ambientales a escala urbana y arquitectónica, dada su alta relación área / volumen y baja eficiencia en el uso de la superficie ocupada. Además (PLEA, 2012, CIBWBC, 2013), hasta la fecha, existen pocos ejemplos de edificios residenciales sustentables en Chile, siendo la mayoría viviendas unifamiliares aisladas. El prototipo fue construido por un equipo conformado principalmente de estudiantes y voluntarios, poniéndose a prueba en mayo de 2017 durante el concurso.

EL ESTADO ACTUAL DE LA VIVIENDA PÚBLICA A ESCALA URBANA Y ARQUITECTÓNICA

El modelo de estructura urbana de Santiago y su expansión se basan en la zonificación monofuncional. Este modelo genera grandes áreas residenciales sin infraestructura de uso primario como educación, consultorios, almacenes y lugares de trabajo. Este hecho obliga a los residentes a utilizar el transporte motorizado incluso para las tareas diarias simples. A pesar de las iniciativas gubernamentales destinadas a mejorar el transporte público, tanto los autobuses como el metro siguen estando superpoblados y sin horarios fijos (CIBWBC, 2013). Al mismo tiempo, las políticas para alcanzar objetivos de vivienda social han llevado a la selección de sitios para construcción basados en el bajo valor de estos terrenos, casi siempre ubicados en la periferia. Como consecuencia, los ocupantes tienen menos oportunidades de trabajo en la zona y los costos asociados a los desplazamientos se incrementan debido a la duración de los tiempos de traslado (CIBWBC, 2013).

En Chile, los conjuntos residenciales y sus servicios asociados se diseñan, construyen, operan y mantienen sin consideraciones significativas de sustentabilidad o eficiencia energética (PLEA, 2012; CIBWBC, 2013). Esto se traduce en bajos estándares de habitabilidad (IC, 2006), tales como bajos niveles de confort térmico en invierno y verano, sumado a niveles inaceptables de humedad relativa y calidad del aire en el interior de las viviendas. Todos ellos desembocan en problemas de salud y aumento de los costos de operación y mantenimiento para los usuarios.

Por otra parte, las altas tasas de humedad relativa interior de las viviendas chilenas merecen especial atención por su impacto en el confort higrotérmico y patologías en la edificación. Estos niveles se intensifican en la vivienda social, debido a la combinación de fuentes de producción interiores con la mala calidad de las construcciones. Entre las fuentes interiores, hay que destacar el secado de la ropa al interior de la vivienda y las estufas de llama abierta. Ambas derivan y pueden ser prevenidas mediante buenas prácticas de diseño arquitectónico apoyadas por la innovación y unas normativas asociadas más estrictas.

Si la ropa es secada al interior de un recinto (Rivera, 2012), cada lavado familiar libera aproximadamente 10 kg de vapor de agua por día. El crecimiento de hongos debido a las condensaciones en la envolvente de los edificios causa problemas serios de salud. Además, implica altos costos de mantenimiento y menor durabilidad de la vivienda. Como señalan los autores de la guía “Bienestar Habitacional: Guía de Diseño para un Hábitat Residencial Sustentable”: *“Las actividades de lavado y secado de la ropa deben realizarse fuera o en un espacio intermedio privado o común”*.

En lo que concierne a las estufas de llama abierta, su uso se ha extendido debido a la no obligación de entregar viviendas con sistema de calefacción sana, dejando a los usuarios la elección del aparato de calefacción. Por otra parte, la pobreza energética es un hecho para la mayoría de los habitantes del país. La población se ve obligada a utilizar sistemas de calefacción de llama abierta y combustibles de mala calidad, solución contaminante e ineficiente. Los combustibles baratos utilizados como queroseno, GLP y gas natural producen respectivamente (Rodríguez, 2009) 2,50, 1,60 y 2,25 kg de vapor de agua por kg de combustible. La producción de humedad interior aumenta como resultado de la ineficiencia térmica de la envolvente, debido a la necesidad de utilizar gran cantidad de combustible para alcanzar niveles de confort mínimos de temperatura. A esto se suma la contaminación intradomiciliar que producen los contaminantes gaseosos liberados por la combustión de este tipo de calefactores.

ESTADO ACTUAL DE LA INMIGRACIÓN

En la última década, Chile ha recibido un intenso flujo de inmigrantes, pasando de ser un 1,2% de la población total en 2002 a un 2,17% en 2012 (INE, 2002; INE, 2012). Según diversas fuentes, en los últimos años la migración se ha caracterizado por ser de origen latinoamericano, femenino, de gran heterogeneidad étnica y por estar en un rango de edad laboralmente activo (Poblete et al., 2014).

El fenómeno migratorio tiene tendencia a concentrarse en determinados territorios, con preferencia por ciertas ciudades y dentro de éstas en determinadas zonas residenciales (Segura

et al., 2014; Poblete et al., 2014). Este patrón de asentamiento se explica a través de la existencia de centros de atracción expresados a través de lo que Segura et al. (2014) llama variables objetivas para la mejora de las condiciones de vida. Se trata de la existencia de fuentes de empleo y alta conectividad con las áreas urbanas centrales, lo que permite el acceso a puestos de trabajo. A esto se suma la existencia de un posible mercado inmobiliario de arriendo o compra, combinado con la presencia de una red social primaria en la que se inserta el inmigrante cuando llega por primera vez al país.

La Región Metropolitana de Santiago (DEM, 2005-2014) engloba el 61,5% de la población total de residentes extranjeros, siendo el porcentaje más alto entre regiones del país. La comuna que concentra mayor población inmigrante es Santiago Centro con un 54,4%. Este sector (Segura et al., 2014) se compone de un sistema de barrios de uso mixto con identidad propia, donde coexisten vivienda y comercio. La llegada y concentración de este nuevo colectivo en el distrito afecta la morfología económica, social y urbana de esta zona. En algunas áreas de Santiago Centro (Segura et al., 2014 y Poblete et al., 2014) se ha dado un importante mejoramiento del barrio, dado el dinamismo económico de los inmigrantes que comúnmente abren nuevos comercios y hacen un uso intenso de los espacios públicos donde se asientan.

Dentro de las condiciones que debe cumplir un extranjero para residir en el país, la vivienda se destaca como la demanda principal y aspecto más vulnerable. No sólo deben tener suficientes recursos y seguridad económica y laboral para el alquiler, sino también cumplir con los requisitos para hacerlo. Estos (Segura et al., 2014) constituyen uno de los principales obstáculos para obtener una vivienda con condiciones mínimas de habitabilidad y restringen en gran medida sus posibilidades dentro del mercado inmobiliario.

SUSTENTABILIDAD SOCIAL

A partir de los estudios realizados sobre el fenómeno migratorio, se decidió ubicar el proyecto en la comuna de Santiago Centro, barrio Matta Sur, en la zona delimitada por las áreas de Huemul, Viel y Franklin, sector deteriorado por el desuso y abandono de galpones.

El proyecto de vivienda refuerza la integración, proporcionando a los inmigrantes un lugar de residencia a través de políticas gubernamentales y mezclando la población migrante nacional y extranjera en el mismo barrio. Las variables objetivas para la mejora de las condiciones de vida están presentes, proporcionando una base sólida sobre la que desarrollar el proyecto: ubicación cerca del centro de la ciudad, tiempos y distancias de traslado reducidos, presencia de servicios y comercio y, en último lugar, proximidad a las fuentes de empleo.

Los barrios residenciales de uso mixto proponen un modelo urbano que enfatiza las distancias caminables. El transporte motorizado se reduce, así como la huella de carbono asociada. Las estrategias basadas en el equilibrio de la densidad de población y el uso de la superficie ocupada promueven la intensidad urbana y barrios más activos. Las consideraciones sobre la sustentabilidad social, económica y ambiental en las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento, ayudan a mejorar el estándar nacional de la normativa de vivienda pública.

La localización de esta última en un área urbana central consolidada y la mezcla de los mercados público y privado, ayudan a evitar la segregación socio residencial. La implementación de una huerta urbana comunitaria en la cubierta ofrece espacios de relación social a los ocupantes, reforzando la fuerza comunitaria y la cohesión social entre vecinos.

La distribución del departamento propuesto (59 m²), consiste en una planta libre con un núcleo central que contiene las instalaciones y servicios, permitiendo además recorrer perimetralmente la vivienda. Los diferentes espacios se pueden subdividir mediante puertas correderas. Los muebles modulares convertibles proporcionan un espacio flexible, no jerárquico. Esto permite una alta adaptabilidad a las necesidades específicas de las familias inmigrantes.



Figura 1. Imagen exterior conjunto de vivienda colectiva. Elaboración propia Equipo Rubik.

En cuanto a la operación y el mantenimiento de la vivienda cuando se implementen nuevas tecnologías, es deseable tener un sistema de capacitación de usuarios para mejorar ciertos hábitos de uso y reforzar su conciencia ambiental. Por ello, como elemento de apoyo se han fijado las recomendaciones de utilización y manejo que debieran estar incluidas en el manual de uso para instalaciones activas y pasivas del edificio propuesto.

Al considerar las estrategias económicas, el objetivo es subsidiar el complejo residencial y su equipamiento asociado a través de programas gubernamentales. Se ha realizado un estudio de las subvenciones disponibles, considerando entre ellas el Programa de Mejoramiento de la Vivienda del MINVU. Los Ministerios de Energía y de Salud deberían apoyar con subsidios específicos complementarios. El edificio incluirá diferentes valores y tipologías de unidades habitacionales. Aunque la aplicación de las energías renovables es una inversión costosa, se reducirían los costos operativos, reflejándose estos beneficios tanto a nivel personal como público. El costo del departamento, considerando los materiales de construcción, dispositivos de energía renovable, transporte, servicios especializados y todos los demás costos provenientes de la etapa de construcción llega a \$ 21.000.000, que es el presupuesto permitido para este concurso.



Figura 2. Elevación Norte de prototipo de bloque residencial de densidad media-baja Sustentabilidad económica. Elaboración propia Equipo Rubik.

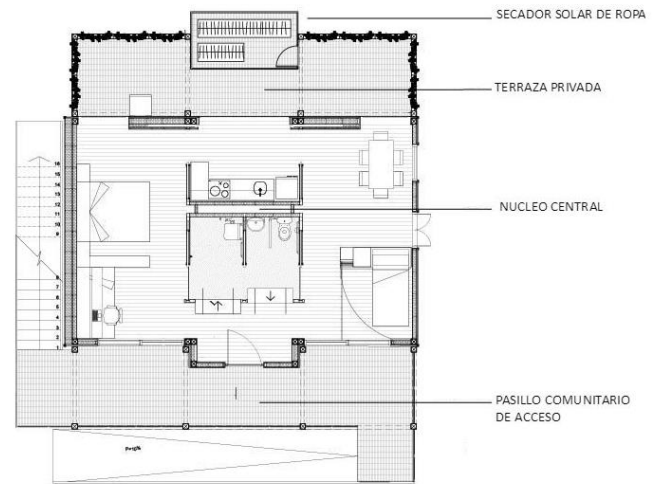


Figura 3. Módulo "Tendal" Planta departamento tipo. Elaboración propia Equipo Rubik.

Sustentabilidad ambiental

El proyecto presentado está diseñado para la ciudad de Santiago. El método de diseño conceptual utilizado corresponde al Método Carl Mahoney, originalmente orientado a zonas climáticas tropicales húmedas, adaptado (Armijo, G. 1974) para ser utilizado en otros climas como los existentes en Chile.

El clima de Santiago (33° 30'S) se caracteriza por poseer inviernos cortos y fríos y veranos largos, calurosos y secos, con un bajo promedio anual de temperatura de 15° C. La oscilación térmica de temperaturas entre el día y la noche es de 10° a 20° C. Esta característica particular conduce a una envolvente de diseño con masa térmica capaz de conseguir temperaturas peak interiores moderadas. El viento es casi inexistente, las precipitaciones son de aproximadamente 350 mm por año y sólo en invierno.

La adecuada captación de la energía solar en el diseño a escala de conjunto y de bloque de viviendas es primordial. Después de realizar simulaciones en los equinoccios y solsticios a diferentes horas del día, se definió la distancia entre edificios además de la forma y dimensión de las piezas residenciales. La adecuada orientación se combina con dispositivos de control solar. La tipología de una sola crujía tiene su lado más largo orientado en el eje E-O, teniendo estas fachadas orientaciones Norte-Sur. En consecuencia, los espacios habitables se orientan al norte situando el acceso al sur y el núcleo de instalaciones y cuartos húmedos en el centro.

Esta disposición facilita la ventilación cruzada natural, debiendo realizarse cuando las condiciones climáticas lo permitan, por ejemplo en las noches de verano. También facilita la iluminación bidireccional para una iluminación natural más homogénea. Los servicios básicos centrales están en la posición más eficiente para el diseño de las instalaciones y los servicios técnicos. La terraza privada realizada en "grating" (emparrillado de acero galvanizado) tiene doble función: generar un espacio exterior y actuar como dispositivo de control solar semi-transparente, sin bloquear la

convección de aire y el paso de la luz. Para reducir los puentes térmicos, la envolvente se compone de módulos prefabricados completamente aislados, soportados por estructura de acero independiente con vidrio doble hermético (DVH) y revestimiento de madera impregnada ambientalmente inocua con sistema micropro de cobre. El resultado es una vivienda altamente eficiente para los estándares chilenos. El sistema estructural da la posibilidad de hacer las paredes ligeras con el aislamiento localmente certificado de lana de oveja de 120 mm de espesor.

Hay que señalar que el uso de estructura portante acero y emparrillados es muy inusual en edificación residencial. Los bloques de viviendas se construyen comúnmente con un sistema estructural de hormigón armado. En este caso, el hormigón armado se utiliza en las losas con vigas prefabricadas y losetas de poliestireno expandido, las que producen masa térmica para moderar los peaks de temperatura en verano. Los valores de las transmitancias térmicas de la envolvente del proyecto Tendal (U) son los siguientes. Los valores máximos de U de las regulaciones del MINVU (2007)) están entre paréntesis: muros norte, sur y oeste 0,28 W / m²K (1,9 W / m²K), muro oeste 0,13 W / m²K (1,9 W / m²K), cubierta 0,11 W / m²K (0,7 W / m²K), piso 0,14 W / m²K (0,7 W / m²K).

Se considera el uso de materiales con la menor huella de carbono posible. Se prima la elección de materiales producidos en el país como la lana de oveja y la madera de pino. El material estructural utilizado es el acero, tiene un impacto mucho menor que el hormigón armado, se puede reciclar indefinidamente y permite un fácil montaje y desmontaje. Esto lo convierte en un material adecuado para la producción de prototipos. También se utilizan materiales saludables, como tratamiento de protección de madera con cobre en marcos y revestimiento exterior.

El análisis de la disponibilidad de luz natural se realizó mediante simulación de asoleamiento y Day Light Factor (Factor Luz-Día) (Figuras 5 y 6). Se definen así, el tamaño y la ubicación de las

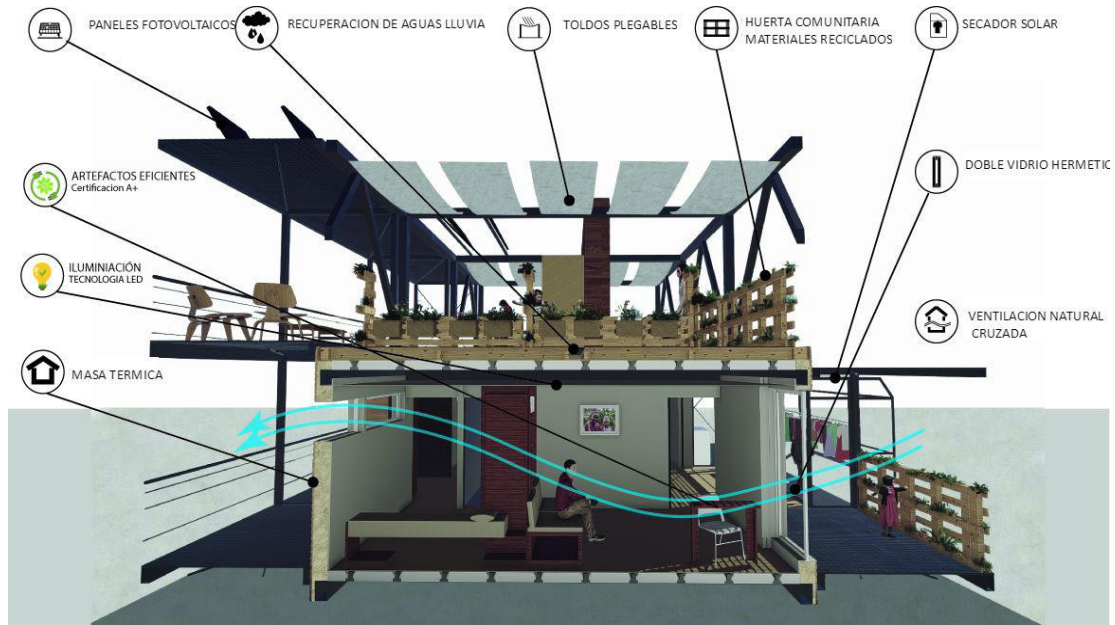
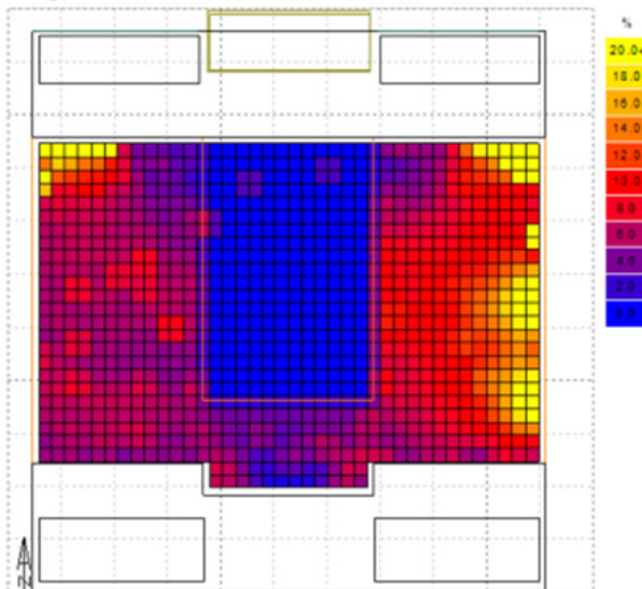


Figura 4. Corte del prototipo "Tendal" y cubierta comunitaria. Elaboración propia Equipo Rubik.

ventanas en las cuatro orientaciones. También son establecidas la forma, la dimensión, la disposición y las protecciones solares. El principio de diseño de la iluminación natural es la captación de luz procedente del norte y el sur. Esto se asocia con la protección solar de los balcones, evitando el sobrecalentamiento en verano. El principal objetivo es buscar una buena distribución de la luz, siendo esta lo más homogénea posible, teniendo en cuenta las variaciones del espacio interior de muebles y los colores de muros y cielos.

A partir de las simulaciones, se puede concluir que las estrategias propuestas para generar mejor iluminación natural y ganancia térmica a través de la radiación mejoran sustancialmente incorporando emparrillados de acero galvanizado como material de corredores y balcones. Esto permite la radiación solar durante el invierno. Por el contrario, en verano una protección solar móvil adicional es colocada en los balcones del norte.

Day light Factor
Rango 0-20%



Day light Factor
Rango 0-20%

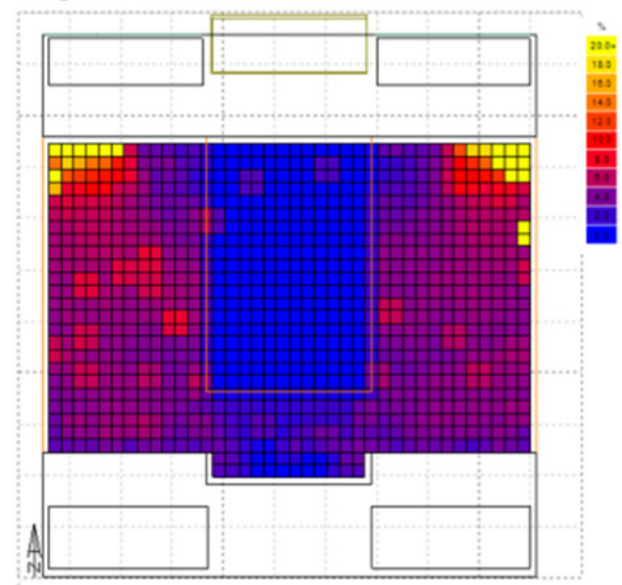


Figura 5. Analisis "Daylight Factor": caso favorable, departamento con vanos en Norte, Sur y Este.

Figura 6. Analisis "Daylight Factor": caso desfavorable, departamento con vanos en Norte y Sur.

Elaboración propia Equipo Rubik.

El secador solar o "Tendal" (figuras 7 y 8) es un pequeño espacio destinado al tendido de la ropa. Está formado por una estructura de acero, cerrada con planchas de policarbonato. El elemento completo se engancha a la estructura de acero en el balcón norte. Cuenta con aberturas en el piso y en el frente superior, creando flujo natural convectivo. Además tiene un pequeño panel fotovoltaico móvil para suministrar energía a un pequeño ventilador, destinado a la mejora del flujo de aire en la estación fría. Este sistema reduce sustancialmente la producción de humedad interior en la vivienda, mejorando el confort higrotérmico, la salud de los habitantes y la durabilidad de la vivienda.

Las estrategias para un uso eficiente del agua son las siguientes: uso de grifos y artefactos económicos y eficientes y establecimiento de comportamientos de ahorro para los ocupantes en el manual del usuario. Para el tratamiento de aguas residuales del bloque de viviendas (aguas grises y negras) se propone la instalación del "Sistema Tohá®". Corresponde a un sistema tecnológico chileno creado por el Dr. J. Tohá en el Laboratorio de la Universidad de Chile. El sistema también se denomina Biofiltro Aeróbico Dinámico.

Para el suministro de agua caliente se instala un calentador de agua eléctrico con bomba de calor integrada, almacenando 270 litros a 45° C con COP 4.3. Para una eficiencia óptima, este cuenta con un programa que establece un horario de uso. El aparato debe funcionar durante el día, ya que son los paneles fotovoltaicos los que suministran la energía necesaria para su funcionamiento. Durante la noche, el agua se mantiene caliente sin necesidad de electricidad, con una pérdida mínima.

La demanda máxima de calefacción ocurre el 1 de agosto a las 6:00 horas, necesiándose 2098 vatios para mantener una temperatura interior de 19° C. Esta última se encuentra dentro del rango de parámetros de confort (18-25° C) durante todo el análisis. Un radiador convectivo de 2 kW produce suficiente energía para cubrir la demanda correspondiente al momento más desfavorable del año. Estos radiadores son programables.

Los paneles fotovoltaicos se ubican en la estructura de acero de la cubierta comunitaria. El sistema en red está orientado a alimentar la demanda de los aparatos eléctricos, pero la energía proveniente de los fotovoltaicos se valora sólo el 60% de la tarifa regular. Como consecuencia, los aparatos eléctricos deben utilizarse durante el día para que la electricidad sea proporcionada por los paneles. La bomba de calor consume 0,6 KW, necesiándose 4,8 horas de funcionamiento para una demanda diaria de 150 litros. Esta situación se satisface completamente entre septiembre y abril, y de manera parcial entre mayo y agosto. Entre octubre y marzo habría un superávit para consumo.

CONCLUSIONES

Prototipo en altura socialmente inclusivo de uso mixto y densidad media: El proyecto se fundamenta en el fenómeno de la migración, proponiendo un diseño consciente de cuatro pisos con una densidad habitacional moderada. En definitiva, es un bloque de vivienda colectiva de uso mixto (con comercio, talleres y jardines infantiles, entre otros) y distribución modular. Está situado en un área deteriorada del centro de la ciudad, que conecta espacios urbanos residenciales con centros de servicios

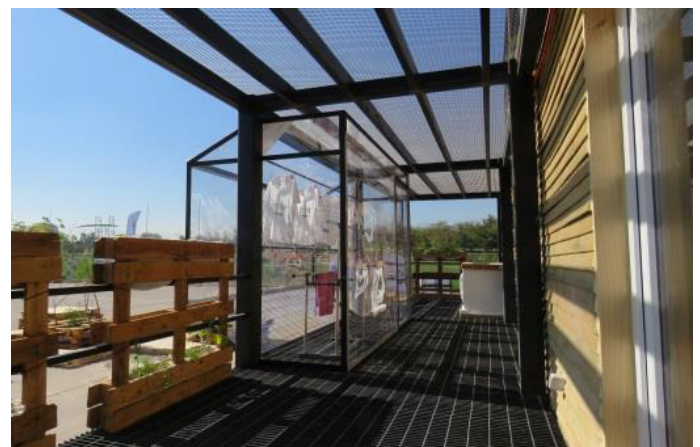
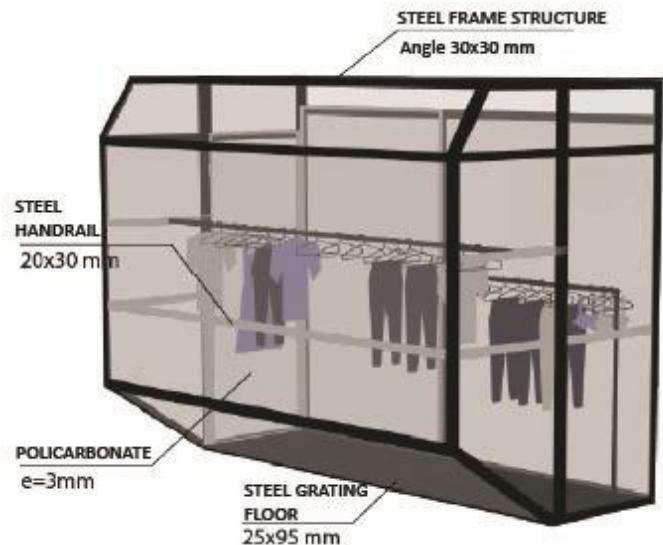


Figura 7. Diseño del secador solar de ropa. Elaboración propia Equipo Rubik.

Figura 8. Foto: secador solar integrado en la terraza del prototipo. Elaboración propia Equipo Rubik

y trabajo. Los departamentos son de planta libre y flexible para alojar a diferentes grupos familiares. Los huertos comunitarios se encuentran en una parte de la cubierta habilitada con toldos para sombrear, permitiendo el trabajo en comunidad. A su vez, los departamentos cuentan con pequeñas huertas privadas en el balcón de la vivienda.

Estrategias medioambientales para Santiago: Las decisiones de diseño para clima mediterráneo son: bloque residencial rectangular de una sola crujía con fachada principal y balcón privado hacia el norte. Un secador de ropa solar y espacio para huerto y jardín, corredor de piso semi-transparente para que la luz pueda pasar. El valor U de la envolvente supera en un 21% la reglamentación térmica chilena. Actualmente no hay viviendas públicas en Chile que incluyan todas las estrategias aplicadas en un solo prototipo como se ha realizado en el Modulo "Tendal".

Secador de ropa solar: Un espacio para el tendido de la ropa formado por planchas de policarbonato fue diseñado en el balcón privado, con orientación norte. Funciona con efecto invernadero y convección y cuenta con un ventilador accionado por un panel fotovoltaico pequeño para forzar la convección en invierno.

La construcción del prototipo de edificio residencial "Tendal" es técnicamente factible con los actuales recursos, tecnologías, conocimiento y profesionales existentes relacionados con la construcción. Esto es posible sin emisiones de contaminación atmosférica y con la menor huella ambiental posible.

En lo que concierne al diseño del prototipo, no sólo se ha considerado la etapa de construcción, sino también las etapas de operación y mantenimiento para reducir su carga. Estas últimas constituyen las etapas más largas dentro del ciclo de vida del edificio y son en gran medida un costo para los ocupantes.

En el concurso, el Módulo Tendal obtuvo el primer lugar en las categorías de Sustentabilidad, Bienestar y Comodidad y Manejo del Agua; segundo lugar en Arquitectura y Diseño Urbano y Asequibilidad; y tercer lugar en las categorías de Innovación y Funcionamiento de la Vivienda.

La universidad optó por quedarse con el Módulo Tendal y rearmarlo en dependencias de ésta.

A futuro se podrá obtener el informe oficial de las mediciones efectuadas en la Villa Solar, gestionadas por la Universidad Federico Santa María. También la Facultad podrá realizar diversas experiencias docentes y de investigación con el módulo

Agradecimientos

A todos nuestros auspiciadores: Formac, Impregnadora Con - Con, Bosch, Ventanas Templass, Ventanas Vesur, Lanarq, Hormipret, Volcán, Tyvec, Phipips, Rollux, Sika, Mathiesen, Aquasin, Kamas y Petacas, DAP-Ducasse, Trespi, Decosolar, Sintarco, Primaterm, Punto Solar_ABB, y Grating Metal. A los estudiantes, profesores y directivos de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje y del Laboratorio de Bioclimática, a la Rectoría de la Universidad Central, a Rodrigo Araya, arquitecto egresado de Arquitectura de la Universidad Central, y a Hernán Arnés, profesor de estructura de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central.

Nota: Este artículo está escrito a partir de la publicación del artículo científico publicado en las Actas de la Conferencia Internacional PLEA 2017 (Passive Low Energy Architecture) que se celebró en Edimburgo, Escocia, UK del 3 al 5 de julio de 2017 bajo el lema "Design to Thrive" ("Diseñando para el desarrollo") y que fue presentado por las estudiantes y autoras de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Armijo Plaza, G., Whitman, C. J. y Roubelat, L. (2012). The Mixed Use Residential Building. A Solution for Mediterranean Chilean Cities Declared Saturated In Terms Of Airborne Pollution. Publicado en anales congreso PLEA 2012 - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture. 7-9 November 2012, Lima, Perú.
 - Armijo, G., Whitman, C. J. y Roubelat, L. (2013). The Mixed Use Residential Building: A building block for the cities declared saturated by air pollution in Chile's Mediterranean Climate. Publicado en anales congreso 19th CIB World Building Congress 2013, Construction and Society. 6-9 May 2013, Brisbane, Australia.
 - Armijo, G. (1974). Clima y Arquitectura. Santiago de Chile: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. U. de Chile.
 - Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2007). Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica. Art. 4.1.10 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Santiago de Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
 - Departamento de Extranjería y Migración (DEM) del Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2016). Anuario estadístico nacional, migraciones en Chile 2005-2014. Santiago de Chile: Departamento de Extranjería y Migración del Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Mayo, 3, 2016, www.extranjeria.gob.cl
 - Instituto de la Construcción (IC). (2006). Informe final. Determinación de modelos tipológicos bases. Proyecto 2º Etapa Reglamentación Térmica. Santiago de Chile: Instituto de la Construcción.
 - Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE). (2002). Censo Nacional 2002. Santiago de Chile: Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Mayo, 3, 2016, <http://www.ine.cl/cd2002/>
 - Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE). (2012). Resultados Preliminares Censo de Población y Vivienda 2012. Santiago de Chile: Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Mayo, 3, 2016, http://www.censo.cl/2012/08/resultados_preliminares_censo_2012.pdf
 - Poblete, R., Fernández, J., Pinilla, V. Azócar, F., Saffirio, F., Esponda, J., Rojas, C., Zambrano, C. (2014). Informe Ejecutivo Final. Estudio y diagnóstico del colectivo de migrantes residentes en la comuna de Santiago. RINISM Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural: Santiago de Chile.
 - Rivera, L. (2012). Recomendaciones para la prevención y solución de la humedad por condensación en viviendas. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile: Santiago de Chile.
 - Rodríguez Jaque, G. (2009). Contaminación atmosférica intradomiliaria: Viviendo con el enemigo. Revista Bit, 67.
- Ruta Solar (2012). Construye solar. Marzo, 6, 2017, <http://www.construyesolar.com/el-proyecto/>
- Segura, D., Bijit, K. (2014). Barrios y población Inmigrantes: el caso de la comuna de Santiago. Revista INVI, 81 (29), 19-77.