

PALABRAS CLAVE
Componente neutro,
Hábitat,
Prefabricado,
Tecnología,
Térmico

KEYWORDS
Neutral component,
Habitat,
Prefabricated,
Technology,
Thermal

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA EN EL HÁBITAT POPULAR. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO Y TÉRMICO PARA EL CASO DE MENDOZA

*NEW TECHNOLOGIES OF PREFABRICATED BUILDING
IN DEPRESSED HABITAT. SOCIOECONOMIC AND
THERMAL ANALYSIS FOR THE CITY OF MENDOZA*

➤ **JULIETA BALTER Y VIRGINIA MIRANDA GASSULL**
Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

RECIBIDO
12 DE AGOSTO DE 2021

ACEPTADO
20 DE MARZO DE 2022



EL CONTENIDO DE ESTE ARTÍCULO
ESTÁ BAJO LICENCIA DE ACCESO
ABIERTO CC BY-NC-ND 2.5 AR

➤ **CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO (NORMAS APA):**
Balter, J. y Miranda Gassull, V. M. (mayo-octubre 2022). Nuevas tecnologías de construcción prefabricada en el hábitat popular. Análisis socioeconómico y térmico para el caso de Mendoza. [Archivo PDF]. *AREA*, 28(2), pp. 1-14. Recuperado de https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2802/2802_balter_gassull.pdf

RESUMEN

Este trabajo estudia las posibilidades de acceso a tecnologías alternativas para la construcción de sistemas de envolventes. Se analiza la oferta disponible en el mercado local (Área Metropolitana de Mendoza) desde las dimensiones económica, socio-territorial y térmico-energética. Los resultados muestran que los sistemas prefabricados comercializados en la provincia son de difícil acceso económico para las familias con ingresos bajos. No obstante, se identificaron ventajas respecto a las facilidades de manipulación de diversos sujetos relacionado a la capacidad de independización de componentes de estos sistemas y la baja tecnificación de ensamble de paneles. Asimismo, debido al buen desempeño térmico interior de los sistemas evaluados, se considera posible la adaptación de estas tecnologías a los ámbitos del hábitat popular, en función de garantizar mejores condiciones de habitabilidad a los sectores con grandes dificultades para afrontar los costos energéticos para climatización.

ABSTRACT

This work studies the possibilities of access to alternative construction technologies for envelope systems. The offer available in the local market (Mendoza Metropolitan Area) is analyzed from the economic, socio-territorial, and thermal-energy dimensions. The results show that the prefabricated systems offered in the province are difficult for low-income families to access economically. However, advantages were identified regarding the handling facilities of various subjects related to the ability to make the components of these systems independent and the low level of technology in panel assembly. Likewise, due to the good interior thermal performance of the evaluated systems, it is considered possible to adapt these technologies to depressed habitat areas, in order to guarantee better habitability conditions to the sectors that can least afford the energy costs for air conditioning.

> ACERCA DE LAS AUTORAS

JULIETA BALTER. Doctora en Arquitectura por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de la Plata. Magíster en Energías Renovables por la Universidad Internacional de Andalucía, España. Investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE) del Centro Científico Tecnológico Mendoza. Ha publicado en revistas con referato, partes de libro y participado en congresos en la temática del hábitat construido, arquitectura bioclimática y eficiencia energética-ambiental edilicia en ciudades de clima árido-continental. Directora de tesis de maestría y evaluadora de artículos y libros científicos. Integrante del colectivo Ando Habitando.
✉ <jbalter@mendoza-conicet.gob.ar>

VIRGINIA MIRANDA GASSULL. Doctora en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible por la Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO). Magíster en Energías Renovables por la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA). Arquitecta de grado por la Universidad de Mendoza (UM). Investigadora en CONICET, docente de la carrera de Arquitectura (UNCUYO) y docente de posgrado. Autora de artículos de investigación, coautora de libros sobre el hábitat popular y su correlato en los procesos de planificación. Directora de tesis doctoral y evaluadora de tesis doctoral, maestría y de grado. Evaluadora de artículos y libros científicos. Integrante del colectivo Ando Habitando.
✉ <vmiranda@mendoza-conicet.gob.ar>

Introducción

El estudio del comportamiento térmico en los espacios habitables cobra relevancia a partir del alto grado de influencia que ejerce sobre los consumos energéticos para climatización. En Argentina, las demandas de energía eléctrica en el sector edilicio residencial se incrementan desde hace más de dos décadas. Estudios realizados revelan que los requerimientos energéticos de dicho sector para refrigeración, corresponden al rubro de mayor importancia de energía demandada en verano (Evans y De Schiller, 2001). Asimismo, se estima para el período 2016-2030 un crecimiento promedio del consumo del 3,4%; y en este escenario, el sector de mayor crecimiento es el residencial, con un 4,5% de crecimiento promedio anual (SPEE, 2017). Esta problemática, en un contexto mundial, donde la energía se constituye como un recurso en escasez, sumado a la situación nacional de crecimiento tarifario, requiere estudios que profundicen el análisis de acuerdo con la situación social y climática-ambiental de cada zona del país. Los edificios se constituyen como uno de los principales responsables del deterioro ambiental del planeta, producto de las emisiones contaminantes, tanto para su construcción como para su uso a través del tiempo. Muchas de estas construcciones, se basan en la adopción de modelos de países considerados desarrollados y no consideran nuestros contextos socioambientales, lo que ha producido variadas modificaciones en los microclimas urbanos, asociadas al aumento de demanda de energía (Leveratto, 1995; de Schiller, 2000). Además, estas problemáticas afectan las condiciones de habitabilidad de una gran parte de la población que vive en sectores marginados, dado que el crecimiento económico y la urbanización, muchas veces no planificada, se traducen en el agotamiento de recursos y la contaminación, fenómenos que repercuten en mayor medida en los sectores desposeídos.

En este sentido, es importante reconocer la brecha que existe entre la relación capital-vivienda, dada por las imposibilidades de acceder a un hábitat digno de una gran parte de la población argentina, particularmente en Mendoza donde el 29,8% de los hogares se encuentra en una situación irregular de tenencia de terreno y vivienda (DEIE, 2012). Los altos precios del suelo urbano, en complemento con la limitada oferta disponible conlleva múltiples problemáticas de

sub-urbanización, incompatibilidad de usos de suelo, extensión territorial inadecuada, ocupación informal (con riesgos ambientales) y baja calidad de servicios sociales, infraestructuras, equipamientos tanto en áreas centrales como en áreas periféricas de interfaz. Sumado a esto, se observan los altos costos y falta de regulación estatal en los precios de los materiales de construcción, que tienen un desfase crítico respecto al ingreso familiar o per cápita. Solo a modo ilustrativo se puede observar que el salario mínimo vital y móvil (SMV) es de \$ 21.600 (abril 2021)¹, mientras que, según el Colegio de Arquitectos de Mendoza, el valor de la construcción por metro cuadrado es de \$ 63.870,35 (abril del 2021). En esta simple relación ingreso/valor de la construcción se puede observar que para poder construir un metro cuadrado por mes sin que afecte más del 30% de los ingresos de una persona, esta debería tener un ingreso mensual equivalente a 10 SMV en una construcción desarrollada en más de 10 años. Los sistemas constructivos utilizados normalmente en la producción del hábitat popular, han sido generalmente conformados por los materiales que presentan mayor disponibilidad en el entorno más próximo y con menor complejidad técnica en su ejecución. Los modos de autoconstrucción o de construcción por ayuda mutua pueden variar, pero han respondido, casi siempre, a la utilización de técnicas locales, mediante la transmisión del conocimiento generación tras generación. En Mendoza, las tecnologías de cerramiento utilizadas con preferencia en los inicios de la construcción de viviendas, han sido las constituidas con tierra cruda, como el adobe y la tapia. Sin embargo, la alta sismicidad de la zona promovió la erradicación del adobe mediante la ordenanza N° 3824/44 referente a “normas generales de cálculo sobre temblores” (Miranda Gassull, 2015), quedando prohibida y estigmatizada la construcción con tierra cruda a mediados del siglo XX. De esta manera, la construcción formal quedó establecida mediante soluciones constructivas de ladrillo cocido y hormigón armado, cuya accesibilidad muchas veces se ve limitada en estos sectores no solo por factores económicos, sino también por la logística necesaria para su empleo (que a su vez encarece el material), la técnica especializada para su ejecución, el peso de los materiales y su dificultad de manejo que excluye o limita a ciertos sujetos que participan en la autoconstrucción (mujeres, diversidades, jóvenes, entre otros). Actualmente, la incorporación de nuevos sistemas constructivos se está poniendo en

1. Los valores están expresados en pesos argentinos. La conversión a dólares americanos se puede extraer del detalle de conversión en la Tabla 2.

práctica mediante el creciente uso formal de tecnologías prefabricadas, normalmente de construcción en seco. Sin embargo, estas están respaldadas por empresas que muchas veces son de origen extranjero y de implementación selectiva, dados su alcance y altos costos. Resulta importante definir a los sistemas prefabricados como parte del modelo de industrialización de la construcción, compuestos por piezas producidas previamente en fábricas, ensambladas entre sí y montadas luego en la obra. Se entiende entonces que el proceso de prefabricación puede estar dado tanto en las piezas (elementos de la envolvente) como en el proceso de armado de la obra. La edificación modular, industrializada, semi-industrializada, fuera del sitio de las obras, incluye la prefabricación, el transporte y la producción en serie de componentes edilicios para su uso posterior. En este sentido, “tenemos que entender la industrialización de la construcción como el resultado de la aplicación de tecnología tanto a la producción (ingeniería de procesos) como al producto (ingeniería de producto)” (Fernández-Ordoñez y Fernández Gómez, 2009, p. 72).

Asimismo, uno de los aspectos a discutir respecto a los sistemas constructivos prefabricados y livianos para regiones con climas como el de Mendoza –caracterizado por importantes diferenciaciones en las temperaturas estacionarias y diarias–, es la carencia de inercia térmica en sus componentes. En regiones con este tipo de climas resultan adecuadas las construcciones con materiales máxicos con propiedades de inercia térmica debido a su comportamiento como reguladores térmicos (Reilly y Kinnane, 2017; Gagliano, Patania, Nocera y Signorello, 2014; Palme, Isalgué y Coch, 2013; Peng, 2010; Gregory, Moghtaredi, Sugo y Page, 2008). Por otra parte, a pesar de los beneficios atribuidos a la construcción en seco en cuanto a los tiempos de ejecución del proyecto –lo cual permite disminuir costos–, la resistencia hacia la incorporación de nuevas tecnologías en Mendoza continúa siendo fuerte, debido a motivos culturales más que técnicos (Murgo, 2019). En este contexto, es necesario preguntarse cuáles son las posibilidades de implementar dichas tecnologías adaptadas a nuestra región socio climática. Por otro lado, los modos de gestión y producción del hábitat en los sectores populares obedecen a una lógica impuesta por la necesidad, en donde predominan acciones constructivas parciales, realizadas en etapas y en ocasiones muy dilatadas en el tiempo, en las que se produce muchas veces un

solapamiento de las diferentes fases constructivas. Se requiere entonces el acceso a nuevas tecnologías, que sean compatibles con los modos de producción del hábitat en los sectores populares, mediante tecnologías más apropiadas, que sean tangibles y asequibles, realizados mediante acoples o ensambles sencillos de poco peso y manejables, que aporten soluciones tecnificadas, capaces de convertirse en prácticas de referencia para la construcción del hábitat popular (Salas Serrano, Ferrero y Lucas Alonso, 2012). Los autores denominan a estos elementos como “componentes neutros” y los definen como elementos tecnológicos autónomos y neutros: autónomos por su capacidad para ser un elemento funcional que se materializa en una pieza tangible con vocación de compatibilidad; neutros por ser proyectados y realizados para que resulten utilizables en múltiples situaciones. Estos componentes pueden producirse mediante procesos elementales o, por el contrario, altamente industrializados. Se caracterizan por su autonomía estructural, de transporte y de manejo; por proporcionar compatibilidad con múltiples entornos constructivos y por prescindir de acabados posteriores y operaciones complejas de mantenimiento.

Es imprescindible entonces el planteo de soluciones tecnológico-constructivas que tengan llegada a los sectores vulnerables y sean resueltas mediante un proceso de diseño que incorpore estrategias bioclimáticas, de modo de garantizar condiciones de habitabilidad y confort ambiental en el interior de las viviendas.

Pensar en dar una respuesta que venga exclusivamente desde lo tecnológico es ilusorio, pues en muchos casos la cuestión constructiva es solo un aspecto más, y no siempre el más importante, del complejo mosaico en el que interactúan problemas sociales, asuntos legales y urbanísticos, cuestiones de propiedad, planificación de infraestructuras, o problemas de gestión económica, política o ciudadana. La importancia de lo tecnológico aparece así difusa entre una serie de factores que apuntan a la raíz económica, política y social de un problema cuya respuesta predominante no será una propuesta técnica, por novedosa que sea. Esto, sin embargo, no impide que sea posible pensar en qué tipo de proyectos arquitectónicos o de soluciones constructivas pueden ayudar a emprender o acortar el camino que proporcione soluciones habitables (Salas Serrano, Ferrero y Lucas Alonso, 2021, p. 150).

A partir de lo expuesto, el presente trabajo tiene por objetivo estudiar las posibilidades de accesibilidad de las tecnologías no tradicionales para la construcción de sistemas de envolventes. Se estudia la tecnología alternativa desde la oferta disponible en el mercado local ubicada en el Área Metropolitana de Mendoza (AMM). Es importante destacar que la accesibilidad se analiza desde una dimensión económica (costo total por m²), dimensión socio-territorial, entendida como la capacidad de adaptarse a diferentes territorios como así también de independizar los elementos (componentes neutros) y la facilidad de manipulación de diversos sujetos. Por último, también se analiza la incidencia de los distintos sistemas de envolvente evaluados en el comportamiento térmico interior de los espacios habitables.

Metodología de estudio

Para el diseño metodológico se utilizaron técnicas mixtas cualitativas y cuantitativas para la construcción de la información existente en la zona de estudio, el AMM. En primer lugar, se desarrolló una encuesta por la plataforma de *Google Forms*, que tuvo

como fin obtener las principales referencias de empresas y las personas que ofrecen los sistemas prefabricados en la provincia. En función de esto y para obtener una primera muestra no representativa, se diseñó la encuesta aplicando la técnica de muestreo por bola de nieve (Hernández, Fernández y Baptista, 1991) o en cadena. Este muestreo es no probabilístico y sirve para identificar a las empresas/ofertantes y/o sujetos potenciales que los profesionales y operarios identifican como relevantes y accesibles en el área de estudio. La muestra se realizó a 24 consultantes, que en su mayoría fueron profesionales de la construcción en edad laboral activa. Este primer paso permitió identificar 15 variantes de la oferta existente. A partir de ese primer muestreo, se agruparon las ofertas identificadas según: sistema constructivo, su composición de acuerdo con el tipo de panelería, oferta con local en la provincia y tipo de empresa. Se identificaron tres sistemas constructivos (Cuadro 1):

- > Caso A: *Steel Framing*
- > Caso B: paneles SIP (Structural Insulated Panel)
- > Caso C: paneles de poliestireno expandido con malla y cemento

Cuadro 1. Sistemas constructivos y empresas ofertantes a nivel local evaluadas

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS		EMPRESAS
A	Steel Framing: estructura de perfiles de acero galvanizado (de bajo espesor, c/40-60 cm) con cerramiento de placas livianas.	A1
		A2
B	Paneles SIP: núcleo de material aislante térmico revestido en placas de madera aglomerada (OSB/chapadur).	B1
C	Paneles de poliestireno expandido con estructura metálica de malla electrosoldada y cubiertos con mortero proyectado	C1

Fuente: elaborado por las autoras.

Sobre los tres sistemas constructivos seleccionados se elaboraron una serie de variables de análisis para comparar los sistemas entre sí, como también para determinar la capacidad de accesibilidad al sistema. Se establecieron tres dimensiones de análisis: por un lado, la dimensión económica establecida por el costo del metro cuadrado de construcción del sistema (que se oferta) en base al valor de panel (envolvente) y el valor de techo (en el caso que se pueda realizar con el mismo sistema). Esta dimensión se relaciona con la capacidad del sistema de reducir los costos extras de uniones entre paneles, como así también la posibilidad de reducir los costos estructurales de la obra y de terminaciones. A su vez, en función de las empresas que lo ofrecen se determina la posibilidad de financiamiento que se otorga o no.

La dimensión socioterritorial se desarrolló en base a la capacidad de independizar los elementos del sistema ofertado (componentes neutros de los paneles), el montaje del sistema en tanto cantidad y calificación de personas necesarias, el tipo de ensamblado (si es *in situ* o no) y si necesita uniones tecnificadas. Esta dimensión de análisis se relaciona también con la oferta existente de los sistemas analizados en relación con la disposición del producto (por panel, por sistema, terminado, obra *in situ*, entre otras) y el tipo de montaje que ofrece la empresa. Cabe aclarar, que dadas las grandes diferencias en tamaño y alcance de las empresas que ofertan el

sistema de *Steel Framing*, se seleccionaron dos empresas para el caso A y una para cada uno de los otros dos sistemas (B y C).

Por otro lado, se abordó la dimensión térmica, a partir del análisis de las temperaturas interiores de un caso de estudio: una vivienda ubicada en la barriada popular de La Favorita (más de 25 mil habitantes) en el área pedemontana de la ciudad de Mendoza (Figura 1). Esta área es considerada como una zona frágil ambiental por las pronunciadas pendientes del sector, que en épocas estivales convierten al predio en una escorrentía natural del piedemonte.

Sin embargo, desde mediados del siglo XX esta área está habitada por barrios populares que se adaptan de manera limitada y precaria al territorio. Los ingresos familiares pertenecientes al caso de estudio dependen del trabajo informal-temporal del jefe de hogar como operario de la construcción. Se trata de una vivienda autoconstruida por una familia tipo (cuatro integrantes) de 35 m² cubiertos, con cocina-comedor, una habitación, un baño y el espacio disponible para futuras construcciones destinadas a una segunda habitación (16 m²) y un patio interno (14 m²). La construcción cuenta con instalaciones de electricidad y estructura sismo-resistente y está realizada con muros de ladrillo a la vista en el interior y pintura (sin revoque) por el exterior, con cubierta a dos aguas de rollizos, machimbre y membrana.

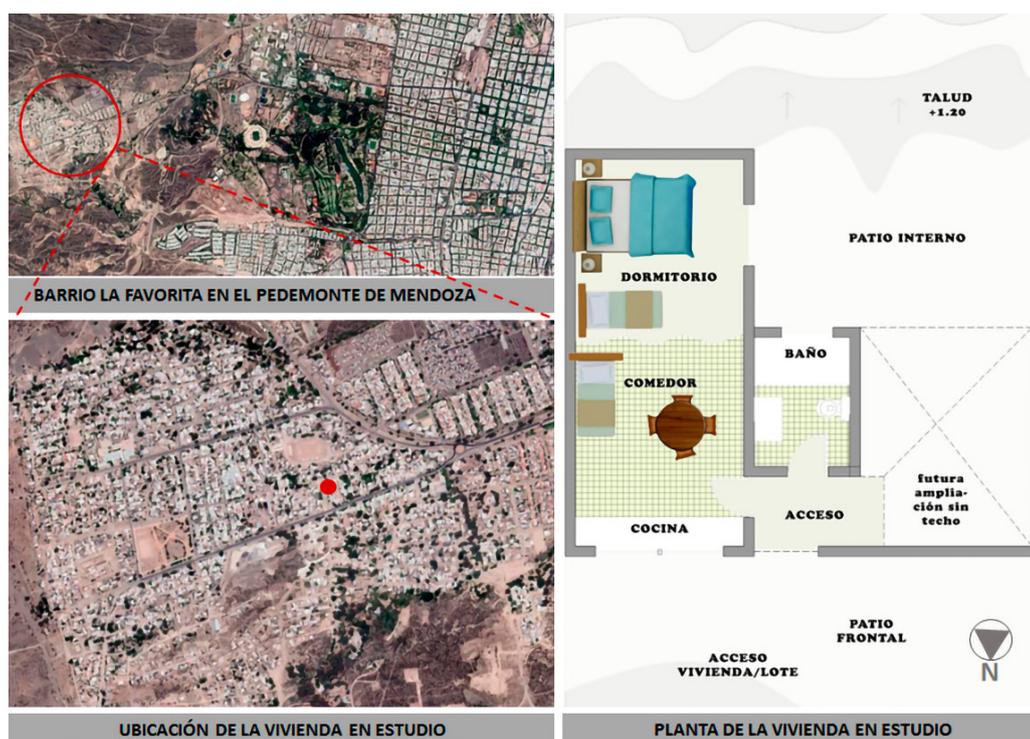


Figura 1

Ubicación y planta de la vivienda evaluada.

Fuente: elaborado por las autoras con base en datos de Google Maps.

Para el estudio térmico se trabajó con modelos de simulación dinámica mediante el programa *EnergyPlus* (versión 8.7). Este programa gratuito fue desarrollado por el Laboratorio Nacional *Lawrence Berkeley* (LBNL) y es actualmente el software oficial para la simulación del Departamento de Energía de Estados Unidos de Norteamérica. Las simulaciones de estudio y análisis se trabajaron sobre la envolvente vertical opaca expuesta, ensayando tres composiciones materiales de acuerdo con cada uno de los sistemas prefabricados en estudio, en contraposición con el sistema tradicional utilizado. Las variables de ingreso de los materiales de techo y ventanas se unificaron para los cuatro casos a evaluar, en función de mantener lo existente en la vivienda. En la Tabla 1 se presentan las características termo-físicas de los materiales ingresados en el simulador para cada paquete de envolvente vertical exterior. Las simulaciones se realizaron en verano e invierno, tomando períodos de 20 días para cada estación. A tal fin se ingresó el

archivo climático (extensión EPW) con los datos requeridos: radiación global sobre superficie horizontal, radiación difusa sobre superficie horizontal, radiación directa normal al haz, temperatura de bulbo seco exterior, humedad relativa exterior, presión atmosférica y velocidad y dirección de vientos. Dichos datos fueron extraídos de bases climáticas para un período de 14 años (2003 a 2017) del Aeropuerto Francisco Gabrielli - Estación N° 87418, Observatorio Aero de Mendoza (OB Org., 2019), en las afueras de la ciudad a 12,6 km de distancia del caso de estudio simulado. Por último, las ofertas del mercado de los sistemas prefabricados en seco se analizaron en torno a su ubicación en el AMM y en la modalidad en que ofertan el sistema. Para ello se evaluó la procedencia de la empresa, tipo de comercio, oferta del producto en torno a la producción o distribución, y si esto se desarrolla con materia primas locales o importadas. A su vez, se analizó si la empresa oferta la vivienda terminada, la construcción *in situ* o vende productos por parte.

Tabla 1. Características termo-físicas de los materiales ingresados en *EnergyPlus* según tipos de sistemas evaluados

CAPAS	RUGOSIDAD	ESPESOR [m]	CONDUCTIVIDAD [W/m°C]	DENSIDAD [kg/m³]	CALOR ESPECÍFICO [J/kg°C]
Muros sistema tradicional					
Revoque exterior	Rugoso	0,01	0,92	1.950	800
Ladrillo	Rugoso	0,18	0,81	1.600	835
Revoque interior	Media	0,005	0,1	400	1.170
Muros sistema A (Steel Framing)					
Placa cementicia	Rugoso	0,01	0,3	800	800
Cemento base	Rugoso	0,01	0,93	1.900	900
Poliestireno expandido	Media	0,02	0,04	20	100
Placa OSB	Rugoso	0,008	0,049	150	1.560
Lana de vidrio	Suave	0,05	0,05	300	830
Placa de yeso	Media	0,08	0,44	1.000	840
Muros sistema B (Paneles SIP)					
Placa cementicia	Rugoso	0,01	0,3	800	800
Placa OSB	Rugoso	0,01	0,049	150	1.560
Espuma de poliuretano	Suave	0,065	0,019	42	1.700
Placa OSB	Rugoso	0,01	0,049	150	1.560
Muros sistema C (PE con malla electrosoldada)					
Revestimiento cemento	Rugoso	0,03	1,4	2.100	1.000
Poliestireno expandido	Media	0,08	0,04	15	1.300
Revestimiento cemento	Rugoso	0,03	1,4	2.100	1.000

Fuente: elaborado por las autoras.

Resultados

Resultados de la encuesta no probabilística

Las preguntas realizadas en la encuesta indagaron sobre los sistemas constructivos conocidos no tradicionales ofertados en Mendoza y la opinión sobre los mismos para las condiciones ambientales de la región. Cabe aclarar que el sistema tradicional se considera a una estructura sismo-resistente de hormigón armado y ladrillo como material de cerramiento.

Ante la pregunta sobre cuáles serían los materiales elegidos para la construcción, la mayoría de los profesionales encuestados eligieron el sistema tradicional argumentando un mayor conocimiento de su ejecución y una mayor oferta y calificación de la mano de obra existente. Otros motivos, se basan en las sensaciones de seguridad y confiabilidad, así como su durabilidad, calidad final, economía, buena reventa y la opinión de que presentan un mejor comportamiento térmico que los sistemas en seco.

Por otra parte, los encuestados que se inclinan por la construcción industrializada consideran que estos sistemas son más fáciles y rápidos de ejecutar, cuentan en muchos casos con estandarización de calidad, mayor calidad en el tiempo y resistencia, menor esfuerzo sísmico por el bajo peso de su estructura, mayores posibilidades formales, menor cantidad de escombros, el escaso uso de recursos naturales (como el agua), posibilidad de modulación, la inversión económica a largo plazo y las cualidades térmicas y de aislación de estos sistemas.

Con relación a la consulta sobre la accesibilidad, la gran mayoría de los encuestados respondieron que no creen que los sistemas alternativos sean más accesibles económicamente que los tradicionales. Uno de los argumentos con relación a los tiempos de obra, es que la rápida ejecución de los sistemas en seco implica una mayor fluidez de efectivo por parte de los propietarios.

Se pudo observar entre los profesionales consultados un alto grado de consenso respecto a las diferencias en los procesos y tiempos de ejecución de obra. Sin embargo, en cuanto al comportamiento térmico de los sistemas, las opiniones están divididas. Por un lado, quienes creen que la buena capacidad de aislación térmica de los sistemas prefabricados supera las prestaciones termo-energéticas de la construcción tradicional. Y, por otro lado, quienes sostienen que los beneficios de la inercia térmica de

materiales como el ladrillo, el hormigón, e inclusive la tierra cruda, son mayores para un clima como el de Mendoza.

Análisis socioeconómico y térmico de sistemas prefabricados ofertados en Mendoza

Dimensión socioeconómica y territorial

Los sistemas analizados proponen tres modelos de panelería en seco y prefabricados que incorporan paneles de cierre, aislamiento hidrófugo y térmico. En la Tabla 2 de la página siguiente se presentan las variables e indicadores analizados para cada uno.

En los tres casos se observa que no se necesita un revoque o revestimiento para que el panel cumpla con la resistencia al exterior. No obstante, se pueden aplicar diversos tipos de revestimientos para su terminación final. Es preciso aclarar que el sistema C requiere de la aplicación de cemento proyectado *in situ* en la cara interna y externa (de la malla electrosoldada y el poliestireno expandido ondulado), porque de lo contrario el sistema no funciona como panel de cierre y, mucho menos, como un panel estructural. Esta es una de las principales desventajas que tiene el sistema C, respecto a las otras dos propuestas.

Los sistemas admiten la construcción aprobada de una planta baja, en el caso del sistema C, solo admite la construcción de planta alta (2do. piso) en la Municipalidad de la Capital de Mendoza por la ordenanza N° 3980/19, pero en una entrevista realizada afirman que no hay profesionales que se animen a utilizar frecuentemente este sistema como panel y estructura para un segundo piso. Por su parte, el sistema B, aprobado como “construcción sismotérmica” mediante ordenanza N° 3774/10 en la ciudad de Mendoza, admite la construcción de dos o más plantas según cálculo estructural. Mientras que el sistema A, desde 2018, es considerado a nivel nacional como un sistema tradicional, sin requerir presentación del Certificado de Aptitud Técnica (CAT), el muestreo realizado demostró que en Mendoza, debido probablemente a su condición sísmica, hay cierta resistencia a incorporarlo como parte de la construcción tradicional. Dicho sistema admite hasta tres niveles con la perfilería estándar, con posibilidad de más pisos aumentando las dimensiones de los perfiles. Del mismo modo, en las entrevistas realizadas se pudo confirmar que en Mendoza no suelen utilizarse estos sistemas para construcciones mayores a dos pisos.

Tabla 2. Variables analizadas para cada sistema en estudio

COMPOSICIÓN DEL SISTEMA		A	B	C
		STEEL FRAMING	PE CON MALLA SOLDADA	PE CON MALLA SOLDADA
Elementos	Paneles	Capas de interior a exterior: placa de yeso, barrera de vapor, lana de vidrio (contenida en la estructura de perfiles), placa OSB, barrera de agua y viento, poliestireno expandido (opcional), malla de fibra de vidrio, cemento base, revestimiento exterior	Muros: espuma de poliuretano (PU) –espesores de 4,2 cm, 6,5 cm y 9 cm– contenida en un marco de madera revestido por placas de OSB (2,44 x 1,20 m – 35 kg). Techos placa de chapadur, espuma de poliuretano contenida en marco de madera, barrera de vapor	Panel ondulado de poliestireno expandido (PE) que lleva adosadas en ambas caras mallas de acero vinculadas entre sí mediante 48 conectores electrosoldados por m ² de superficie, cubierto por revestimiento de cemento de 3 cm
	Uniones	Tornillos autoperforantes	Encastre macho/hembra de paneles. Tornillos y clavos a la estructura	Alambres
Terminaciones	Necesidad de revestimiento extra al del sistema	No. El sistema incluye revoques plásticos o revestimiento	No. Admite OSB a la vista	No. Cemento (3 cm) puede ser revestido o quedar a la vista
	Tipos posibles de revoques o revestimientos	Admite variedad: plásticos, madera, piedra, cerámica	Admite variedad: plásticos, madera, piedra, cerámica	Admite variedad: plásticos, madera, piedra, cerámica
Funciones		Muros y cubiertas	Muros, entrepisos y cubiertas	Muros y cubiertas
Transmitancia térmica (U) de muros [W/m ² °C]		0,403 (sumatoria de capas = 15 cm)	0,36 (panel 4,2 cm PU) 0,28 (panel 6,5 cm PU)	0,49 (panel 8 cm PE)
Montaje	Ensamblado	Montaje de paneles en fábrica y ensamblado <i>in situ</i>	Ensamblado <i>in situ</i>	Ensamblado <i>in situ</i>
	Cantidad de personas	3 a 4 personas en cuatro meses para casa de 100 m ²	3 a 4 personas en dos semanas para casa de 100 m ²	6 a 7 personas en un mes para casa de 100 m ²
Calificación de la mano de obra	Fácilmente manipulable	Sí	Sí	Sí
	Especializada	No	No	No
Costos (ARG \$) Según cotización dólar abril de 2021: \$ 1,00 = USD 92,60 (oficial) \$ 1,00 = USD 143,00 (no oficial)		Perfiles de acero con sistema multicapa y paneles térmicos en techos \$ 21.000 por m ²	Panel muro (6,5 cm) \$ 6.000 por m ² Panel techo (6,5 cm) entre \$ 3.100 y \$ 4.700 por m ²	Panel muro (8 cm). \$ 2.982 por m ² Panel techo (12 cm). \$ 3.110 por m ²
Incluye traslado		Sí (son empresas constructoras)	No	No
Posibilidad de financiamiento	Cuotas (12 a 18) mediante bancos o empresas	Según la empresa que lo ejecute	Sí	Sí
	Apto crédito hipotecable	Sí	Sí	Sí

Fuente: elaborado por las autoras.

En cuanto a la estructura, los sistemas A y C incluyen la estructura sismoresistente en los paneles, mientras que el panel en el sistema B requiere de una obra estructural independiente, esto se convierte en su mayor desventaja respecto a los otros sistemas. Los casos analizados se pueden aplicar tanto a paneles de cierre como de cubierta.

Respecto a la posibilidad de separar los componentes del sistema se establece que las empresas oferentes entregan tanto los sistemas completos, como los componentes del sistema por separado (panel, techo, piso, encuentros de muros). Solo en el caso del sistema A1, se ofrece el producto terminado (vivienda llave en mano), mientras que los otros ofrecen parcialmente el sistema. Los materiales que componen los paneles (como placa OSB, lana de vidrio, malla, entre otros) no son ofertados de manera independiente, sino que se venden en corralones y ferreterías de comercialización normalizada. En el caso del sistema C se observa que la placa de poliestireno expandido ondulada que se usa para los paneles estructurales/cierre no se encuentra frecuentemente en corralones y comercios barriales de la zona. Respecto al montaje se puede observar que los sistemas A y B requieren de uniones con mayor tecnificación para el ensamble entre paneles. Los tres sistemas presentan una baja demanda en la especialización de la mano de obra requerida para su montaje y, a su vez, tienen un peso admisible que permite la manipulación en obra. Esto convierte a las tres propuestas en admisibles para el uso y ejecución de diversos sujetos que pueden participar en la obra como mujeres, jóvenes, personas adultas mayores, entre otros. Los sistemas se pueden ensamblar en fábrica/depósito y luego transportar en camión hacia la obra o, en su defecto, se pueden ensamblar parcialmente en fábrica y transportar en una logística de menor tamaño (como un flete), o solo transportar los paneles para cierre o techo. Hay que aclarar que no es posible suplantar los cimientos como obra *in situ*, por lo que el montaje de la vivienda implica necesariamente que se realice *a priori* la cimentación, y previendo las instalaciones de la vivienda.

Los sistemas B y C demandan un tiempo menor de montaje de obra, siendo mucho más rápida la ejecución del sistema B, con el cual en 15 días puede levantarse una vivienda de hasta 100 m² con tres o cuatro operarios. Mientras que el sistema C requiere de un mes con seis o siete operarios para la construcción del mismo metraje. En este caso, el incremento de tiempo/operario está

asociado a la obra húmeda que se le debe añadir al panel (cemento inyectado). En el caso del sistema A, los tiempos son más acordes a la construcción tradicional ya que para la construcción de una vivienda de 100 m² se necesitan tres o cuatro operarios en un tiempo mínimo de cuatro meses de obra. Sobre el análisis de la dimensión económica de los sistemas resulta importante aclarar que el valor por metro cuadrado cubierto del sistema varía según las cimentaciones y terminaciones de la envolvente que se diseñen, por lo que la comparación se realizó por metro cuadrado de panelería ofertada. A su vez, hay que destacar que si bien los productos se comercializan por el valor de esa unidad de superficie, en la ejecución de la obra de construcción se *paneliza* el cálculo. El sistema C es el que presenta la mejor oferta económica representando un valor por metro cuadrado de panel de muro de \$ 2.892 –considerando un espesor de poliestireno expandido de 8 cm–. Mientras que en el sistema B el panel de muro –con 6,5 cm de espesor de poliuretano– tiene el doble de valor de \$ 6.000 el metro cuadrado. En cuanto a los paneles de techo, los valores son similares entre el caso del sistema B y C, que oscilan entre los \$ 3.000 y \$ 4.000. En el caso del sistema A, al contar con estructura perfiles de acero galvanizado contenida en el mismo sistema, los precios pueden ser variables de acuerdo con los tipos de paneles que se coloquen. Según las entrevistas realizadas a los ofertantes, se puede calcular un valor de estructura más paneles para muros y techo de \$ 21.000. Es decir, que considerando un 50% para cada elemento, los costos de este sistema superan entre un 40% y 70% al de los sistemas B y C. En el caso del sistema B y C no incluyen en el precio por metro cuadrado el traslado de materiales ni paneles a la obra, mientras que el sistema A sí incluye en el valor total por unidad de superficie el traslado de cada material necesario para los paneles utilizados. En los tres casos el financiamiento se puede realizar hasta 18 cuotas con interés (con los planes Ahora 12 y Ahora 18 gestionados por el Gobierno Nacional en esa época) y son sistemas constructivos aptos para pedir créditos hipotecarios. Si bien este financiamiento resulta una alternativa de pago, se observa que las cuotas a abonar siguen siendo de difícil acceso para ingresos familiares bajos. En el caso de financiar solo la envolvente de una vivienda de 50 m² (sin incluir, traslado, estructura, cimientos, techos y terminaciones) en 18 cuotas fijas (con 18% de interés), la cuota mensual rondaría los \$ 25.000 para el sistema C.

Es importante destacar que el sistema C, además de tener el menor valor de obra por metro cuadrado, a su vez tiene un ensamblado y técnica de unión económica y de fácil desarrollo. Lo que reduce los costos de mano de obra. El costo mayor de este sistema es la obra húmeda que implica el alquiler/compra de máquinas inyectoras de cemento sobre el panel ondulado. Si el panel se usa como sistema estructural se le debe incorporar al costo por metro cuadrado de panel, los valores extras de las mallas de refuerzo angulares que se colocan en todas las aristas, mallas de 45° planas que van en todas las aberturas y en una malla en U en toda la cara de la abertura según diseño estructural. Asimismo, una de las ventajas de estos sistemas es que permiten calcular los materiales necesarios para una obra y de esta manera optimizar la provisión, así como reducir los desperdicios, controlar los gastos y eliminar los costos adicionales por imprevistos. También se observa que la colocación de instalaciones es bastante simple, en el caso del sistema A y B una vez que está el proyecto definido se deja previsto o se cala el material para colocar los conductos o vías necesarios para la instalación requerida. Esto también

cuenta con la ventaja de que en el caso de rotura, estas se pueden identificar y reparar con facilidad y rapidez, sin necesidad de picar ningún elemento constructivo.

Con relación a las empresas evaluadas, en la Tabla 3 se presentan las variables e indicadores analizados. Respecto a las que ofrecen *Steel Framing* (A1 y A2) se diferencian de las otras dos evaluadas en relación con el servicio ofertado, dado que además de vender el sistema constructivo, se trata de empresas constructoras. La empresa A1 se origina en la provincia de Salta en los años noventa y cuenta con una sede en Mendoza a partir del 2011, en tanto que la A2 es una empresa familiar reciente (2014) con sede en la ciudad de Mendoza y, a diferencia de la empresa A1 que ofrece el servicio llave en mano, en esta solo se ofrece construcción, sin incluir el proyecto arquitectónico ni la dirección técnica de la obra. Por su parte, la empresa B es fundada en el año 2006 en Mendoza, en donde se encuentra su planta industrial. Actualmente cuenta con sedes comerciales en las provincias de San Juan, San Luis, Neuquén, Santa Fe, Córdoba, Salta y Tucumán. Por último, la empresa C es una empresa nacional de patente extranjera con sede comercial en Mendoza desde el 2020.

Tabla 3. Variables e indicadores analizados para cada empresa entrevistada

VARIABLES	INDICADORES	A1	A2	B1	C1
Procedencia	Local cuyana				
	Nacional				
	Extranjera				
Tipo de comercio	Emprendimiento chico (un local)				
	PYME (varios locales en Mendoza)				
	Cadena (locales en el país)				
Tipo de construcción	Fabrica parcialmente				
	Distribuye				
Si produce	Produce materiales (parcialmente)				
	Produce el sistema y compra materiales de otro lugar				
Si distribuye	Almacena en la provincia				
	Pide por encargo a casa central				
Entrega del producto	Llave en mano				
	Ensamblado sin obra in situ				
	Ensamblado con obra in situ				
	Separado por partes				
Servicio de la empresa de montaje	Mano de obra + materiales				
	Solo materiales (se puede autoconstruir)				
	Asesoramiento				

Fuente: elaborado por las autoras.

Con relación al tipo de producción, la empresa A1 cuenta con una planta industrial en donde se fabrica la perfilera de acero galvanizado. También ofrece venta de materiales y accesorios vinculados a la construcción en seco en todo el país, con costos de traslado a todas las provincias menos las centrales (Salta y Mendoza). Mientras que la A2 produce y distribuye el sistema en el área local, con materiales comprados a otras empresas con sede en Mendoza.

En cuanto a la empresa B, produce y distribuye el sistema de paneles con materiales de origen extranjero (OSB y espuma de poliuretano) y nacional (placas de poliestireno expandido y bastidores madera). Cabe mencionar que esta empresa, debido a una demanda de menores costos de los paneles, está produciendo últimamente paneles con aislación de poliestireno expandido de alta densidad, con un costo un 30% menor a los de espuma de poliuretano.

Respecto a la empresa C, la producción se realiza en las provincias de San Luis y Tucumán, en donde se arman los paneles de poliestireno expandido ondulado y las mallas electrosoldadas que se distribuyen a todos los comercios del país. La empresa provee a todo el país tenga o no casa de comercialización, la diferencia está en que donde no la hay no se incorpora al costo del panel el traslado desde la fábrica al comercio, como es el caso de Mendoza. Los materiales son de origen nacional.

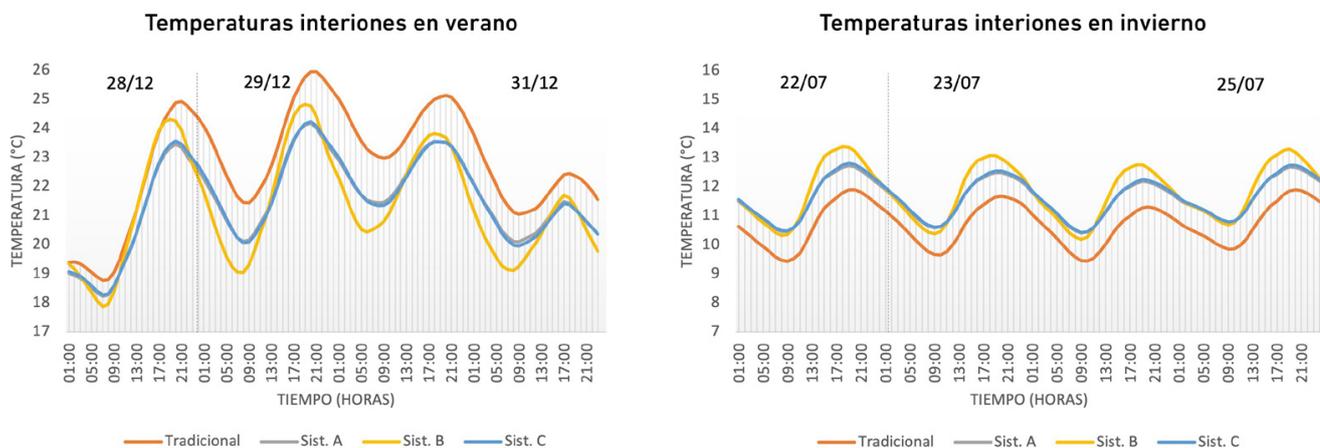
Análisis térmico interior

En este apartado se presentan los resultados del comportamiento térmico interior de la vivienda en estudio para los dos períodos evaluados: estival –del 9 al 31 de diciembre–, e invernal –del 9 al 31 de julio–. En la Figura 2 se muestran las temperaturas horarias de cuatro días representativos.

Para el caso estival, el sistema tradicional presenta una temperatura media de 22,9 °C y una diferencia diaria del orden de los 7,2 °C. Mientras que en el caso de los sistemas prefabricados las temperaturas son menores: tanto el sistema A (*Steel Framing*) como el C (PE con malla soldada) cuentan con una media de 21,5 °C y una diferencia diario-media de 5,9 °C; y el sistema B (paneles SIP) presenta una temperatura media de 21,3 °C y un Delta T diario de 6,9 °C. Asimismo, en el invierno el sistema tradicional muestra una temperatura media de 10,7 °C y diferencias diarias del orden de los 2 °C. Mientras que los sistemas prefabricados presentan temperaturas más elevadas: de igual modo que en el verano, los sistemas A y C cuentan temperaturas muy similares, con una media del orden de los 11,5 °C y una diferencia media diaria de 1,9 °C; en tanto que el sistema B presenta una temperatura media de 12,2 °C y diferencias diarias de 2,5 °C. Se puede observar que en ambos períodos evaluados el sistema tradicional es el que cuenta con la situación térmica más desfavorable, es decir, mayores temperaturas en verano (máximas del orden de 1,5 °C mayores a las de los sistemas alternativos) y menores en invierno (mínimas de 1 °C menores al resto). Esto se debe en parte a la escasa inercia térmica presente en la envolvente horizontal (cubierta y piso) del caso base, situación que se unificó para los cuatro casos evaluados. En consecuencia, la inercia térmica de los muros de ladrillo no alcanza a ser suficiente para alcanzar un comportamiento más favorable que los sistemas prefabricados, los cuales cuentan con considerables condiciones de aislación en sus componentes. Los resultados muestran que el sistema B es el que presenta mejores condiciones en invierno (con máximas mayores al resto de los sistemas del orden de 1 °C),

Figura 2

Comportamiento térmico interior de la vivienda en estudio con los diferentes sistemas evaluados. Fuente: elaborado por las autoras.



mientras que los sistemas A y C cuentan con un comportamiento casi equivalente en ambos períodos y son los que presentan menor amplitud térmica diaria.

Por otra parte, es importante considerar el análisis de aspectos relacionados a falencias u omisiones en los procesos constructivos, que no son considerados en la simulación y que pueden interceder en el buen funcionamiento térmico de los sistemas prefabricados, tal es el caso del riesgo de puentes térmicos. Con relación al sistema A, la importante presencia de los perfiles de acero dispuestos cada 40 o 60 cm, incrementa la posibilidad de pérdidas de calor. Si bien se coloca lana de vidrio entre perfil y perfil, las caras laterales (de 4 cm) no quedan aisladas. Para evitar tales pérdidas es importante la correcta colocación de un material aislante (planchas de poliestireno) en el lado exterior, elemento que, si bien encarece el valor del sistema por metro cuadrado, es utilizado por gran parte de las empresas que lo ofrecen. En cuanto al sistema B, también cuenta con estructura de caños. En la entrevista realizada se conocieron tres soluciones posibles para evitar los puentes térmicos: la primera es rellenar la sección de los caños con poliestireno cortado de la misma sección o con espuma de poliuretano proyectado mediante perforaciones. La segunda opción es colocar una terminación continua en el exterior de placas de poliestireno de alta densidad. Y la tercera, que la estructura sea independiente y se coloque por dentro o por fuera de los paneles, posibilitando así la continuidad de los paneles y evitando puentes térmicos. Por último, en el caso del sistema C, los riesgos de pérdidas por puentes térmicos quedan minimizadas, al contar con cemento inyectado de manera continua en la cara interior y exterior de los paneles.

Conclusiones

La investigación ha permitido la identificación de tecnologías alternativas para la construcción de envolventes ofertadas en el AMM. A partir del análisis realizado es posible inferir que los sistemas prefabricados comercializados en la provincia son de difícil acceso económico para las familias con ingresos bajos. Con relación a la comparación entre las tres propuestas desarrolladas, el sistema con mayores posibilidades socioeconómicas de acceso es el que utiliza placas de poliestireno expandido de alta densidad revestidas en mallas de acero electrosoldadas y cemento en ambas caras (sistema C). Esto se debe, por

un lado, al menor costo por metro cuadrado de panelería terminada y, por otro lado, a la mayor accesibilidad a los materiales que lo componen, que al ser de origen nacional, se pueden encontrar fácilmente en corralones y ferreterías de comercialización normalizada. La provisión de materiales de paneles por lo general es de rápida entrega una vez realizada la compra, lo cual vuelve competitivo el sistema en épocas de inflación, donde los corralones y ferreterías suelen tener limitado el stock de entrega de materiales por razones económico-financieras (como no tener valor de reposición, entre otras razones). Si bien posee mayor costo de obra húmeda y una mayor complejización respecto a la capacidad de independización de los elementos, si los paneles se ejecutan como sistema estructural, es posible que esta tecnología resulte compatible a la ejecutada normalmente mediante autoconstrucción en los distintos territorios de Mendoza.

Asimismo, si bien todos los sistemas en estudio cuentan con fácil manipulación de diversos sujetos, la baja tecnificación de ensamble de los paneles del sistema C y el hecho de contar con una tecnología que se acerca más a la de la construcción tradicional, hacen que este sistema pueda incidir positivamente en el completamiento, mejora y/o construcción progresiva de los sectores populares.

Respecto al análisis térmico, se pudo observar que en la vivienda de estudio, los sistemas prefabricados evaluados presentan un mejor desempeño térmico interior en comparación con la construcción tradicional. Estos sistemas cuentan con menores valores de transmitancia, y si bien esto no asegura las condiciones de confort interior (la densidad y calor específico de los materiales puede afectar el calor acumulado, su temperatura superficial y con esto la temperatura que aportará al sistema por radiación y convección) en los casos evaluados se pudo ver que los bajos valores de conductividad de los paneles que componen los sistemas, incidieron positivamente en las condiciones de confort térmico interior. Comparativamente, el sistema B (paneles SIP) es el que cuenta con mayor amplitud térmica en las dos estaciones evaluadas, es decir, es el menos conservativo; sin embargo, cuenta con la ventaja de ser el que presenta mayores temperaturas en invierno. De acuerdo con estos resultados, se considera posible y adecuada la adaptación de estas tecnologías a los ámbitos del hábitat popular, en función de garantizar mejores condiciones de habitabilidad a los sectores que menos pueden afrontar los costos energéticos para climatización ■

> REFERENCIAS

- De Schiller, S. (2000). Sustainable cities: contribution of urban morphology. *Proceedings of PLEA-2000, Passive & Low Energy Architecture*, pp. 353-358.
- Evans, J. M. y De Schiller, S. (2001). Evaluador energético: método de verificación del comportamiento energético y ambiental de viviendas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, (5), pp. 49-53.
- Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas-DEIE. (2012). *Encuesta de Condiciones de Vida*. Mendoza: DEIE.
- Fernández-Ordóñez, D. y Fernández Gómez, J. (2009, abril-junio). Industrialización para la construcción de viviendas. Viviendas asequibles realizadas con prefabricados de hormigón. [Archivo PDF]. *Informes de la Construcción*, 61(514), pp. 71-79. DOI: 10.3989/ic.09.003
- Gagliano, A., Patania, F., Nocera, F. y Signorello, C. (2014). Assessment of the dynamic thermal performance of massive buildings. *Energy Buildings*, (72), pp. 361-370.
- Gregory, K., Moghtaredi, B., Sugo, H. y Page, A. (2008). Effect of thermal mass on the thermal performance of various Australian residential constructions systems. *Energy and Buildings*, (40), pp. 459-465.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (1991). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Panamericana Formas e Impresos.
- Leveratto, M. J. (1995). El impacto de edificios en torre de gran altura y confort en espacios urbanos. Anais III Encontro Nacional y I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construido. Porto Alegre: ANTAC.
- Miranda Gassull, V. (2015). Habitar en Tierras Secas: La Tierra Cruda como vehículo de habitabilidad en el territorio no irrigado del norte de la Provincia de Mendoza, Argentina. [Archivo PDF]. *Hábitat Sustentable*, 5(2), pp. 69-76. Recuperado de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/1931>
- Murgo, E. (2019, 5 de abril). Mendoza ¿está abierta a las nuevas tecnologías en construcción? [En línea]. Mendoza: Unidiversidad. Recuperado de <http://www.unidiversidad.com.ar/hasta-que-punto-mendoza-esta-abierta-a-las-nuevas-tecnologias-en-construccion>
- One Building Organization-OB Org. (2019). Repository of free climate data for building performance simulation. [En línea]. Recuperado de <http://climate.onebuilding.org/>
- Palme, M., Isalgué, A. y Coch, H. (2013). Avoiding the Possible Impact of Climate Change on the Built Environment: The Importance of the Building's Energy Robustness. *Buildings*, (3), pp. 191-204.
- Peng, X. (2010). *Demand Shifting with Thermal Mass in Light and Heavy Mass Commercial Buildings*. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Reilly, A. y Kinnane, O. (2017). The impact of thermal mass on building energy consumption. *Applied Energy*, (198), pp. 108-121.
- Salas Serrano, J., Ferrero, A. y Lucas Alonso, P. (2012). Utilización de componentes neutros de construcción en Latinoamérica. *Revista Invi*, 27(76), pp. 145-175.
- Secretaría de Planeamiento Energético Estratégico-SPEE. (2017, diciembre). *Escenarios Energéticos 2030*. [Archivo PDF]. CABA: Ministerio de Energía y Minería. Recuperado de <http://datos.minem.gob.ar/dataset/escenarios-energeticos>