

COMPORTAMIENTO TÉRMICO ENERGÉTICO DE UNA VIVIENDA PROMEVI EN AMAICHA DEL VALLE, TUCUMÁN

Matías Ortega¹, Beatriz Garzón²

Red PROTIERRA, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT – Universidad Nacional de Tucumán y CONICET,

¹mateduortega@gmail.com; ²bgarzon06@gmail.com

Palabras clave: vivienda social, eficiencia térmico-energética, etiquetado de vivienda, monitoreo, simulación

Resumen

El Programa de Mejoramiento de Viviendas, o Programa “Mejor Vivir” (PROMEVI), recurrió a las tecnologías locales no predominantes, como el adobe y la torta de barro, para paliar el déficit habitacional en el Valle Calchaquí tucumano, Argentina, cuyo clima es templado cálido (IRAM 11.603). Se analiza aquí el comportamiento térmico-energético, tanto en invierno como en verano, de la “Casa Mamaní”, ubicada en la localidad de Los Zazos. Los objetivos de este trabajo son: a) caracterizar el sitio de implantación, observando las particularidades climáticas del valle y la cultura constructiva tradicional; b) caracterizar las disposiciones arquitectónicas y tecnológicas del caso de estudio; c) evaluar mediante monitoreo higrotérmico y simulación térmica su comportamiento respecto a las zonas de confort según la estación considerada; d) generar etiqueta de eficiencia energética (EE), mediante aplicativo web. Se utilizó el método descriptivo para la caracterización del entorno y de la vivienda. Seguidamente, se aplicó el método analítico para determinar el cumplimiento de la vivienda respecto a las recomendaciones de la serie 11600 de las Normas IRAM. Se realizaron mediciones de temperatura y humedad internas y externas en reales condiciones de uso y se validó el modelo en régimen dinámico mediante la simulación térmica en SIMEDIF. Por último, se generó la EE para identificar el Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), que se obtiene mediante el aplicativo web desarrollado por el Ministerio de Energía de la Nación. Los resultados alcanzados muestran que si bien la aplicación de las tecnologías locales, por parte del PROMEVI, resulta apropiada, no se observa un buen comportamiento térmico energético, por lo que se propone realizar mejoras para su rehabilitación.

1 INTRODUCCIÓN

El último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2021), presentado sobre las bases físicas del cambio climático, expuso de manera contundente la influencia humana inequívoca en el fenómeno global, calentando el clima a un ritmo sin precedentes en al menos los últimos 2000 años. A su vez, la Agencia Internacional de la Energía (AIE), organización que lleva cuatro décadas trabajando para asegurar el suministro de petróleo a los países industrializados, ha dado un giro radical a sus planteamientos y llamó a hacer una rápida transición hacia las energías renovables para conseguir que las emisiones de carbono sean nulas en 2050, con lo cual, “el aumento anual de la eficiencia energética debe ser tres veces más rápido durante la próxima década” (CincoDías, 2021).

En este contexto, transitar hacia arquitecturas eficientes energéticamente es casi un imperativo moral. Argentina viene avanzando desde hace años en marcos normativos para el acondicionamiento térmico de edificios, aunque este no es, todavía, de aplicación obligatoria. La serie de normas 11600 del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), sirve a este propósito, y la norma IRAM 11900 (2019) es, junto al aplicativo elaborado por la Secretaría de Energía de la provincia de Santa Fe (y cedido a la Secretaría de Energía de la Nación para que fuera aplicado en todas las provincias que firmaron los correspondientes convenios), el último avance en la materia para el desarrollo de la eficiencia energética en el país.

A su vez, la Secretaría de Vivienda de la Nación, perteneciente al Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, publicó en 2019 sus “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social”, constituido en marco para la promoción de viviendas inclusivas, asequibles y sostenibles. Este documento incorpora y unifica la totalidad de la normativa argentina que regula la construcción, además de nuevos lineamientos acordes a la Estrategia Nacional de Vivienda Sustentable, que busca la eficiencia energética, el diseño bioclimático y la incorporación de energías renovables. Se considera aquí que lo sistematizado en este documento ilustra y sintetiza las políticas públicas en relación con la materia, y que la producción de vivienda social influye en la dinámica de la industria de la construcción en general. Es así como en los “estándares” se detallan las condiciones mínimas que deben cumplir los cerramientos exteriores de las viviendas para lograr la eficiencia energética y garantizar un nivel aceptable de confort térmico. Para ello, los valores de transmitancia térmica K de muros y techo deben ser iguales o menores a los máximos establecidos en la Norma IRAM 11605 (1996), para el Nivel B. Deben controlarse también los puentes térmicos (IRAM 11630, 2000), y los riesgos de condensación superficial e intersticial (IRAM 11625, 2000). Además, se exige la presentación del informe de certificación de eficiencia energética mediante la carga y procesamiento de datos en el aplicativo informático Etiquetado de Viviendas, conforme al método de cálculo de prestaciones energéticas establecido a nivel nacional siguiendo la Norma IRAM 11900 (2019).

1.1 EL PRO.ME.VI y la construcción en tierra

Este trabajo se inscribe en un proyecto de investigación referido a la eficiencia energética en la vivienda social ejecutada en tierra, por lo que el marco de trabajo está circunscripto a los casos que, mediante el financiamiento de distintos programas de fomento a la vivienda social, pudieron ser materializados utilizando alguna técnica constructiva en tierra. Es así que el Programa de Mejoramiento de Viviendas (PROMEVI), resultó ineludible, ya que, en su implementación en el territorio del Valle Calchaquí tucumano, y articulando con cooperativas de construcción locales, se permitió la conformación de viviendas en adobe, adecuándose técnica y culturalmente a las tradiciones de la región (Ortega; Garzón, 2019).

2 OBJETIVOS

Este trabajo propone el análisis de las estrategias de diseño bioclimático adoptadas y la verificación del comportamiento térmico de una vivienda rural ejecutada con el PROMEVI. Los objetivos planteados son: a) mostrar la aplicación de estrategias y pautas de diseño bioclimático-energético en una vivienda PROMEVI ejecutada en tierra; b) simular su comportamiento térmico; c) verificar el comportamiento térmico-energético a través de mediciones; y d) confrontar las curvas resultantes productos del monitoreo y la simulación.

3 METODOLOGÍA ADOPTADA

En este trabajo se ha seguido una combinación metodológica, descriptiva y analítica. Siguiendo una metodología descriptiva, se caracterizó la geolocalización de la casa en estudio, puntualizando en el clima y en la determinación de las pautas de diseño bioclimático para la zona de ubicación. La observación directa de la vivienda se complementó con el análisis de su implantación en el terreno y su relación con las orientaciones. Se utilizó la metodología analítica para el monitoreo y la simulación térmica. Para el monitoreo higrotérmico de la vivienda se emplearon tres termohigrómetros con función *data logger* marca HOBO para el almacenamiento de datos de temperatura y humedad relativa. Con ellos se monitorearon las temperaturas del exterior, de la cocina comedor y del dormitorio. La simulación del comportamiento térmico de la vivienda se realizó con el programa SIMEDIF para Windows, versión actualizada (Flores Larsen, 2019).

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Localización geocultural y caracterización climática

La casa Mamaní está ubicada en el sector La Fronterita, en la localidad de Los Zazos, a unos 2 km de Amaicha del Valle. La familia que la habita se compone por una mujer mayor y dos de sus hijos, adultos ellos. Si bien la casa es el centro del funcionamiento de la vida doméstica, el dormitorio de la mujer se ubica en una casa pequeña de adobe (casa de la familia que precedió al caso de estudio), por lo que los hijos son quienes duermen aquí.

La casa en estudio se halla emplazada en Los Zazos, muy próxima a Amaicha del Valle, localidad icónica de los Valles Calchaquíes tucumanos, en el departamento Tafí del Valle. Se encuentra a una latitud de $-26^{\circ}36'13.39''$ S (-26,6), una longitud de $-65^{\circ}53'8.74''$ O (65,88), y a una altitud de 2100 msnm (figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de la vivienda

La Norma IRAM 11603 (2011) establece que el departamento Tafí del Valle se ubica en la zona bioambiental III, templada cálida, donde los veranos son relativamente calurosos y presentan temperaturas medias comprendidas entre 20°C y 26°C . El invierno no es muy frío y presenta valores medios de temperatura comprendidos entre 8°C y 12°C , y valores mínimos que rara vez son menores que 0°C . Al corresponderse con la subzona a, las amplitudes térmicas superan los 14°C .

El clima aquí es "desértico". No hay virtualmente ninguna lluvia durante todo el año en Amaicha del Valle. El clima aquí se clasifica como BWk por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Amaicha del Valle se encuentra a $14,9^{\circ}\text{C}$. Hay alrededor de 222 mm de precipitaciones anuales. El mes más seco es julio, con 0 mm de lluvia. La mayor parte de la precipitación aquí cae en enero, promediando 55 mm. Hay una diferencia de 55 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. Diciembre es el mes más cálido del año. La temperatura promedio en diciembre es $20,3^{\circ}\text{C}$. Junio es el mes más frío, con temperaturas promediando $8,5^{\circ}\text{C}$. A lo largo del año, las temperaturas varían en $11,8^{\circ}\text{C}$.

El Anexo C de la IRAM 11603 (2011) caracteriza a la zona IIIa por sus grandes amplitudes térmicas, por lo que recomienda el uso de viviendas agrupadas y de todos los elementos y/o recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia térmica. Tanto en la faz de la orientación como en las necesidades de ventilación, por tratarse de una zona templada, las exigencias pueden ser menores. Aconseja prever de protecciones solares adecuadas en las edificaciones orientadas al oeste (así como todas las aberturas), y señala que los colores claros exteriores son altamente recomendables.

Según el diagrama de Givoni, las estrategias para un diseño bioclimático se corresponden con la calefacción solar pasiva para invierno, y con la ventilación natural, la incorporación de masa térmica y el enfriamiento evaporativo directo e indirecto para verano.

4.2 Parámetros edicios: descripción de la vivienda

El partido arquitectónico corresponde al de vivienda compacta de planta cuadrada. El programa de arquitectura es simple: integra espacial y funcionalmente a la cocina y al estar-comedor (39 m^2), dispuestos hacia el acceso SO, mientras que el baño ($3,8 \text{ m}^2$), y el único dormitorio (18 m^2), se disponen hacia el contrafrente, de orientación NE, sobre el que se proyecta el crecimiento de la casa. La casa tiene una superficie habitable de $60,8 \text{ m}^2$ y un volumen de $173,28 \text{ m}^3$. Dispone de energía eléctrica, red de agua potable y desagüe cloacal independiente, y carece de provisión de gas natural debido a que a la localidad no llega el suministro.

Respecto al sistema constructivo empleado para la materialización de la envolvente, los muros perimetrales exteriores son de mampostería de adobe, revocadas con cemento a la cal. La cubierta se resuelve a dos aguas y en torta de barro sobre un envigado de madera, siguiendo la tradición constructiva local. Las carpinterías son de madera. Las ventanas no cuentan con celosía y los vidriados son simples (de 4 mm de espesor). Dispone de estructura sismo-resistente. La terminación correspondiente al piso es la del contrapiso de hormigón simple (figura 2).

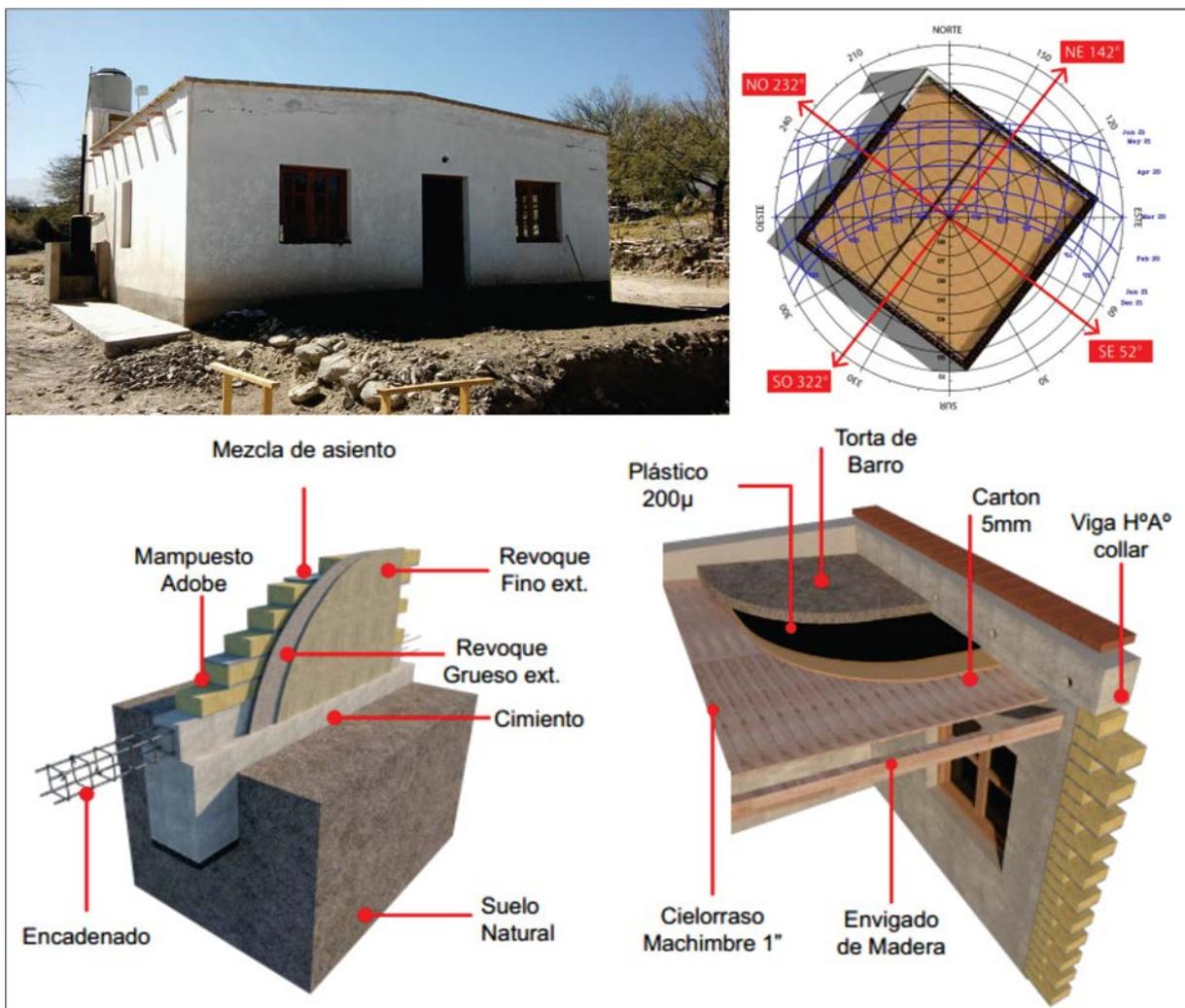


Figura 2. Imagen de la casa en estudio, su posición en el lote y detalles constructivos

4.3 Verificación de normativa IRAM (serie 11600), según su comportamiento térmico en régimen estacionario

Para caracterizar el comportamiento térmico de la vivienda en régimen estacionario se recurre al análisis según el paquete normativo 11600 de IRAM. En este apartado que sigue se definen las superficies y volúmenes habitables, la ubicación y tamaños de los

cerramientos opacos y transparentes, las resistencias y conductividades térmicas, el riesgo de condensación superficial e intersticial, y los coeficientes volumétricos de pérdidas y ganancias térmicas.

Se determinaron los valores de transmitancia térmica (K), de los elementos que definen la envolvente, según las características de los muros, del techo y de las carpinterías, siguiendo las metodologías de cálculo establecidas en la IRAM 11601 (2002). También se recurrió a esta norma para identificar las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. La IRAM 11603 (2011) para determinar la temperatura de diseño mínima de invierno (TDMN), como la temperatura de diseño máxima de verano (TDMX), y la IRAM 11605 (1996) para identificar los valores máximos admisibles de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Para determinar el K de muro, se consideró un coeficiente de conductividad de 0,46 W/mK (Moscoso-Cordero, 2016); se recurrió a una fuente bibliográfica para obtener este valor de referencia ya que en las tablas de propiedades térmicas de los materiales de construcción incorporadas en la IRAM 11601 no figura el material adobe. Se obtuvo un valor de transmitancia de 1,53 W/m²K, por lo que el muro del caso estudiado verifica el nivel mínimo C establecido para las viviendas sociales. Respecto al techo, para la condición de invierno, presenta una transmitancia de 1,09 W/m²K, mientras que en verano el K es de 1,01 W/m²K. Siendo que en invierno el máximo admisible es de 1 W/m²K para corresponderse con el Nivel C, y en verano es de 0,76 W/m²K, el techo de la casa Mamaní no verifica el nivel mínimo establecido para las viviendas sociales. En relación a las carpinterías, el coeficiente K determinado por la norma IRAM 11601 (2002), y usando el aplicativo web (Ministerio de Economía y Secretaría de Energía de la Nación, 2021a), para este tipo de ventanas es de 5,95 W/m²K. Al mismo tiempo, se calculó la transmitancia térmica de la puerta obteniéndose un K de 5,88 W/m²K. Las carpinterías distan mucho de ser aptas para un buen comportamiento térmico energético de la vivienda.

La verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales del muro de adobe y del techo, se realizó con la norma IRAM 11625 (2000). Para el caso del muro, cuyo espesor es de 25 cm, se verifica que presenta condensación intersticial, por lo que no verifica. En el caso del techo, por el contrario, no se registra ningún tipo de condensación.

La Norma IRAM 11604 (2004) señala que “el control de los efectos del clima en los locales de una vivienda está influenciado principalmente por una adecuada selección de los materiales empleados en la construcción, por su combinación según los criterios de máxima funcionalidad y por el óptimo diseño de espacios, vanos y orientaciones”, por lo que el cumplimiento de los valores de transmitancias térmicas máximas admisibles de la envolvente de la edificación, puede no resultar suficiente para controlar las pérdidas de calor totales del conjunto. Es por esto que la Norma establece un parámetro global que pondere todos los elementos: el coeficiente volumétrico de pérdida de calor (G_{cal}), definido como el flujo de calor que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen y por unidad de diferencia de temperatura, en régimen estacionario (IRAM 11549, 2002), y que permite evaluar el ahorro de energía en calefacción de una vivienda. El mismo, tiene en cuenta las pérdidas de calor a través de los cerramientos que componen la envolvente (opacos, no opacos y en contacto con el terreno), más las pérdidas por renovación de aire de los locales de la vivienda. En función del volumen (m³), y los grados días de calefacción (°C), para el caso de estudio, se determina el G_{adm} , siendo el mismo 2.355 W/m³K. Las pérdidas de calor a través de la envolvente de la vivienda dan como resultado un G_{cal} de 2.534 W/m³K, valor que no verifica la norma al incumplir con la condición de que G_{cal} sea igual o menor a G_{adm} .

La norma IRAM 11659-2 (2007), a su vez, se aplica para el control de las ganancias de calor totales del conjunto. El parámetro global aquí definido que pondera todos los elementos que intervienen en el proceso, es la carga térmica admisible en refrigeración ($Q_{r_{adm}}$), y el coeficiente volumétrico de refrigeración admisible (Gr_{adm}). Además, esta norma pone de manifiesto que el concepto de aislamiento térmico, desde el punto de vista de condiciones de habitabilidad y consumo de energía, no solo incluye una mejor calidad de aislamiento de la envolvente, sino además una adecuada selección de la orientación y de las protecciones

solares. Para la edificación en estudio, el coeficiente Gr_{adm} es $17,6 \text{ W/m}^3$. La vivienda da como resultado un Gr $13,93 \text{ W/m}^3$, valor que verifica la norma al cumplir con la condición de que Gr sea igual o menor a Gr_{adm} .

Los resultados del caso analizado dan cuenta de que la mayoría de los valores de cálculo superan los valores admisibles, lo que significa que no se alcanza el estándar mínimo de calidad de construcción sugerido. En el caso de las transmitancias térmicas, los valores de cálculo de todos los elementos de la envolvente, superan los admisibles dispuestos en la norma IRAM 11605 (2000), siendo negativas las diferencias porcentuales y donde las carpinterías presentan los valores más desfavorables, en un orden del 370 % y 760 %. Con respecto a las cargas térmicas de refrigeración, resultó una diferencia entre QR de cálculo y el admisible, verificando para el caso, con un margen positivo del 49,8%. Así mismo, los coeficientes volumétricos "G" de refrigeración y calefacción, al ser contrastados con los valores de referencia según normas, resultaron de 39% verificando en el caso de refrigeración y sin hacerlo en calefacción, con una diferencia negativa del 84%.

4.4 Comportamiento térmico según modelo cuasi estacionario

Respecto a la etiqueta generada para determinar la eficiencia energética de la vivienda, se utilizó el procedimiento de cálculo del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), de tipo cuasiestacionario de base mensual; así, cada mes se considera con todos sus días iguales con temperatura constante asumida como la media del mes, y lo mismo se hace para la radiación solar (Ministerio de Economía y Secretaría de Energía de la Nación, 2021b). Para calcular el IPE se recurrió al aplicativo web *Etiquetado de Viviendas*, y que constituye un valor característico del inmueble, expresado en $\text{kWh/m}^2\text{año}$, representando el requerimiento teórico de energía primaria para satisfacer las necesidades de calefacción en invierno, refrigeración en verano, calentamiento de agua sanitaria e iluminación, durante un año y por metro cuadrado de superficie, bajo condiciones normalizadas de uso. Dado que en el aplicativo web desarrollado por el Ministerio de Energía de la Nación no existe la técnica del *adobe* para la conformación de los muros, se recurre al bloque de suelo cemento macizo, que tiene una conductividad de $0,62 \text{ W/mK}$ (IRAM 11601, 2002). Es por esto que en el aplicativo se utilizaron muros de $0,27 \text{ m}$ para que el coeficiente K de transmitancia térmica se asemeje al $1,52 \text{ W/m}^2\text{K}$ determinado. El resultado es de $416 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ para esta vivienda, correspondiente a la escala "G" en la etiqueta de eficiencia energética (EE). La figura 3 ilustra el resultado obtenido según la escala de valores.

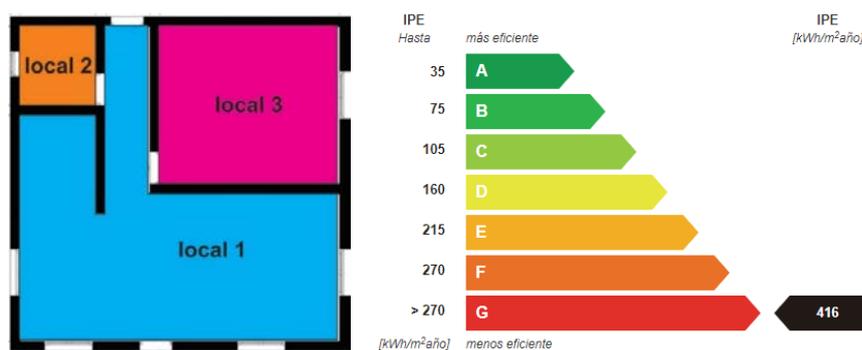


Figura 3: Zonificación térmica y etiqueta de eficiencia energética en función del IPE.

4.5 Comportamiento térmico según modelo dinámico

Para la evaluación de la vivienda en régimen dinámico, se procedió a su monitoreo y simulación térmica. Respecto al monitoreo, hubo una primera fase donde se realizó el relevamiento de las condiciones de funcionamiento y uso de la vivienda según sus usuarios; se capacitó a sus habitantes sobre los pasos del monitoreo y su registro. Se realizaron dos monitoreos higrotérmicos de la vivienda, uno en invierno y otro en verano. El monitoreo de invierno se llevó adelante entre los días 10 y 23 de agosto de 2018, mientras que el de

verano se hizo entre los días 8 y 21 de febrero de 2019. Se realizó un registro de temperatura y humedad relativa interior y exterior, mediante termohigrómetros *dataloggers* marca HOBO, ubicando los sensores en el centro del estar-comedor y del dormitorio; el hobo exterior se colocó en la galería de una casa cercana. En ambos casos, se sistematizan los registros de horarios de apertura y cierre de carpinterías hechos por los usuarios mediante planillas aportadas por los autores, con el objetivo de tener una mejor interpretación del comportamiento térmico de la casa durante los días medidos. Los resultados de ambos monitoreos se muestran en la figura 4, junto a los rangos de confort de invierno (18 a 25 °C), y de verano (20 a 27 °C).

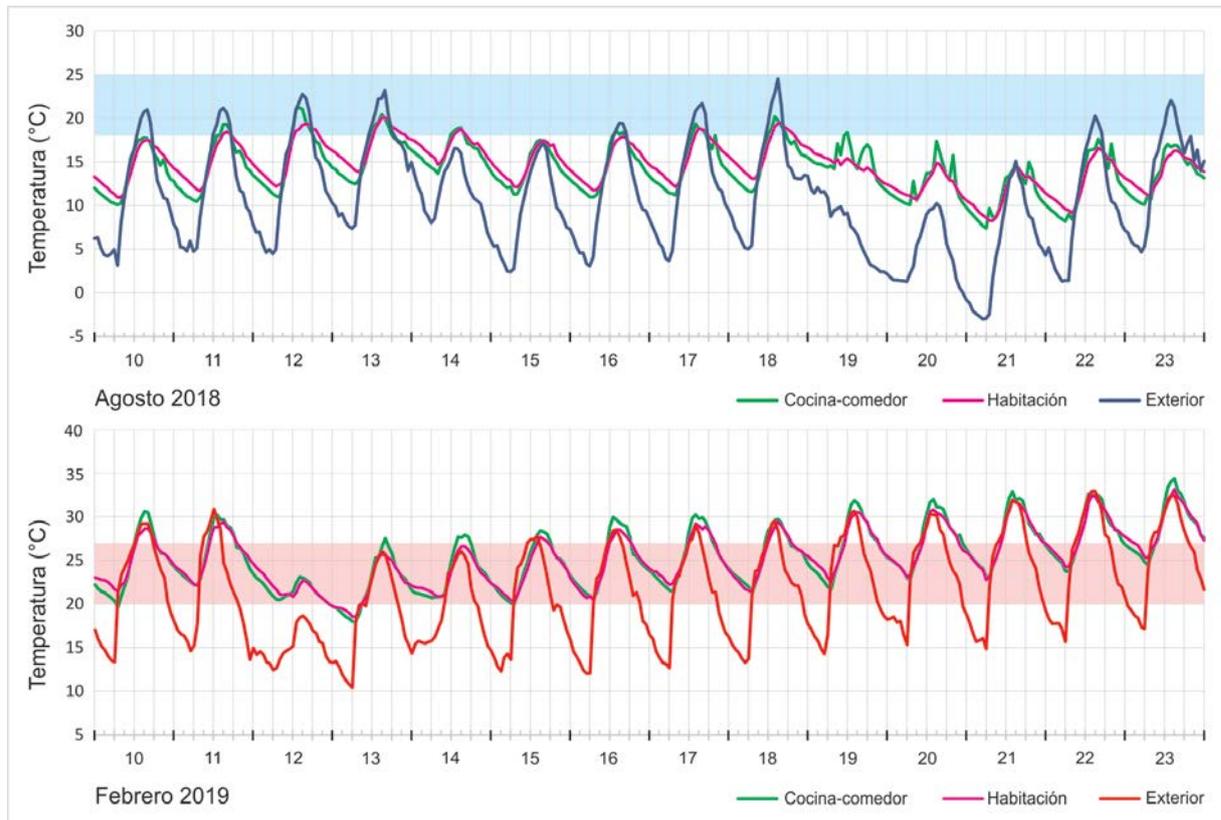


Figura 4. Curvas resultantes de las temperaturas medidas en los períodos de invierno (arriba), y de verano (abajo)

En invierno se observa que la temperatura exterior del período oscila entre una máxima de 24,51 °C el día 18 y una mínima de - 2,93 °C el día 21 de agosto, con una media de 10,79 °C. Los primeros cuatro días de la serie tuvieron niveles de radiación crecientes que se tradujeron en un suave pero progresivo aumento de las temperaturas; el día 14 de agosto la temperatura descendió de manera significativa para empezar a incrementarse progresivamente desde día 15 y por los siguientes cuatro días. El 19, nuevamente, hubo un fuerte descenso hasta llegar a la mínima de la serie, para finalmente empezar a estabilizarse los últimos cuatro días medidos.

Para el caso de verano, el período mostró una situación bastante regular. A los dos primeros días, siguió uno en el que los niveles de radiación y las temperaturas bajaron sensiblemente, para luego, a partir del día 13 de febrero, empezar a subir de manera progresiva. En este período hubo una temperatura media de 21,69 °C, entre la mínima de 10,42 °C durante las primeras horas del día 13, y la máxima de 32,96 °C el último día de la serie.

Conforme a lo establecido en la Norma 11603 (2011), se observaron amplitudes térmicas superiores a los 14 °C. Si bien las amplitudes internas son menores (de unos 8 °C y 10 °C para invierno y verano respectivamente), dando cuenta de la acumulación térmica en la masa de la envolvente, no se observa el retardo térmico que podría esperarse de una construcción con estas características, una vivienda con muros de adobe y torta de barro.

Tampoco se observa el retardo térmico esperado; por el contrario, la evolución de las curvas internas se corresponde mucho con las observadas en el exterior. Se observa aquí un comportamiento similar al que puede advertirse analizando el caso en régimen estacionario y cuasiestacionario: una envolvente que no resulta lo suficientemente aislada como la situación de gran exposición que esta vivienda exige para alcanzar las condiciones de confort.

Para la simulación de la vivienda en SIMEDIFV2.0 se realizó una zonificación del edificio, definiendo los locales o isotermas observados en la figura 3, junto a los ángulos azimutales correspondientes a cada uno de los frentes conforme a la implantación de la vivienda en el terreno. Los tres locales establecidos son la cocina-comedor (con un volumen de aire de $111,08 \text{ m}^3$), el baño ($6,84 \text{ m}^3$), y el dormitorio ($51,30 \text{ m}^3$). Respecto a los elementos de la vivienda, se los sistematizó conforme a los parámetros edilicios de SIMEDIF. Se incorporaron las dimensiones de cada uno, los ángulos azimutales, los coeficientes convectivo-radiativos (h), aplicando la ley de Hellman según las velocidades de viento del período monitoreado, las áreas asoleadas, y en el caso de los elementos macizos, sus coeficientes conductivos y valores de densidad y calor específico, más muchos otros parámetros que el software requiere. Se incorporó además un archivo de clima generado a partir de los datos de radiación, temperatura y humedad relativa del aire obtenido.

La figura 5 muestra la simulación de la cocina comedor y del dormitorio durante el período de invierno, mientras que la figura 6 lo hace con ambos locales, pero para la situación de verano. Se observa un comportamiento muy similar entre los ambientes monitoreados respecto a las curvas logradas con el programa de simulación térmica, validándose el modelo geométrico para futuras propuestas de mejoramiento térmico-energético. Para ambos casos, se buscará que las curvas simuladas se mantengan dentro del rango de confort propio de cada período.

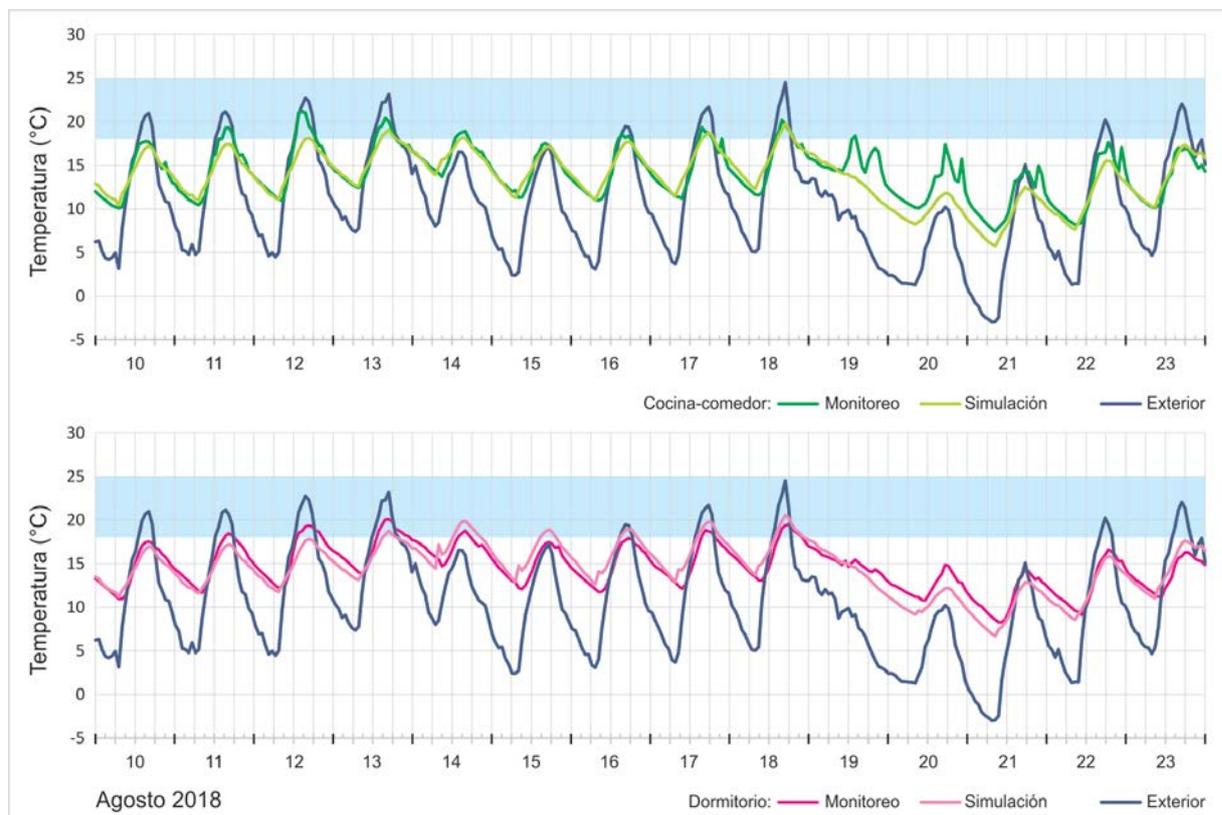


Figura 5. Evolución temporal de temperaturas medidas y simuladas de la cocina-comedor (imagen superior), y del dormitorio (imagen inferior), junto a las exteriores para el período de invierno

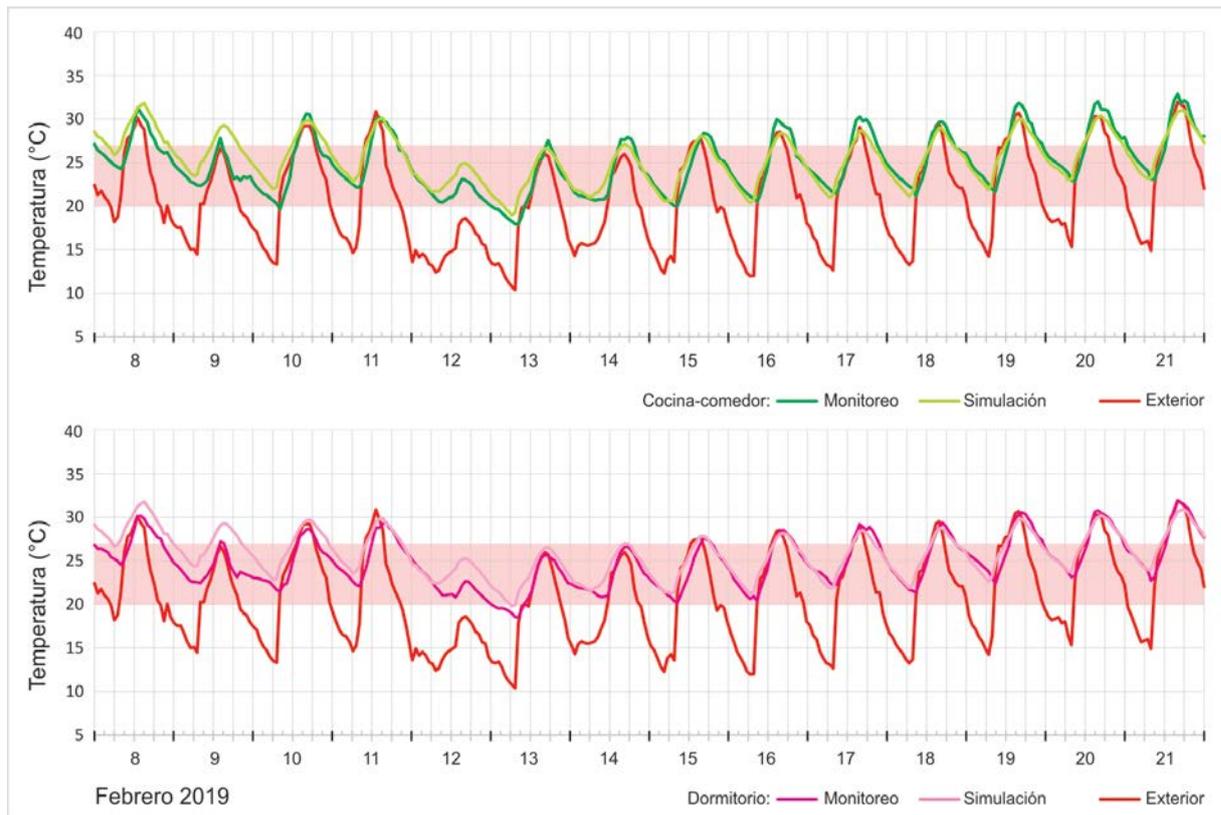


Figura 6. Evolución temporal de temperaturas medidas y simuladas de la cocina-comedor (imagen superior), y del dormitorio (imagen inferior), junto a las exteriores para el período de verano.

5 CONSIDERACIONES FINALES

La “Casa Mamani” fue analizada para conocer su comportamiento en régimen estacionario, utilizando el paquete normativo de IRAM 11600; según el modelo cuasi estacionario de IRAM 11900, para el que se recurrió al aplicativo web “Etiquetado de Viviendas”; y según las condiciones dinámicas durante dos períodos medidos (invierno y verano). Los resultados muestran que la vivienda no cumple con los estándares mínimos respecto a la calidad térmico-energética. A los valores de cálculo que superan los valores admisibles de IRAM 11600, lo que impide la verificación de las normas, le sigue un desempeño muy magro respecto al Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), lo que da un valor en la etiqueta muy por debajo de los 270 KWh/m²año del nivel G. Respecto a esto, se entiende que en el aplicativo “las estrategias pasivas no influyen sustancialmente de manera numérica en el IPE” (Fernández et al., 2020), el cual determina el valor de la etiqueta, por lo que se entiende que el valor resultante esté tan por debajo de la mínima en la escala. Finalmente, los espacios interiores analizados no alcanzan las condiciones térmicas de confort en invierno debido a la poca ganancia de radiación solar como estrategia para la calefacción pasiva, y a la insuficiente aislación térmica de la envolvente. Si bien resultan apropiadas las tecnologías constructivas incorporadas, considerando las tradiciones e identidades constructivas en este territorio, se considera que aumentando la masa térmica e incorporando aislaciones de tipo resistivas, el desempeño térmico-energético podría mejorar sustancialmente. En verano, las temperaturas interiores estuvieron en gran medida dentro del rango de confort, pero muy vinculadas a las máximas exteriores; se observa la necesidad no solo de lograr menores amplitudes térmicas, sino también que las temperaturas medias internas y externas sean las que se correspondan. Hasta aquí, se logró validar el caso con el modelo geométrico generado en el programa SIMEDIF, por lo que en futuras publicaciones se podrá evaluar el comportamiento de la vivienda incorporando propuestas para su rehabilitación térmico-energética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CincoDías. (2021, May 18). La Agencia Internacional de la Energía pide que se dejen de explorar nuevos yacimientos de petróleo y gas. El País Economía. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/05/18/companias/1621323424_264049.html
- Fernández, A.; Garzón, B.; Elsinger, D. (2020). Incidencias de las estrategias pasivas de diseño arquitectónico en la etiqueta de eficiencia energética en Argentina. *Habitat Sustentable*, 10(1), 56–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.05>
- Flores Larsen, S. (2019). SIMEDIF. Manual de usuario. INENCO - UNSa. 67p.
- IPCC (2021). Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
- IRAM 11549 (2002). Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 28 p.
- IRAM 11601 (2002). Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 52p.
- IRAM 11603 (2011). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 43p.
- IRAM 11604 (2004). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 36p.
- IRAM 11605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 27p.
- IRAM 11625 (2000). Aislamiento térmico de edificios. Aislamiento térmico de edificios Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techo (p. 40). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- IRAM 11630 (2000). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general (p. 44). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- IRAM 11659 (2007). Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 52p.
- IRAM 11900 (2019). Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 92p.
- Ministerio de Economía y Secretaría de Energía de la Nación. (2021a). Calificación y etiquetado de carpintería de obra. <https://etiquetadoventanas.energia.gob.ar/>
- Ministerio de Economía y Secretaría de Energía de la Nación. (2021b). Etiquetado de Viviendas. <https://etiquetadoviviendas.energia.gob.ar/>
- Moscoso-Cordero, M. S. (2016). El adobe, sus características y el confort térmico. Congreso Internacional online Filosofía de la Sustentabilidad de Vivienda Tradicional “Transformando comunidades hacia el desarrollo local”, 1, p. 71–75. <https://www.eumed.net/libros-gratis/actas/2016/filosofia/El-adobe-Moscoso.pdf>
- Ortega, M.; Garzón, B. (2019). Adecuación tecnológica y cultural del Programa de Mejoramiento de Viviendas en el Valle Calchaquí, Argentina. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. Memorias... San Salvador, El Salvador: FUNDASAL /PROTERRA. p. 693–701.
- Secretaría de Vivienda de la Nación (2019). Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. 154p.

AUTORES

Matías Ortega, arquitecto, especialista en Arquitectura Sustentable y becario doctoral CONICET; docente auxiliar en la FAU UNT (PPA "Desarrollo, evaluación y transferencia de estrategias y disposiciones arquitectónicas y tecnológicas no convencionales con uso racional y renovable de la energía para la sustentabilidad y salubridad del hábitat"; cátedra de Cultura y Producción Arquitectónica; cátedra Instalaciones 2 y Acondicionamiento Ambiental 2). Miembro de PROTIERRA, APT.

Beatriz Garzón, arquitecta y doctora en Ciencias, Área Energías Renovables; especialista en Gerencia y Vinculación Tecnológica; investigadora independiente CONICET; profesora Adjunta Cátedra de Acondicionamiento Ambiental II, FAU, UNT; autora y responsable de la PPA. Miembro de PROTERRA, ICOMOS, APT, AMBTENC, ASADES; autora y coautora de numerosos proyectos, conferencias, publicaciones e instancias de formación y capacitación para el Hábitat y el Desarrollo Sustentable.