

► **Evaluación del comportamiento térmico de vivienda unifamiliar construida con tierra en Vaqueros, La Caldera (Salta, Argentina).**

Evaluation of the thermal behaviour of a single-family house built with raw earth in vaqueros, la caldera.

Sol Araceli Ramírez¹, Camila Escudero^{1,2}, Camila Gea Salim^{1,2}

Artículos científicos

Citar: Ramírez, S. et al. (2025). Evaluación del comportamiento térmico de vivienda unifamiliar construida con tierra en Vaqueros, La Caldera. *Teks del Sud*, 6, pp. 51-66

Resumen

A través de este estudio se evalúa el comportamiento térmico de una vivienda unifamiliar construida en tierra, con la técnica de la quincha en el municipio de Vaqueros, Salta. El mismo se realizó mediante un monitoreo continuo de temperatura y humedad relativa interior y exterior durante un año completo a intervalos de quince minutos. Se complementa el monitoreo con un análisis basado en el estándar ASHRAE 55 de confort adaptativo. Los resultados indican un desempeño estacional marcado: durante la primavera y el verano, la vivienda permaneció dentro del rango de confort térmico más del 75 % del tiempo, mientras que en invierno, menos del 25 % de las horas cumplieron con estos criterios, lo que evidencia la necesidad de estrategias de calefacción complementarias. Además, se observó una significativa regulación de la humedad relativa interior por parte de los muros de quincha, manteniendo valores interiores consistentemente más bajos que los exteriores, especialmente durante el verano. El estudio concluye que el sistema constructivo es efectivo para las estaciones cálidas de la región y que requiere mejoras para optimizar el confort invernal. Estos resultados proporcionan una base valiosa para trabajos futuros orientados a simulación térmica computacional calibrada con datos medidos y propuestas de rehabilitación energética adaptadas al noroeste argentino.

Palabras clave: análisis higrotérmico, quincha, rehabilitación energética, confort adaptativo.

¹ Universidad Nacional de Salta. Avda. Bolivia 5150, A4400FVY Salta, Argentina. e-mail: solramirez2327@gmail.com

² INENCO – (UNSa – CONICET) – Universidad Nacional de Salta. Avda. Bolivia 5150, A4400FVY. Salta, Argentina.

Abstract

This study evaluates the thermal behaviour of a single-family dwelling built with quincha in Vaqueros, Salta, through continuous monitoring of indoor and outdoor temperature and relative humidity over a full year. The analysis was based on the ASHRAE 55 standard for adaptive comfort. The results indicate marked seasonal performance: during spring and summer, the dwelling remained within the thermal comfort range more than 75 % of the time, while in winter, less than 25 % of the hours met these criteria, highlighting the need for complementary heating strategies. In addition, significant regulation of indoor humidity was observed by the quincha walls, maintaining indoor values consistently lower than outdoor values, especially during the summer. The study concludes that quincha is an effective construction system for the warmer seasons of the region and it requires improvements to optimize winter comfort. These results provide a valuable basis for future simulations and energy rehabilitation proposals adapted to north-western Argentina.

Keywords: hygrothermal analysis, quincha, energy rehabilitation, adaptive comfort.

Introducción

El sector de la construcción y operación de edificios constituye un factor determinante en la crisis climática global. A nivel mundial, fue responsable del 34 % de las emisiones de CO₂ y del 32 % de la demanda de electricidad durante 2023, lo cual evidencia su impacto directo en el consumo de recursos y el calentamiento global (United Nations Environment Programme, 2025). En Argentina, el sector residencial es el causante del 13 % del total de emisiones de CO₂, lo que señala la importancia de implementar mejoras en las construcciones ya existentes y futuras (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

La necesidad de acción es particularmente crítica en regiones de alta vulnerabilidad climática, como lo es el Noroeste Argentino (NOA). El Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático (PNAyMC), desarrollado por el gobierno nacional a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, indica que esta zona se encuentra expuesta a un aumento de olas de calor, incendios, precipitaciones extremas y sequías. El mismo informe destaca una alta vulnerabilidad en el diseño de la infraestructura y las viviendas locales, originada en el desconocimiento y la falta de aplicación de normativas referidas al cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023). Este escenario se ve agravado por un contexto de creciente pobreza energética, definida como la imposibilidad de un hogar a hacer frente a los requerimientos

energéticos necesarios para su funcionamiento (Durán & Condorí, 2019). Esta situación demanda con urgencia estrategias que mejoren la resiliencia de las viviendas y reduzcan su dependencia de sistemas de climatización.

Frente a este panorama, la rehabilitación energética y la adopción de técnicas constructivas de bajo impacto ambiental emergen como soluciones posibles. Aplicarlas en edificios representa una estrategia de eficiencia energética que contempla de manera integral factores ambientales, patrones de comportamiento de los residentes y los niveles de confort, pudiendo reducir el consumo de energía existente en un 60 % o más (Lantschner, 2020). La construcción con tierra, y en particular la técnica de la quincha, ofrece una alternativa con un alto potencial. Este sistema constructivo, basado en una estructura de madera que se rellena con barro y fibras vegetales, se caracteriza por sus propiedades aislantes desde el punto de vista térmico y su capacidad para regular naturalmente la humedad interior (Minke, 2008). Estas propiedades intrínsecas permiten amortiguar las fluctuaciones de la temperatura exterior y mantener condiciones de confort con un consumo energético reducido, posicionando a la quincha como una estrategia bioclimática de gran interés (Wieser et al., 2020) considering the different climates of the Peruvian territory and comparing it with the most common construction systems in the environment: adobe and brick masonry. As of the previous characterization of the components' thermal qualities, the carrying out of dynamic thermal simulations and comparing the performance of different digital prototypes, the virtues of cob to provide thermal comfort in buildings were identified. The good performance of the material is attributed to the marked balance between a medium thermal mass and a relatively low thermal conductivity. It is the only one that meets the requirements of the current Peruvian energy efficiency standard in the case of colder climates. Additionally, the ecological advantages associated to the use of natural, renewable and biodegradable materials in the composition of the proposed construction system are highlighted.”, “container-title”.”Revista de Arquitectura (Bogotá.

La validación científica de estas propiedades se realiza habitualmente mediante el monitoreo higrotérmico, una herramienta que también es necesaria para la rehabilitación energética de edificios (Franck et al., 2024; Gea Salim et al., 2022). En Argentina, se utilizaron monitoreos higrotérmicos para viviendas de tierra, en el 2010 se estudiaron las propiedades de la quincha (Cuitiño et al., 2010), donde se concluyó que es una opción eficiente y de alto potencial para la construcción en Argentina, particularmente en Mendoza. Estos hallazgos fueron explorados con mayor profundidad en estudios posteriores que analizaron variables específicas, como la evaluación del efecto de aumentar la masa de la envolvente (Giovino & Dellicompagni, 2023) the thermal behavior of a house constructed using quincha technology, located in the high mountain Andean region (Potrerillos y el análisis del comportamiento térmico integral de una vivienda (Giovino & Larsen, 2024).

Si bien estos trabajos valoran de forma positiva el uso de la quincha en climas semiáridos, existe una brecha de conocimiento sobre su comportamiento en condiciones subtropicales con estación seca, propias del NOA. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es describir y analizar el comportamiento higrotérmico estacional de una vivienda de quincha ubicada en la provincia de Salta, utilizando el estándar ASHRAE 55 de confort adaptativo. Mediante el monitoreo de sus condiciones interiores, sería posible evaluar de forma precisa el confort en condiciones climáticas reales y variables, proporcionando así datos útiles para diseñar estrategias de rehabilitación energética efectivas y contextualizadas en la región del NOA en general y en Salta en particular.

Metodología

Caracterización de la región

La Norma IRAM 11603 establece un marco de referencia que responde a las condiciones del sitio a través del diseño y la construcción que se adaptan al clima, la topografía y el bioma del lugar (Ministerio de Interior, obras públicas y vivienda, 2019). Argentina está dividida en seis regiones y en la provincia de Salta conviven todas las zonas. La localidad de Vaqueros, departamento La Caldera, se encuentra en la zona bioambiental IIIa, que se caracteriza por veranos calurosos e inviernos no muy fríos (Ente Nacional Regulador del Gas, 2021) (Figura 1).

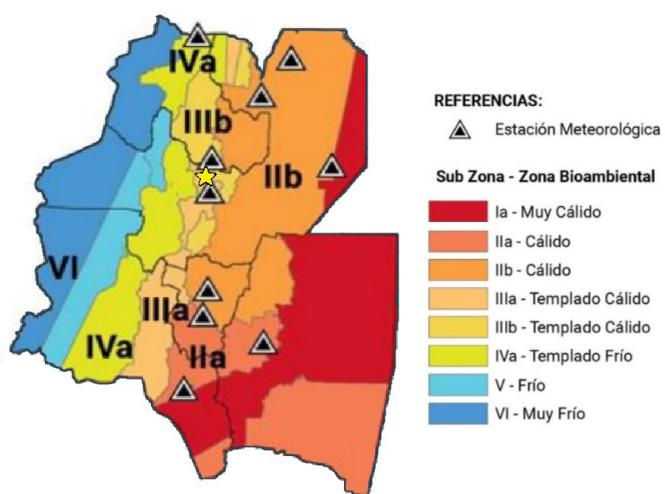


Figura 1:
Zonas bioambientales que conviven en la provincia de Salta y NOA. La estrella amarilla indica la ubicación del municipio de Vaqueros.
Fuente: Ente Nacional Regulador del Gas.

La región donde se ubica Vaqueros es el Valle de Lerma, valle intermontano, que se localiza entre las Sierras Subandinas y la Cordillera Oriental; se encuentra en el centro de la Provincia de Salta. El clima de esta zona es categorizado como subtropical con estación seca. La temperatura media ronda los 18 °C, presentando veranos cálidos y húmedos con precipitaciones concentradas e inviernos secos y templados. Las precipitaciones en el Valle de Lerma suelen ser altas en la zona norte (1000 mm) con disminución en la zona sur (600 mm). La estación meteorológica, ubicada en el Aeropuerto Martín Miguel de Güemes, 10 km al suroeste del centro de la ciudad de Salta registra 738,3 mm como promedio histórico (Servicio Meteorológico Nacional, 2025).

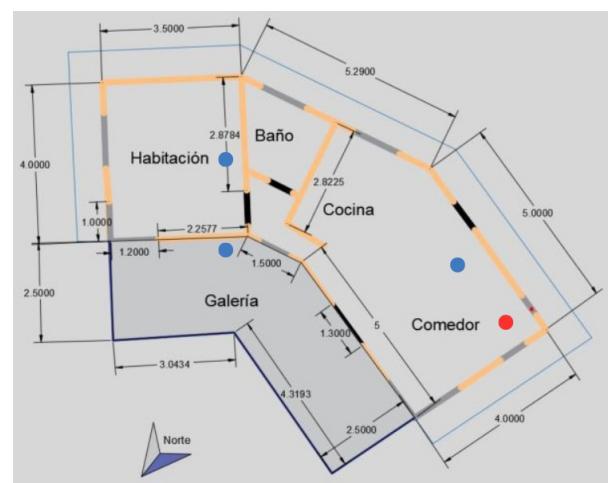
Existen diversas fuentes de datos de radiación solar a nivel mundial. Según el Atlas de Energía Solar de la República Argentina elaborado por Grossi y Gallegos (2007), Vaqueros puede llegar a recibir una Irradiación Global Diaria promedio de 3 kWh/m² durante los meses fríos (mayo a agosto). Durante los meses cálidos (octubre a febrero) esta cifra aumenta a 5 kWh/m².

Descripción de la vivienda y del monitoreo higrotérmico

La vivienda estudiada es unifamiliar y fue construida en el año 2023. Cuenta con un estar-cocina-comedor, baño y dormitorio con un total de 42 m² cubiertos. La orientación es hacia el Norte, es decir, la mayoría de sus aberturas se ubican en esta dirección.

Los muros fueron realizados con la técnica constructiva de la quincha, con un espesor de 0,20 m. Están compuestos por paneles autoportantes constituidos por un entramado de madera y un doble emparrillado. Se conforman por 3 capas: la primera de tierra, paja y arena, (una parte de tierra, dos de arena y una y media de paja) hasta cubrir el panel autoportante; la segunda capa presenta un 15 % de cal; la última capa, el fino, se compone de dos partes de arena zarandeada y una de cal hidratada (1 de cal y 1 de agua).

Figura 2:
a) Frente de la vivienda. Orientación norte. b)
Croquis de la vivienda. En círculos azules: ubicación de los sensores. El círculo rojo indica la ubicación de la estufa. Fuente:
elaboración propia.



El techo apoya en los muros perimetrales de la vivienda y fue realizada con tirantes de eucaliptus, cielorraso de machimbre, aislación térmica y cubierta de chapa. La carpintería fue encargada a medida, es de madera con vidrio simple repartido. En la figura 2a se muestra el frente de la vivienda desde la orientación norte.

Para el monitoreo se instalaron dos sensores de temperatura y humedad en el interior de la vivienda, uno en el estar-comedor y otro en el dormitorio. Además, se colocó un sensor exterior, para conocer las condiciones climáticas. El mismo fue instalado al resguardo de la lluvia y la radiación solar. Los sensores se ubicaron a una altura promedio de una persona, lejos de posibles fuentes de calor, con el fin de obtener registros acordes a la sensación térmica de la usuaria. El sensor ubicado en el estar-comedor también fue resguardado de la radiación solar proveniente de las ventanas con dirección norte (Figura 2b). Se cuenta con una fuente de calor que funciona a garrafa que entrega 3600 Kcal/h cuando se encuentra al máximo.

El monitoreo inició el 20 de mayo de 2024 y finalizó el 22 de junio de 2025. La programación para el registro y almacenamiento de datos fue cada 15 minutos, obteniéndose un total de 38.208 (treinta y ocho mil doscientos ocho) mediciones para cada zona. En el interior se utilizaron adquisidores de datos HOBO (modelos U12-12) de temperatura (precisión: $\pm 0,35$ °C; resolución: 0,03 °C a 25 °C) y humedad ($\pm 2,5$ %; 0,03 %). Para el exterior se utilizó un adquisidor de datos HOBO MX2302A de temperatura (precisión $\pm 0,25$ °C; resolución 0,02 °C) y humedad (precisión $\pm 2,5$ % de 10 % a 90 % y ± 5 % por debajo de 10 % y por encima de 90 %; resolución 0,01 %). Los sensores fueron calibrados en el rango de temperaturas a mapear, con calibración de antigüedad menor a 1 año y un error de calibración menor a $\pm 0,5$ °C.

La radiación solar sobre superficie horizontal en el periodo se obtuvo de la estación meteorológica Davis Vantage Pro ubicada en el predio del INENCO (Universidad Nacional de Salta-CONICET), la cual se encuentra a 5 km de distancia de la vivienda.

Análisis de los datos recolectados

Para cada estación del año, se analizaron las temperaturas interiores de cada zona en comparación a la temperatura exterior. Las condiciones de confort térmico se evaluaron aplicando la Norma ASHRAE 55, empleando el modelo de confort adaptativo. Este modelo se puede aplicar a edificios que no poseen sistemas activos de climatización y está basado en la temperatura media mensual exterior T_m que se calcula como el promedio móvil simple de las treinta temperaturas promedio diarias exteriores anteriores. Resulta importante destacar que, si T_m no está dentro del dominio especificado de 10,0 °C a 33,5 °C, el modelo no se puede aplicar. Además, define dos regiones de confort: 80 % y 90 % de aceptabilidad. Al optar por una aceptabilidad del 80 % el rango de temperatura operativa (°C) está dado por la Ec. 1:

$$(1) \quad T_o = 0,31 * T_m + 17,8 \pm 3,5$$

$$(2) \quad T_m = \frac{T_{od-1} + T_{od-2} + \dots + T_{od-n}}{n}$$

T_m se calcula mediante la Ec. 2:

Donde:

T_{od-i} = promedio de temperatura diaria del i-ésimo día previo.

Se realizaron análisis de temperatura y humedad relativa (HR) por estación tanto del interior como del exterior. Se tomaron los registros de cada hora teniendo un total de 24 datos por día durante la estación iniciando los 21 del mes correspondiente y terminando el día 20. También se analizó una semana fría durante el invierno y una semana calurosa durante el verano.

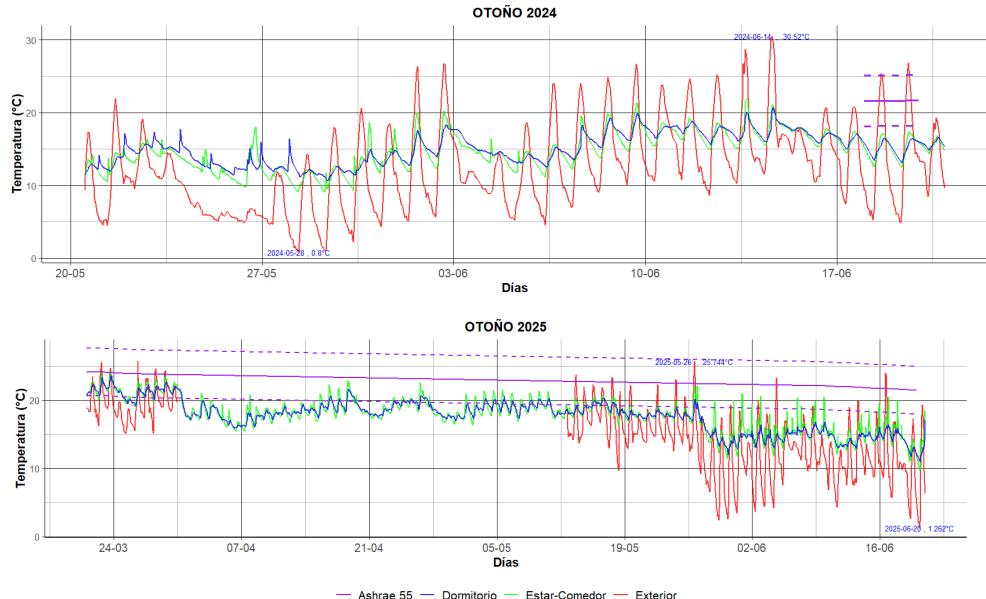
Resultados

El análisis de los datos higrotérmicos recopilados se presenta de forma estacional, evaluando el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa (HR) en los espacios interiores (dormitorio y estar-comedor) en relación con las condiciones exteriores. La evaluación del confort térmico se realiza en base al modelo adaptativo del Estándar ASHRAE 55.

Comportamiento térmico en otoño

El periodo de monitoreo del otoño abarcó los meses de mayo-junio de 2024 y marzo-mayo de 2025. Como se observa en la Figura 3, se registró una interrupción en la recolección de datos en el exterior durante abril y parte de mayo de 2025. Durante el periodo analizado, la temperatura exterior alcanzó una máxima de 30,5 °C y una mínima de 0,8 °C. A pesar de esta variabilidad externa, las temperaturas interiores en el dormitorio y el estar-comedor mostraron un comportamiento similar entre sí, manteniéndose en su mayoría por encima de los 10 °C en 2024 y superando los 15 °C durante gran parte del otoño de 2025.

Figura 3:
 Temperatura interior y exterior medida durante mayo y junio del 2024 y marzo, abril y mayo del 2025. Zona de confort adaptativo delimitada por líneas punteadas.



En cuanto a la humedad relativa interior se mantuvo predominantemente en un rango del 60 % al 80 % en ambos años (Figura 4).

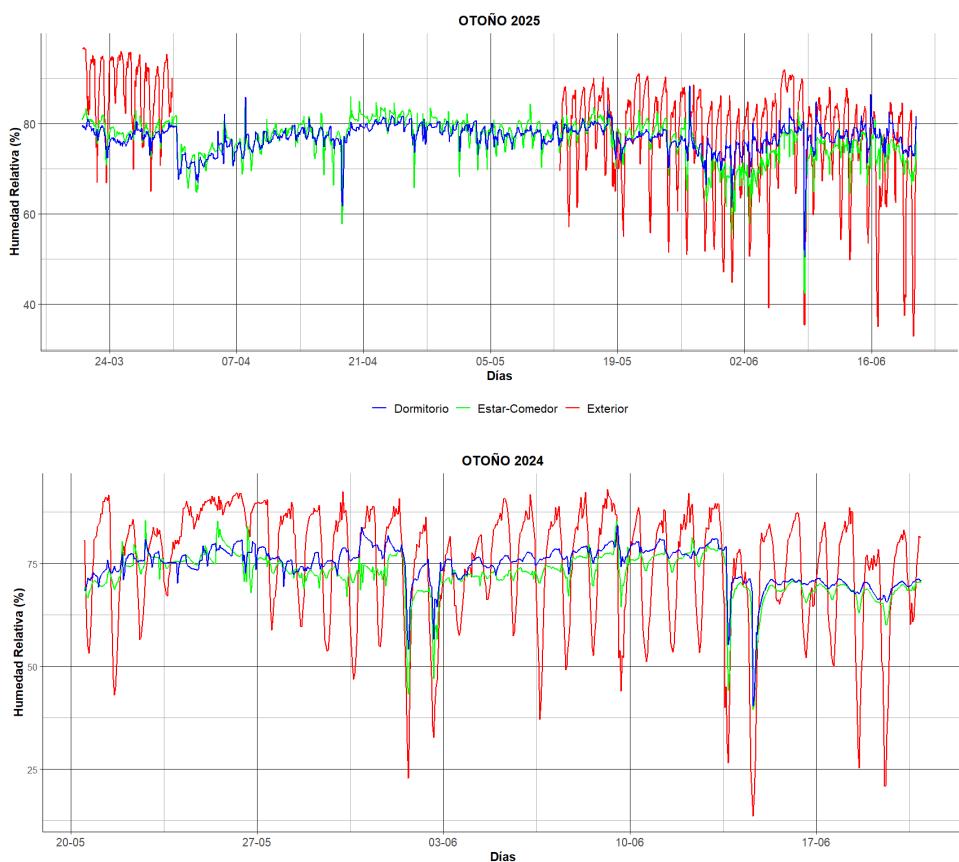


Figura 4:
 Humedad relativa interior y exterior medida durante el otoño del mes de mayo y parte de junio de 2024 y para el mes de marzo, abril, mayo y junio 2025.

Comportamiento térmico en invierno

En el invierno, las temperaturas exteriores registraron una mínima de $-2,1^{\circ}\text{C}$ (14 de julio) y una máxima de $33,9^{\circ}\text{C}$ (19 de septiembre), con temperaturas medias mensuales de $13,2^{\circ}\text{C}$ (junio), $9,9^{\circ}\text{C}$ (julio), $12,5^{\circ}\text{C}$ (agosto) y $18,1^{\circ}\text{C}$ (septiembre). El rango de confort adaptativo ASHRAE-55 para esta estación osciló entre $20,9^{\circ}\text{C}$ y $22,5^{\circ}\text{C}$ ($T_{o,\text{óptima}} \pm 3,5^{\circ}\text{C}$, para un 80 % de aceptabilidad). En la figura 5, las temperaturas interiores de la vivienda se mantuvieron fuera de esta zona de confort durante la mayor parte del tiempo.

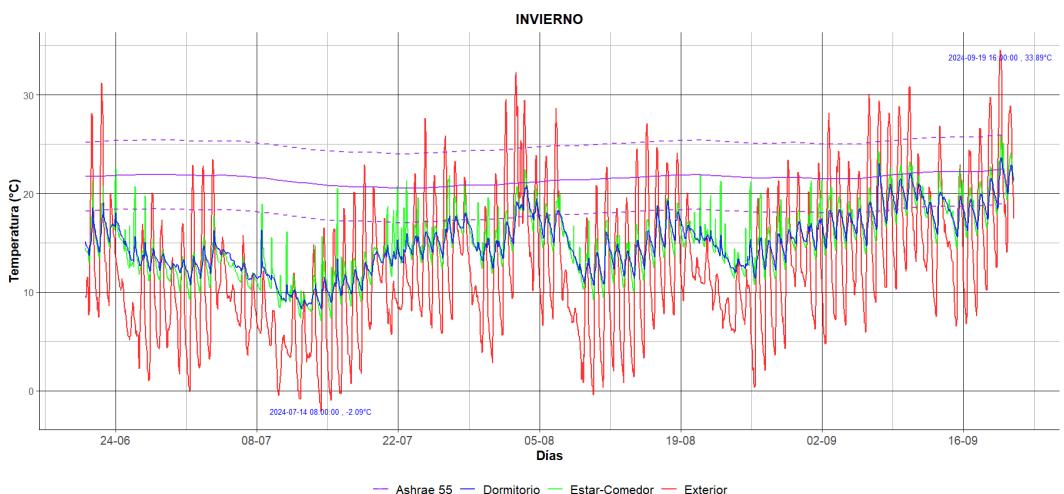
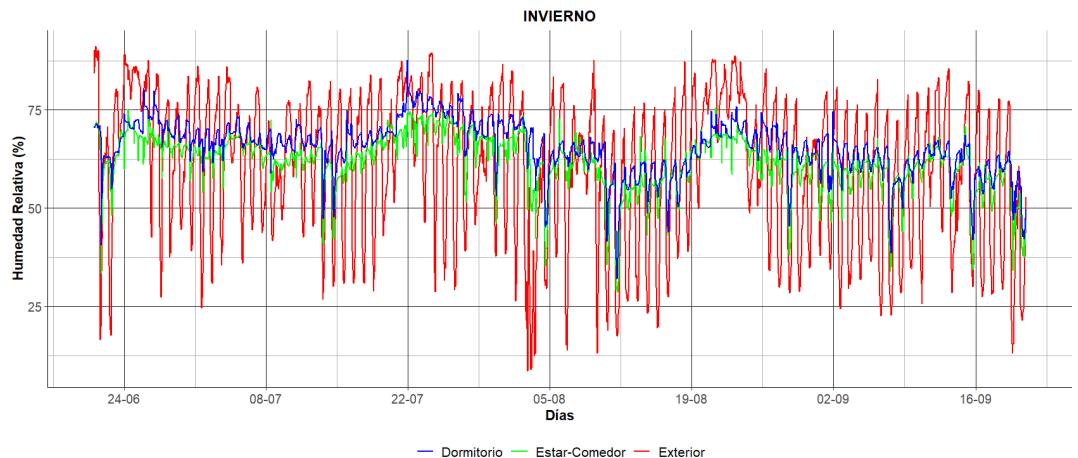


Figura 5:
Temperatura interior y exterior para el periodo del 21 de junio al 20 de septiembre. Zona de confort adaptativo delimitada por línea punteada.

Si bien la temperatura en ambas zonas superó los 10°C , en el dormitorio permaneció por debajo de los 20°C durante 1982 de las 2208 horas monitoreadas (aproximadamente el 90 % del tiempo). Un comportamiento similar se registró en el estar-comedor. Se obtuvieron 118 y 183 horas para el dormitorio y el estar respectivamente, donde la temperatura superó los 20°C . La HR interior durante este periodo se ubicó principalmente entre el 50 % y el 80 %, con 24 días menores del 50 %. En el exterior se registraron 17 picos con valores inferiores al 25 % (Figura 6).

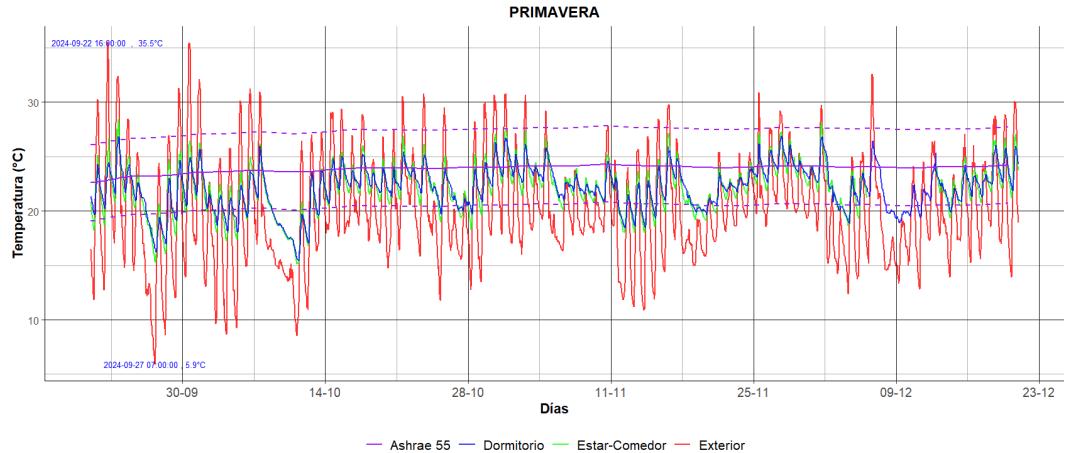
Figura 6:
 Humedad relativa interior y exterior medida durante el periodo del 21 de junio al 20 de septiembre.



Comportamiento térmico en primavera

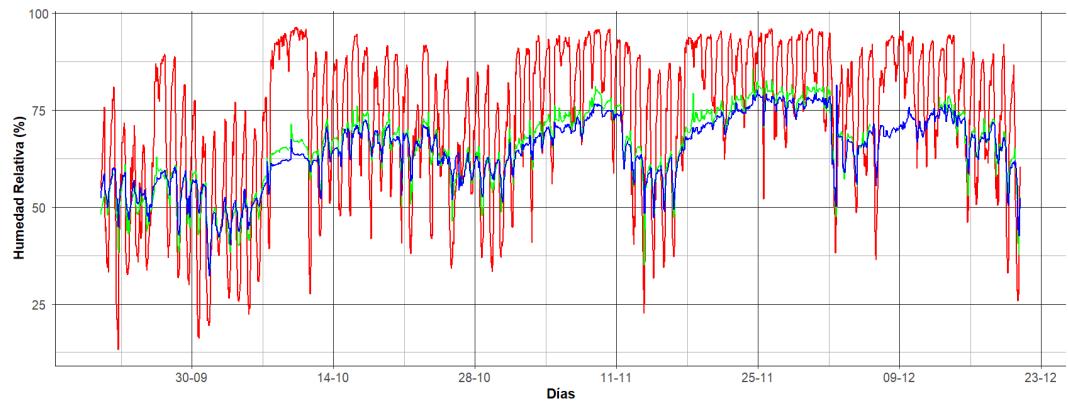
Durante la primavera, en el exterior se registraron 18 días con temperaturas superiores a 30 °C, alcanzando un máximo de 35,5 °C el 22 de septiembre, se registraron solo 6 días temperaturas menores a 10 °C. El rango de confort adaptativo ASHRAE-55 calculado fue de 22,6 °C a 24,3 °C ($T_{o_{\text{óptima}}}$) $\pm 3,5$ °C. La figura 7 muestra que las temperaturas interiores de ambas zonas se mantuvieron dentro de los límites de confort a lo largo de la estación.

Figura 7:
 Temperatura interior y exterior para el periodo del 21 de diciembre al 20 de marzo. Zona de confort adaptativo delimitada por línea punteada.



En el curso de 10 días en el mes de diciembre no se midieron datos por falta de batería del sensor ubicado en el estar-comedor. La HR interior mostró una tendencia creciente a lo largo del periodo definido, comenzando en un rango de 38 - 63 % en septiembre y estabilizándose mayormente entre 60 - 75 % hacia el final de la primavera (Figura 8).

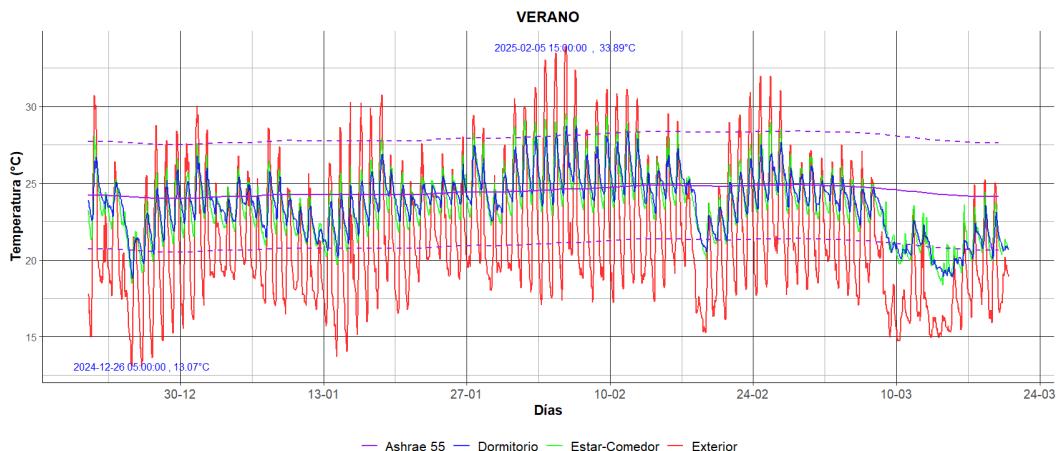
Figura 8:
 HR del exterior y de las distintas zonas del interior para el periodo del 21 de septiembre al 20 de diciembre.



Comportamiento térmico en verano

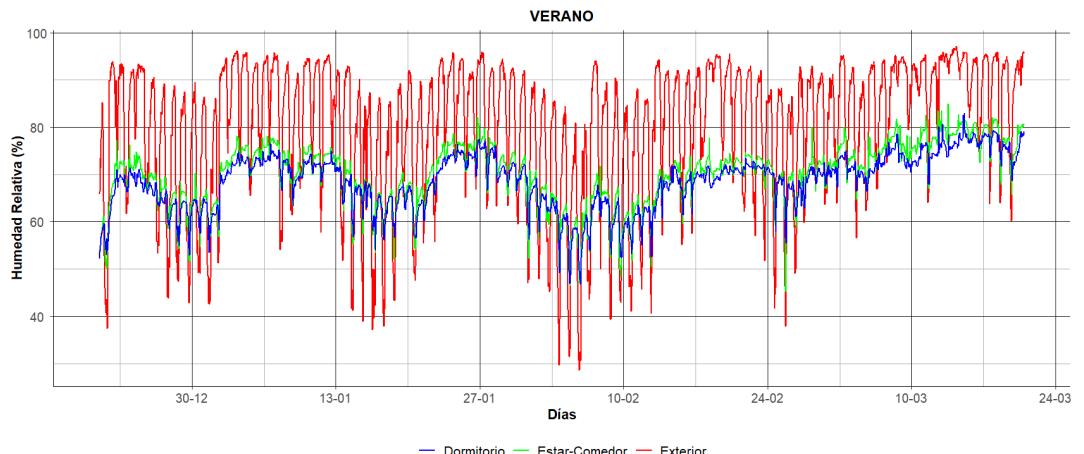
El verano fue la estación con el mayor porcentaje de horas en confort. La temperatura media diaria exterior osciló entre 15,6 °C y 25,0 °C, con 21 días en los que se superaron los 30 °C. El rango de confort adaptativo por Norma ASHRAE-55 se ubicó entre 24,0 °C y 24,8 °C $\pm 3,5$ °C (figura 9).

Figura 9:
 Temperatura interior y exterior para el periodo del 21 de diciembre al 20 de marzo. Zona de confort adaptativo delimitada por línea punteada.



Además, en la misma figura se observa que las temperaturas interiores se mantuvieron de manera consistente dentro de la zona de confort. En al menos 16 días la temperatura del dormitorio y del estar fueron menores a 20 °C. Respecto a la humedad relativa (Figura 10), los valores interiores oscilaron predominantemente entre el 50 % y el 80 %, con solo 6 días registrando valores por debajo del 40 %, demostrando una atenuación respecto a las condiciones exteriores.

Figura 10:
 HR del exterior y de las distintas zonas del interior para el periodo del 21 de diciembre al 20 de marzo.



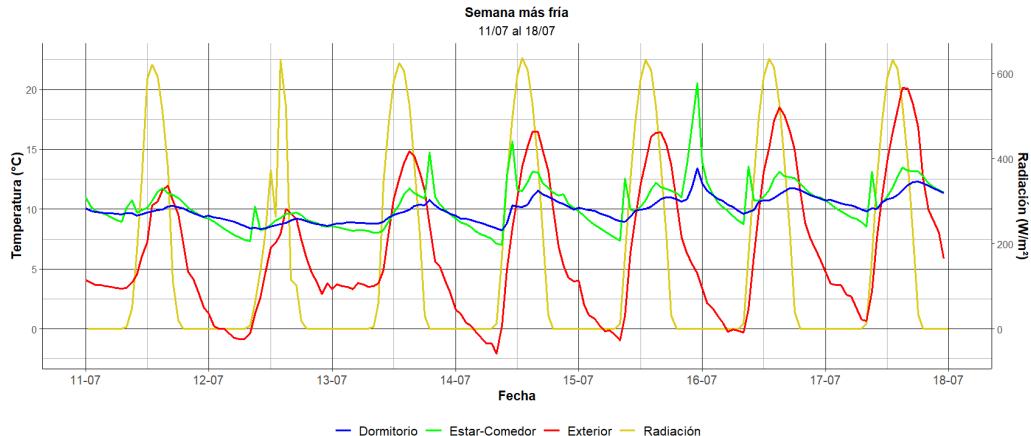
El análisis del porcentaje total de horas en confort por estación (tabla 1) confirma el marcado comportamiento estacional de la vivienda. Se observa un rendimiento térmico óptimo en primavera y, especialmente, en verano, estaciones en las que se superó el 70 % de horas en confort. Por el contrario, en invierno este porcentaje fue inferior al 25 %, aun incluyendo los momentos con uso de sistemas de calefacción por parte de la usuaria.

Tabla 1:
 Porcentaje de horas en confort térmico por estación en que cada zona del interior.

Estación	Confort Dormitorio (% de hs)	Confort en el estar-comedor (% de hs)
Invierno	15,1	19,6
Primavera	80,3	73,4
Verano	90,6	87,0
Otoño	39,7	41,1

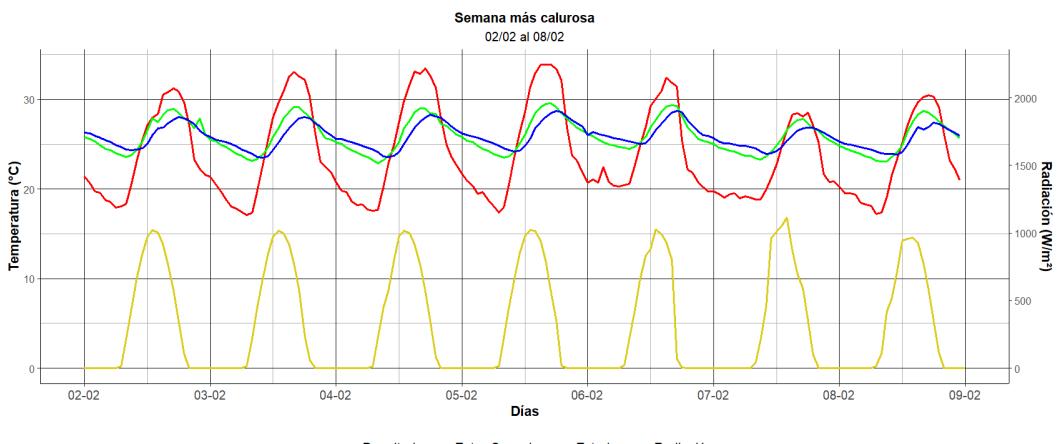
Para profundizar en estos resultados, se analizaron en detalle dos semanas representativas, una de invierno y otra de verano. Durante el periodo del 13 al 18 de julio, la semana de invierno (Figura 11), se observa una clara coincidencia entre los picos de radiación solar y los momentos de mayor temperatura exterior.

Figura 11:
 Datos horarios de radiación, temperatura interior y exterior durante el 11 al 18 de julio de 2024. Registro de temperatura más baja durante el monitoreo (-2.89°C) en el exterior el día 14 a las 8:00:00.



La temperatura del estar-comedor (curva verde) responde a estas ganancias solares, pero también presenta picos abruptos y pronunciados que indican el uso de calefacción. En contraste, la temperatura del dormitorio (curva azul) muestra un comportamiento más estable, alcanzando sus picos un poco después del máximo de radiación, lo que sugiere un efecto de inercia térmica. Durante la noche, el descenso de las temperaturas internas evidencia la ausencia de calefacción. En el momento más frío registrado, con una temperatura exterior de -2°C , el interior se mantuvo en 7°C en el estar-comedor y 8°C en el dormitorio, demostrando la capacidad de la envolvente para mantener un diferencial térmico mínimo de 9°C . Por su parte, el análisis de la semana del 2 al 9 de febrero observado en la figura 12, destaca la capacidad de amortiguamiento térmico de la vivienda. Al igual que en invierno, los picos de radiación coinciden con las temperaturas exteriores más altas. Durante este periodo, la temperatura exterior osciló 16.8°C (entre 17.11°C y 33.89°C), mientras que, en el interior, la oscilación fue de apenas 6.65°C (entre 22.89°C y 29.54°C).

Figura 12:
 Período del 2 al 9 de febrero de 2025. Datos de radiación, temperatura interior y exterior. Temperatura más alta registrada en verano (33.89°C) registrada el 5 de febrero a las 15:00:00.



Discusión

El análisis higrotérmico durante un año entero permitió tener una descripción detallada del desempeño en un clima subtropical con estación seca, permitiendo conocer su comportamiento a lo largo de un ciclo anual. Los resultados confirman que la vivienda presenta un comportamiento estacional marcadamente diferenciado.

Los resultados indican que más del 70 % de las horas se encuentran en la zona de confort adaptativo delimitada al aplicar Norma ASHRAE 55 durante la primavera y el verano. La descripción del otoño queda pendiente, por no contar con datos exteriores continuos. Finalmente, la principal debilidad identificada es el poco confort térmico durante el invierno, donde menos del 25 % de las horas se encontraron dentro del rango definido por la Norma mencionada. Este hallazgo es coherente con otros estudios realizados en Salta en diferentes tipologías edilicias, que también identifican al invierno como la estación crítica (C. Gea Salim et al., 2019; Gea Salim Camila et al., 2020). La discrepancia con los resultados favorables en invierno reportados para quincha en Mendoza (Cuitiño et al., 2010) —donde los muros eran de 0,075 m de espesor y sin revocar— subraya la influencia de las variaciones locales y constructivas, resaltando la necesidad de estudios regionales específicos.

En contraposición, el desempeño de la vivienda durante la primavera y, especialmente, el verano fue bueno, superando el 75 % de las horas en confort. Este comportamiento se atribuye directamente a la conductividad térmica de la quincha. El análisis de la semana de febrero muestra la capacidad del muro para amortiguar la onda de calor exterior, reduciendo una oscilación de 16.8 °C a solo 6.65 °C en el interior, evitando el sobrecalentamiento. Este comportamiento valida empíricamente las propiedades teóricas de la construcción con tierra (Minke, 2008) y demuestra el alto potencial de la quincha para mitigar los efectos de las olas de calor, un riesgo creciente en la región del NOA según el PNAyMC.

Otro hallazgo es el desempeño higroscópico de la envolvente. Se observó que la HR interior se mantuvo consistentemente más baja y estable que la exterior, destacándose en el verano, siendo la estación más húmeda. Esto sugiere que los muros de tierra actúan como un regulador pasivo de la humedad, absorbiendo vapor de agua del ambiente. Esta propiedad es fundamental para el confort en climas subtropicales, ya que temperaturas cálidas con alta humedad generan una mayor sensación de incomodidad. La quincha, por tanto, no solo regula la temperatura, sino que también contribuye a crear un microclima interior más saludable.

Finalmente, este trabajo, al ser un caso de estudio único, presenta limitaciones en cuanto a la generalización de sus resultados. El comportamiento térmico observado responde a las características específicas de esta vivienda. Sin embargo, la riqueza de los datos medidos

durante un año completo sienta una base empírica fundamental e inédita para la región. Los pasos futuros deben orientarse a la calibración de un modelo de simulación energética a partir de estos datos. Dicho modelo permitirá evaluar de manera virtual el impacto de posibles estrategias de mejora (ej. aumento del espesor de la envolvente, incorporación de doble vidriado, mejoras en la aislación del techo, etc.) para optimizar el desempeño en invierno sin comprometer los buenos resultados obtenidos en verano, promoviendo así un diseño adaptado y verdaderamente eficiente para el clima local.

Conclusiones

El objetivo de esta investigación fue obtener una primera evaluación del desempeño higrotérmico de una vivienda de quincha en Salta, basada en datos medidos en el lugar durante un año, y caracterizar el confort de los mismos a partir de la Norma ASHRAE 55 de confort adaptativo. El análisis higrotérmico permitió reconocer para esta vivienda que la primavera y el verano son los momentos del año de mayor tiempo en la zona de confort térmico. El invierno resultó ser la estación con mayor proporción de horas en el desconfort, con más del 75 % del tiempo fuera de la zona de confort. Además, se pudo reconocer la propiedad higroscópica que tienen las paredes de quincha al encontrar una gran amplitud entre la humedad relativa del interior y el exterior. Se deben ampliar los análisis para describir la humedad relativa. Al haber medido continuamente durante las estaciones de temperaturas extremas, el análisis es completo, aunque se podría complementar con la medición faltante de otoño.

Este estudio aporta al conocimiento del comportamiento térmico de la vivienda en las condiciones climáticas actuales. En futuros trabajos se pueden obtener sugerencias de mejoras en la vivienda con el fin de aumentar su porcentaje de horas de confort durante el invierno, reduciendo el uso de fuentes de calor. Esto será posible a través de la simulación y calibración del edificio mediante programas como EnergyPlus y OpenStudio, y con estos resultados conoceremos la efectividad de la calibración. Mejorar el diseño de las viviendas a partir de un análisis de datos medidos promueve soluciones habitacionales sostenibles, que contribuyen a las medidas de adaptación y mitigación del cambio climático de esta región.

Referencias

Cuitiño, M. G., Esteves, A., Maldonado, Graciela, & Rotondaro, Rodolfo. (2010). Análisis y reflexiones sobre el comportamiento higrotérmico de construcciones con quincha: Estudio del caso de un taller experimental en MENDOZA.

- Durán, R., & Condorí, M. (2019). Pobreza energética en la argentina urbana. Validación de un indicador basado en la línea del 10 % de los ingresos totales familiares. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 23, 69-80.
- Ente Nacional Regulador del Gas. (2021). Ampliación del Régimen de Zona Fría (p. 16). https://www.enargas.gob.ar/secciones/zona-fria/mapa_bioambiental.pdf
- Franck, L., Puig, S. E., & Bellot, R. J. (2024). Diagnóstico y propuesta higrotérmico para el acondicionamiento de arquitecturas preexistentes. Caso de estudio: El edificio de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UNL. *Arquitecno*, 24, 1-9. <https://doi.org/10.30972/arq.247998>
- Gea Salim, C. G., Hongn, M., Larsen, S. F., & González, S. (2022). EVALUACIÓN DEL MICROCLIMA INTERIOR DEL MUSEO CASA URIBURU. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 26, 11-22.
- Giovino, M. L., & Dellicompagni, P. R. (2023). Desempeño higrotérmico de una vivienda de quincha en alta montaña durante eventos climáticos y modificación de su envolvente. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 51, 47-56.
- Giovino, M. L., & Larsen, S. F. (2024). Desempeño térmico de una vivienda de arquitectura de tierra en la montaña andina. *PENSUM*, 10(12), Article 12. <https://doi.org/10.59047/2469.0724.v10.n12.41117>
- Lantschner, B. (2020). Una mirada a la rehabilitación energética profunda. Comisión Nacional de Energía Atómica. Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable. Hojitas de conocimiento, 1(Energía).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023, abril 24). Plan Nacional de Adap-tación y Mitigación al Cambio Climático. RESOL-2023-146-APN-MAD.
- Ministerio de Interior, obras públicas y vivienda. (2019). Manual de vivienda sustenta-ble (1.a ed.).
- Minke, G. (2008). Manual para la construcción en Tierra (4.a ed.). Fin de siglo. https://dr.capsf.ar/wp-content/uploads/sites/3/2021/10/Manual_de_construccion_en_tie-rra_-Gernot_Minke_-1.pdf
- Servicio Meteorológico Nacional. (2025, septiembre 10). Servicio Meteorológico Nacio-nal. <https://www.smn.gob.ar/>
- United Nations Environment Programme. (2025). Not just another brick in the wall: The solutions exist - Scaling them will build on progress and cut emissions fast. Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025. United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/47214>
- Wieser, M., Onnis, S., & Meli, G. (2020). Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada: Posibilidades de aplicación en el territorio peruano. *Revista de Arquitectura* (Bogotá), 22(1), Article 1. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2633>