

PERCEPCIÓN TÉRMICA DE USUARIOS EN LA VIVIENDA VERNÁCULA DE LA COMUNIDAD URO DEL LAGO TITICACA EN PERÚ

Recibido 27/04/2023
Aceptado 06/06/2024

THERMAL PERCEPTION OF USERS IN THE VERNACULAR HOUSING OF THE URO COMMUNITY OF LAKE TITICACA IN PERU

PERCEPÇÃO TÉRMICA DOS USUÁRIOS NA HABITAÇÃO VERNACULAR DA COMUNIDADE URO DO LAGO TITICACA, NO PERU

Diana Karen Pari-Quispe

Magíster en Arquitectura y Urbanismo
Docente e investigadora Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-1580-2968>
diana.pari@unap.edu.pe (Autora de Correspondencia)

Joára Cronemberger-Ribeiro Silva

Doctora Arquitectura y Construcción
Docente y Vice-coordinadora del Laboratorio de Control Ambiental y Eficiencia Energética (LACAM),
Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidade de Brasília, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-8649-451X>
joaracronemberger@unb.br

Samuel Huaquisto-Cáceres

Doctor Ciencia Tecnología y Medio Ambiente
Docente e Investigador RENACYT, Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-9294-6359>
shuaquisto@unap.edu.pe

Hugo Anselmo Ccama-Condori

Doctor Ciencia Tecnología y Medio Ambiente
Docente e Investigador, Director del Instituto de Investigación en Arquitectura y Construcciones (IARCO),
Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
<https://orcid.org/0000-0003-2886-7901>
hccama@unap.edu.pe

Leyda Cinthia Aza-Medina

Magíster en Tecnología en la Arquitectura
Docente e investigadora RENACYT, Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-3707-2126>
lcaza@unap.edu.pe



RESUMEN

El objetivo de la siguiente investigación fue realizar un estudio de campo, para conocer la percepción térmica de los usuarios de la vivienda vernácula en clima frío de la región Altoandina peruana. Las unidades analizadas fueron viviendas construidas en base a "totora" de la comunidad Uro. El estudio de campo desarrollado consistió en caracterizar el desempeño térmico de la vivienda, determinar la superficie corporal y aislamiento de ropa, valorar la sensación, preferencia y aceptabilidad térmica, determinar las estrategias de ajustes personales y calcular la temperatura neutra. Se recogieron 78 encuestas válidas en dos períodos estacionarios (verano e invierno). Los resultados revelan que, los usuarios de la vivienda se encuentran incómodos. La preferencia apunta a ambientes más cálidos y secos. La temperatura neutra en verano fue de 19.62 °C y en invierno de 21.98 °C. Los habitantes del lugar evidenciaron tener la expectativa que el ambiente puede mejorarse térmicamente con mayor aislamiento.

Palabras clave

vivienda vernácula, confort térmico, percepción térmica, condición climática.

ABSTRACT

The objective of this work was to conduct a field study to determine the thermal perception of users of vernacular housing in the cold climate of the Peruvian High Andean region. The units analyzed were houses built by the Uro community using "totora" (bulrush reeds). The field study characterized the dwelling's thermal performance, determined body surface area and clothing insulation, assessed thermal sensation, preference, and acceptability, determined personal adjustment strategies, and calculated the neutral temperature. Seventy-eight valid surveys were collected in two periods (summer and winter). The results reveal that the dwelling's users are uncomfortable. The preference points to warmer and drier environments. The neutral temperature was 19.62 °C in summer and 21.98 °C in winter. However, the inhabitants had the expectation that the environment could be thermally improved with more insulation.

Keywords

vernacular housing, thermal comfort, thermal perception, climate conditions.

RESUMO

O objetivo da pesquisa a seguir foi realizar um estudo de campo para descobrir a percepção térmica dos usuários de habitações vernaculares no clima frio da região dos Altos Andes peruanos. As unidades analisadas foram moradias construídas em "totora" da comunidade Uro. O estudo de campo consistiu em caracterizar o desempenho térmico da habitação, determinar a área de superfície corporal e o isolamento das roupas, avaliar a sensação, preferência e aceitabilidade térmica, determinar as estratégias de ajuste pessoal e calcular a temperatura neutra. Setenta e oito questionários válidos foram coletados em dois períodos sazonais (verão e inverno). Os resultados revelam que os usuários da residência não se sentem confortáveis. A preferência é por ambientes mais quentes e secos. A temperatura neutra no verão foi de 19,62 °C e de 21,98 °C no inverno. Os habitantes do local evidenciaram a expectativa de que o ambiente possa ser melhorado termicamente com mais isolamento.

Palavras-chave:

habitação vernacular, conforto térmico, percepção térmica, condição climática.

INTRODUCCIÓN

La región Altoandina del Perú, presenta un clima frío de tundra y glaciar, radiación solar elevada, baja oscilación térmica anual y oscilación térmica diaria elevada. Debido a esta variabilidad climática, el comportamiento térmico de las edificaciones es diferente y la altitud influye en gran medida (Molina et al., 2023). Bajo este contexto, la comunidad Uro enfrenta principalmente en el periodo de invierno malestares, enfermedades respiratorias e incluso la muerte. Para mitigar esta situación los lugareños acostumbran usar ropa gruesa para protegerse del frío. Según registros del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, del Perú), la temperatura exterior promedio en la comunidad desciende en verano a 3.50 °C y en invierno a -1.60 °C, esto evidencia el clima adverso del lugar.

La comunidad Uro se emplaza en el lago Titicaca, considerado el lago navegable más alto del mundo, a 3800 metros sobre el nivel del mar. Es un pueblo antiguo, su existencia data desde hace más de 500 años d.c. La vida está íntimamente vinculada al lago y sus recursos, del total de población el 60% está asentada en islas flotantes, el resto vive en tierra firme. La "Totorá" (*Schoenoplectus Tatora*) es el principal medio de subsistencia (Aza-Medina et al., 2023, p. 2; Hidalgo-Cordero et al., 2023). Ya sea que el material esté dispuesto de manera suelta, trenzada o tejida como mantas de Totorá, o en la construcción de las islas artificiales, viviendas, embarcaciones (Hidalgo-Cordero y Aza-Medina, 2023, p. 2; Hýsková et al., 2020).

Se han realizado importantes estudios sobre confort térmico en viviendas vernáculas en regiones de baja altitud (Costa-Carrapiço et al., 2022; Malik y Bardhan, 2022; Widera, 2021). Sin embargo, se encontraron escasos estudios en regiones de gran altitud, por lo que se hace necesario investigar, considerando que el confort térmico es uno de los parámetros importantes que puede proporcionar información para la adaptación de estrategias en viviendas, debido a su impacto en la salud humana, productividad, calidad del espacio interior y la reducción del consumo energético (Malik y Bardhan, 2022). Proporcionar información para mejorar las viviendas es crucial y desafiante, debido que, este depende de muchos factores como: aspectos climáticos, psicológicos, fisiológicos y culturales que requieren estudios de campo (Abdollahzadeh et al., 2023). Por lo tanto, una cuestión fundamental para realizar estudios de campo, es conocer la percepción térmica de los usuarios de una vivienda a los cambios de temperatura en el interior del ambiente (Camuffo, 2019, p. 15).

De acuerdo a Chang et al. (2021), los estudios sobre viviendas vernáculas, se centran fundamentalmente en la adaptación climática, cuyo propósito es proporcionar estrategias de diseño pasivo que se adapten al clima y sean energéticamente eficientes. Así mismo, Xiong et

al. (2019), indica que el confort térmico en viviendas vernáculas, se centra en la adaptabilidad de los usuarios al clima para proporcionar condiciones ambientales térmicas aceptables. Por lo tanto, las viviendas vernáculas son lugares donde los usuarios se adaptan al clima, por lo que se requiere mejorar las condiciones internas de la vivienda.

En ese contexto, el objetivo de este estudio fue realizar un estudio de campo para conocer la percepción térmica de los usuarios de la vivienda vernácula en clima frío, típico de la región Altoandina peruana, con la finalidad de proporcionar información de la percepción térmica de los usuarios de la vivienda para recomendar estrategias adaptativas a fin de mejorar las condiciones internas de éstas.

MÉTODO

ÁREA DE ESTUDIO

Comunidad Uro

Se definió como área de estudio a la comunidad Uro en el departamento de Puno - Perú, en el lago Titicaca con latitud Sur de 15° 49' 14", longitud Oeste de 69° 58' 12" y altitud de 3900 metros sobre el nivel del mar. La comunidad se encuentra emplazada en islas flotantes construidas con "Totorá", este lugar se encuentra a 5 km del puerto de la ciudad de Puno. Las islas de los Uros, están conformadas por más de 100 unidades que se organizan en una franja alineada, se accede por la mitad dividiéndose en dos zonas, en dirección Norte y Sur, (Figura 1). Las islas enfocadas en el uso de la vivienda son las más frecuentes, las alberga en forma de medialuna con un espacio central que funciona como patio.

La vivienda vernácula de la comunidad Uro

Las viviendas, se caracterizan por tener una forma compacta y de un nivel. El techo es a dos aguas, depende de la puerta para ventilar el ambiente. El piso suele estar entablado de madera o en Totorá suelta, se eleva para evitar el ingreso de la humedad en 50 cm respecto al nivel del suelo de la isla (Figura 2a). "La estructura está compuesta por listones de madera de 2 pulgadas empotrados con clavos" (Steffens et al., 2017, p. 2), que sirven de soporte (Figura 2b). Los muros de la vivienda consisten en mantas de Totorá seca tejida a mano "kesanas", haciendo un espesor aproximado de 3 pulgadas, se constató que la técnica de tejido de los muros varía en relación a la del techo, en este último inclusive se observó Totoras de mayor longitud y con una técnica diferente de trenzado (Figura 2c).

La vivienda, con el pasar del tiempo ha sufrido cambios, en sus inicios contaba con planta circular y techo cónico, (Figura 3a). Actualmente presenta una planta rectangular o cuadrada (Figura 3b). Además, se observa

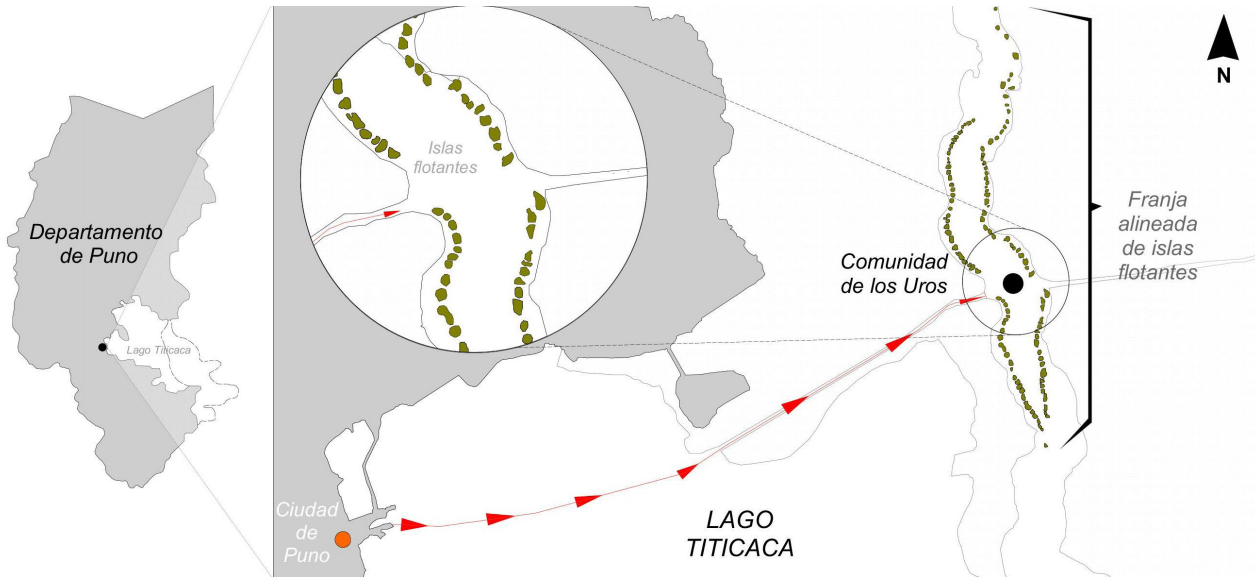


Figura 1. Islas flotantes - ubicación. Fuente: Elaboración de los autores.

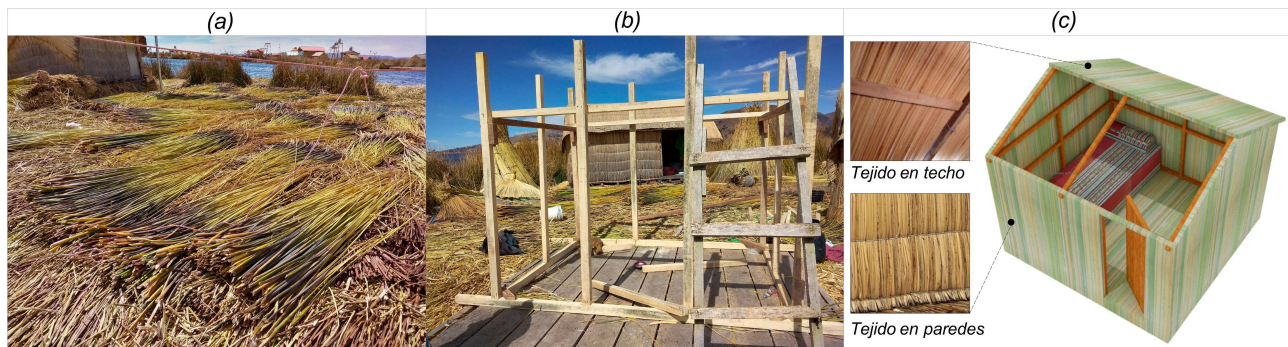


Figura 2. Vivienda Uro - armado. Fuente: Elaboración de los autores.

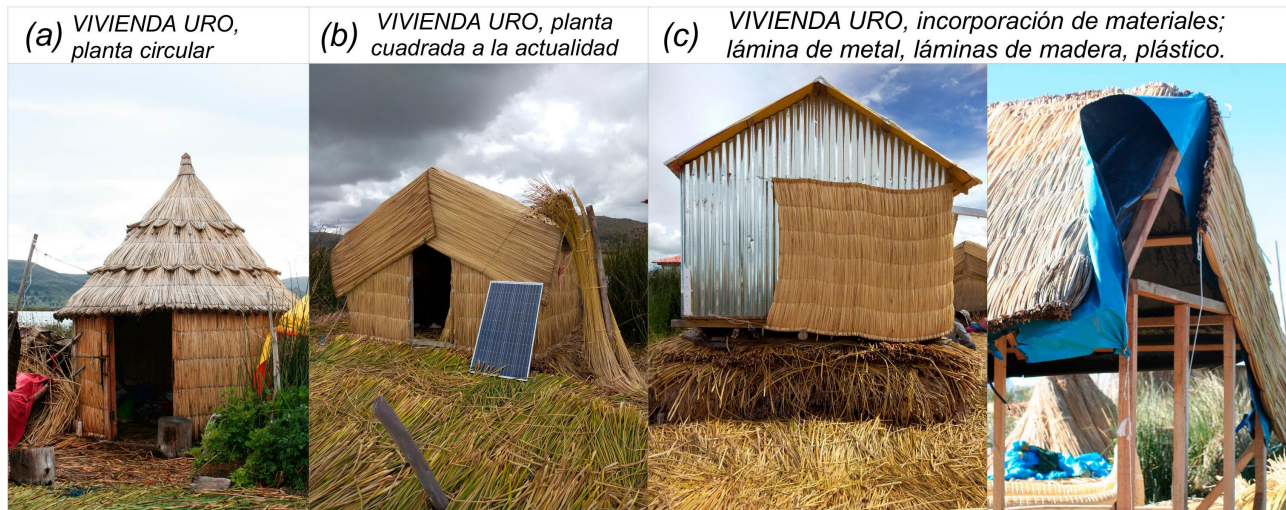


Figura 3. Evolución de la forma y materiales. Fuente: Elaboración de los autores.



Figura 4. Fotos interiores y exteriores de las viviendas vernáculas. Fuente: Elaboración de los autores.

Tabla 1. Tamaño de la muestra. Fuente: Elaboración de los autores

Descripción		Total		Verano		Invierno	
		n = 78		n = 50		n = 28	
		Muestra	Porcentaje	Muestra	Porcentaje	Muestra	Porcentaje
Género	Femenino	52	67%	33	66%	19	68%
	Masculino	26	33%	17	34%	9	32%

la incorporación de materiales actuales en techos y muros como; láminas de metal, láminas de madera y plástico, que desfigura lo autóctono (Figura 3c).

El uso interno de las construcciones se da en gran medida como ambiente múltiple, cumpliendo la función de cocina, almacén y dormitorio; atendiendo las necesidades básicas en un sólo lugar (Figura 4a), en otros casos como un ambiente de uso dormitorio (Figura 4b).

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó el muestreo no probabilístico en cada período de estudio. Se consideró la disponibilidad y disposición de los usuarios para participar en el estudio (Tabla 1).

ESTUDIO DE CAMPO

Se realizaron encuestas con la medición paralela del desempeño térmico de la vivienda durante siete días; 5 días en la estación de verano (06/01/22 al 13/01/22) y 2

días en la estación de invierno (15/07/22 al 16/07/22). Se tomó como estudio a 21 islas de la comunidad Uro por la accesibilidad. Se utilizaron las normas y estándares ASHRAE 55-2017, ISO 7730, ISO 10551 e ISO 7726 (ANSI/ASHRAE 55, 2017a, pp. 8–19; ISO 7726, 1998, p. 23; ISO 7730, 2005; ISO 10551, 1995). Se recopilaron 78 respuestas válidas de sensación, preferencia y aceptabilidad térmica. Fueron entrevistadas 50 personas en 40 viviendas en el período de verano y 28 personas en 19 viviendas en el período de invierno. Los participantes fueron varones y mujeres con edades entre los 18 y 60 años.

Desempeño térmico interno de la vivienda

Se registraron datos de temperatura del aire, humedad relativa, temperatura de globo y velocidad del viento. Se colocaron dos equipos; un medidor de estrés por calor y un termo-anemómetro de hilo caliente (Figura 5b). Las mediciones fueron tomadas con las puertas cerradas, el horario de registro fue de 09 horas a 15 horas. Los equipos se colocaron en el centro del ambiente a una



Figura 5. Medición, encuestas y ubicación de equipos. Fuente: Elaboración de los autores.

altura de 1.10 metros con respecto al nivel del suelo y 0.5 metros del usuario (Figura 5a y Figura 5c), El registro se realizó a intervalos de 5 minutos para el caso del medidor de estrés por calor y a 2 minutos en el caso del termo-anemómetro de hilo caliente. De forma paralela se recogió información de la percepción térmica a partir de encuestas.

Posterior al registro de datos de campo, se calculó la temperatura operativa (TO), por ser una ponderación de la temperatura media radiante de los cerramientos y la temperatura seca del aire, considerando que, ambas contribuyen a la temperatura ambiental con sus coeficientes de transferencia de calor radiante y convectivo (Ecuación 1).

$$t_o = At_a + (1 - A) t_r \quad (1)$$

Dónde: t_o es la temperatura operativa, A=Constante en función de la velocidad del aire, t_a es la temperatura del aire (°C), t_r es la temperatura media radiante (°C).

Este procedimiento se realizó para cada una de las viviendas estudiadas. Para el análisis de datos, se correlacionaron las variables temperatura operativa (TO) y humedad para mostrar diagramas de dispersión.

Superficie corporal y aislamiento de ropa de los usuarios

Para determinar la superficie corporal, se recopiló información sobre la actividad previa que estaban desarrollando, ingesta de comida, aspectos generales

como; género, edad. Posteriormente, se procedió a medir la estatura y peso de los usuarios (Tabla 2). Considerando el modelo matemático de Mosteller, (Ecuación 2).

$$Superficie\ corporal\ (m^2) = \sqrt{\frac{altura\ (cm) \times peso\ (kg)}{3600}} \quad (2)$$

Tabla 2. Información general de los usuarios. Fuente: Elaboración de los autores.

Estación	Género	Tamaño de la muestra	Altura (cm)	Peso (kg)
Verano	Varones	17	165.29	88.37
(enero)	Mujeres	33	152.27	77.26
Invierno	Varones	9	161.22	75.92
(julio)	Mujeres	19	151.79	71.24

En relación al índice de aislamiento (Clo), se ofreció una lista de prendas típicas que incluyó 20 opciones (Figura 6). Los datos obtenidos se procesaron en una hoja de cálculo Excel realizando una sumatoria por usuario.

Sensación, preferencia y aceptabilidad térmica

Para la sensación y preferencia térmica, se utilizó encuestas de escala de valoración de 7 puntos, y para la aceptabilidad encuestas dicotómicas con valoración aceptable y no aceptable (Tabla 3). Se realizaron por día entre 9 a 14 encuestas, el horario fue desde las 10:00

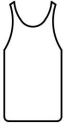









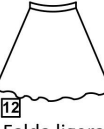


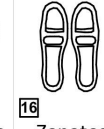
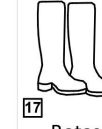
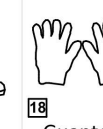
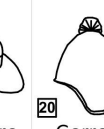
Opciones de vestimenta										
	1 Bividi Juch'usa kurpiñu	2 Camiseta Jisk'a amparani almilla	3 Camisa manga corta Muru Almilla	4 Camisa manga larga Jach'a amparani almilla	5 Camisa de franela Quña franelata almilla	6 Chaleco sin mangas Muru kurpiñu	7 Casaca gruesa Truru kasaka	8 Suéter o Chompa Chumpa	9 Suéter grueso Thuru chumpa	10 Pantalón tela Warira phantilla
Índice (clo)	0,15	0,09	0,15	0,25	0,30	0,25	0,55	0,25	0,36	0,25
Opciones de vestimenta										
	11 Pantalón de franela Quña Franelata pantaluna	12 Falda ligera Juch'usa phalta	13 Falda gruesa o Pollera Thuru pullira jani ukasti phalta	14 Medias gruesas Thuru phullq'u	15 Sandalias o ojotas Jiskhunaka	16 Zapatos Sapatunaka	17 Botas Wiskalla wutasa	18 Guantes Wantisanaka	19 Sombrero Sumiru	20 Gorro o Chullo Lluch'u/ch'ullu
Índice (clo)	0,30	0,15	0,25	0,10	0,02	0,04	0,10	0,05	0,10	0,10

Figura 6. Opciones de vestimenta. Fuente: Elaboración de los autores y traducción al idioma Aymara por la docente Miriam Jiménez del CELEN – UNAP

Tabla 3. Escala de valoración utilizadas. Fuente: Adaptado de la ASHRAE e ISO 10551 (1995).

Escala	Sensación		Preferencia		Aceptabilidad
	¿Cómo se encuentra usted en este momento en relación a la temperatura y humedad?		¿Cómo preferiría estar en este momento?		¿En este momento usted acepta térmicamente este ambiente?
	Temperatura	Humedad	Temperatura	Humedad	Temperatura
-3	Muy frío	Muy seco	Mucho más frío	Mucho más seco	
-2	Frío	Seco	Más Frío	Más Seco	
-1	Ligeramente frío	Ligeramente seco	Ligeramente más frío	Ligeramente más seco	
0	Ni caliente, ni frío	Ni húmedo, ni seco	Sin cambio	Sin cambio	Aceptable
1	Ligeramente caliente	Ligeramente húmedo	Ligeramente más caliente	Ligeramente húmedo	Inaceptable
2	Caliente	Húmedo	Más caliente	Más Húmedo	
3	Muy caliente	Muy húmedo	Mucho más caliente	Mucho más húmedo	

hasta las 16:00 horas. Se procuró que los usuarios realicen una actividad sedentaria (1.2 met) de 20 minutos antes de responder.

Se tomaron respuestas de forma oral, para luego ser registrada en el cuestionario, se usó una cartilla de apoyo con las escalas de valoración para mejor visualización. Para las respuestas sobre la sensación y preferencia térmica respecto a la temperatura y humedad, las preguntas fueron: ¿Cómo se encuentra usted en este momento en relación a la temperatura y humedad? y ¿Cómo preferiría estar en este momento? Para la aceptabilidad la pregunta fue: ¿En este momento usted acepta térmicamente este ambiente? (Tabla 3). El cuestionario fue traducido al idioma Aymara (lengua originaria de los usuarios) para una mayor comprensión. Para el procesamiento de datos, se utilizó una hoja de cálculo Excel. Se empleó el método estadístico descriptivo de distribución de frecuencias, para mostrar las gráficas en ambos periodos de estudio.

Estrategias de ajustes personales

Las estrategias de ajustes personales se utilizaron para dos condiciones (frío y calor), tanto en varones como en mujeres. Se recogió información por medio de encuestas de escala de valoración de 9 puntos (ISO 10551, 1995) (Tabla 4). El procesamiento de información, se realizó en hoja de cálculo Excel. Se usó la estadística descriptiva de distribución de frecuencias para mostrar las gráficas. El propósito fue determinar cuál estrategia es la más frecuente en los usuarios y que modificaciones sugieren para mantenerse en un estado de confort.

Cálculo de temperatura neutra

La temperatura neutra de la vivienda, se calculó con la aplicación del método Griffiths (Griffiths, 1991). Para los cálculos, se aplicó la constante de regresión obtenida a partir de los datos de campo, éste se obtuvo

Tabla 4. Ajustes personales. Fuente: Elaboración de los autores.

En relación al frío, ¿Qué acciones realiza para mantenerse en una temperatura agradable?									En relación al calor, ¿Qué acciones realiza para mantenerse en una temperatura agradable?								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Au- men- tar la can- tidad de ropa.	Usar man- tas.	Be- ber bi- das ca- lien- tes.	Co- mer co- mida ca- lien- te.	Acos- tarse.	Cer- rar la pue- ta.	Ca- le- fac- tor eléc- trico.	Nin- gu- no.	o- tros	Usar ro- pas lige- ras.	Bañar- se o du- char- se.	Be- ber bi- das frías.	Co- mer co- mida fríos.	Salir al aire li- bre.	Abrir la pue- ta.	Usar ven- tila- dor eléc- trico.	Nin- guno.	Otros.

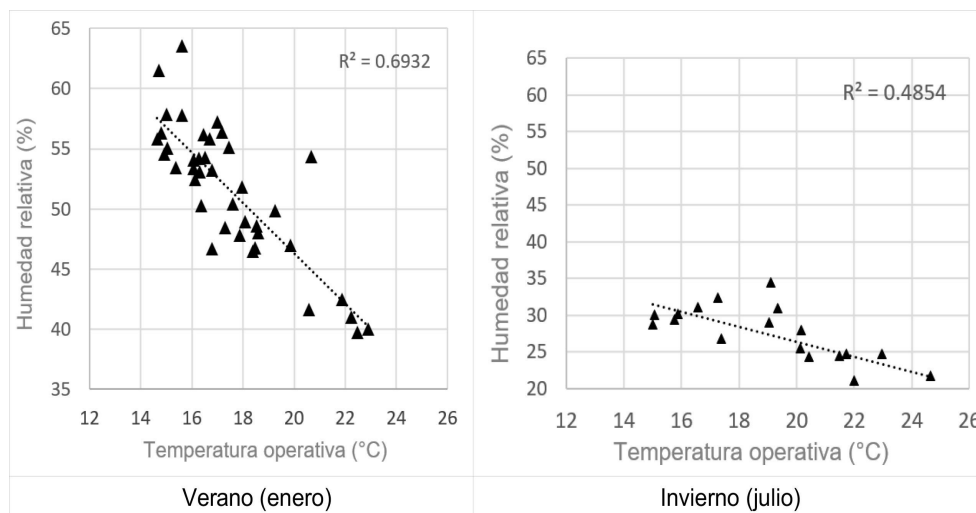


Figura 7. Diagrama de dispersión del desempeño térmico de la vivienda. Fuente: Elaboración de los autores.

correlacionando la variable temperatura operativa y los votos de sensación térmica, utilizando el estadístico de coeficiente de Pearson¹. Así también se empleó la constante 0.33 propuesto por (Fanger, 1970) y la constante universal de 0.50 propuesto por Humphreys y Nicol (Humphreys y Nicol, 1970). Se estimó la temperatura neutra para los usuarios de la vivienda, considerando el conjunto de datos recogidos de campo. Para ello, se empleó la (Ecuación 3) para realizar el cálculo.

$$T_n = T_o - \left(\frac{VST}{\alpha}\right) \quad (3)$$

Dónde: T_n es la temperatura neutra del ambiente (°C); T_o es la temperatura operativa interior (°C); VST es el voto de la sensación térmica (adimensional); α es la constante de Griffiths/sensibilidad térmica del ocupante (°C⁻¹).

RESULTADO

DESEMPEÑO TÉRMICO INTERNO DE LA VIVIENDA

El diagrama de dispersión, muestra el desempeño térmico de las viviendas en los periodos de estudio, para invierno la correlación es baja y para verano es media, lo que sugiere una tendencia a dispersión alta (Figura 7). Se observó en el periodo de verano, una temperatura operativa (TO) de 17.50 °C y humedad relativa predominante en 51.5 %. Por otra parte, en el periodo de invierno, una TO en torno a los 19.20 °C y humedad relativa en 27.16 %.

SUPERFICIE CORPORAL Y AISLAMIENTO DE ROPA DE LOS USUARIOS

La superficie corporal calculada promedio para para mujeres fue de 1.80 m² y para varones fue de 2.01 m². El valor medio del aislamiento indica 1.25 clo para mujeres

¹ Coeficiente que mide la correlación entre 2 variables (temperatura operativa y votos de sensación térmica)

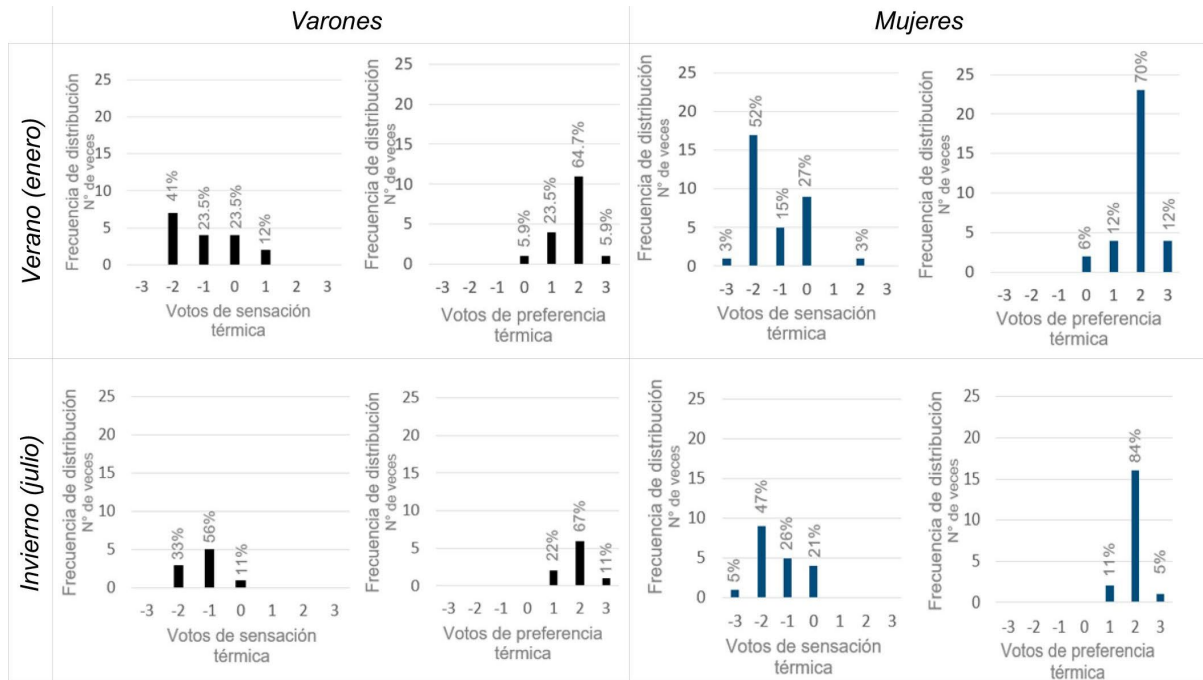


Figura 8. Frecuencia de los votos de sensación y preferencia térmica. Fuente: Elaboración de los autores.

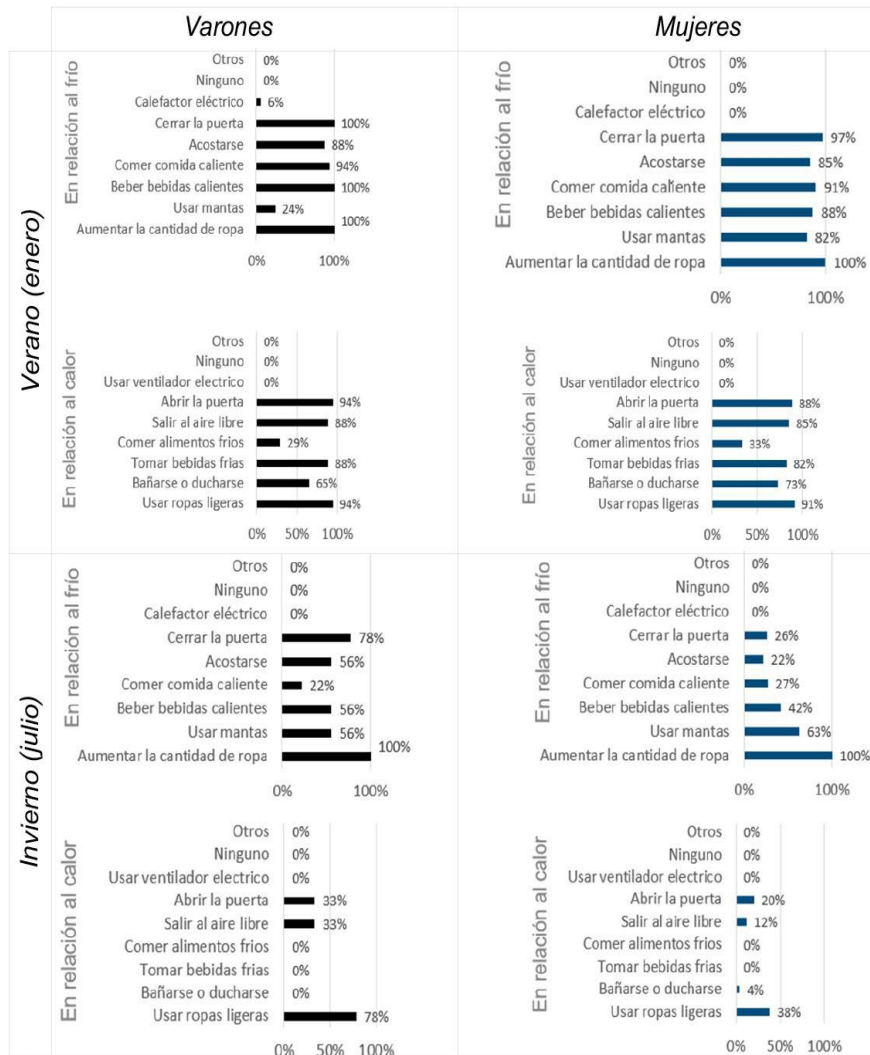


Figura 9. Estrategias de ajustes personales. Fuente: Elaboración de los autores

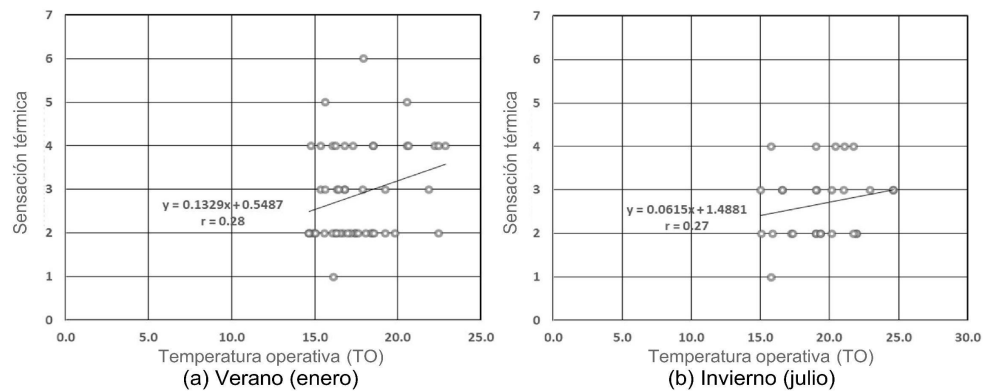


Figura 10. Correlación entre la temperatura operativa y la sensación térmica. Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 5. Temperatura neutra y constante de Griffiths, DS= Desviación estándar, r= coeficiente de correlación. Fuente: Elaboración de los autores.

Estación	Temperatura operativa (°C)		Griffiths (°C)			
	Mean		0.13	0.06	0.33	0.50
Verano	17.55		25.54	34.87	20.69	19.62
DS			9.97	10.13	4.04	2.96
Invierno	19.34		29.50	41.36	23.34	21.98
DS			5.89	6.33	3.29	2.88

y 0.86 clo para varones en la estación de verano, 1.01 clo para mujeres y 0.90 clo para varones en la estación de invierno, esto significa que en verano los habitantes usan más ropa que en invierno, esto podría darse a que, en la época de verano se presentan precipitaciones pluviales intensas en la zona de estudio y las personas necesitan abrigarse.

SENSACIÓN, PREFERENCIA Y ACEPTABILIDAD TÉRMICA

Se asumió como zona de confort, a las tres escalas de valoración centrales de la sensación térmica (Humphreys et al., 2016, citado por Mino-Rodríguez et al., 2018, p. 9), las que consideran que una persona se siente en confort cuando las respuestas de la percepción térmica son: (-1) "ligeramente fríos", (0), neutrales, o (+1) "ligeramente calientes".

Los usuarios, tanto mujeres como varones, concentran sus respuestas en la categoría: Frio -2, Ligeramente frío -1, lo que sugiere la incomodidad térmica, debido a que la valoración - frío - está fuera de la zona de confort. Así también se muestra que existe la tendencia de los votos de preferencia térmica hacia la categoría: Sin cambio 0, Ligeramente más caliente +1, Más caliente +2, Mucho más caliente +3 en ambos periodos de estudio, por lo que se observa una tendencia hacia ambientes más cálidos (Figura 8).

Respecto a la aceptabilidad, en la estación de verano, un 36% de los encuestados indicó que sí, y un 64% que

no acepta el ambiente térmicamente. Para la estación de invierno un 28.6% indicó que sí y un 71.4% que no.

ESTRATEGIAS DE AJUSTES PERSONALES

La estrategia en relación al frío más resaltante, es aumentar la cantidad de ropa, en este aspecto coincidieron tanto varones como mujeres en las dos estaciones estudiadas. Las estrategias descritas para mantenerse en una temperatura más fresca, en ambas estaciones tanto para varones como mujeres han sido; usar ropas ligeras y abrir la puerta, (Figura 9). Los ajustes personales en relación al verano e invierno, son bastante similares en varones como en mujeres. Los ocupantes señalan que, es necesario hacer reformas a la vivienda, indicando que preferirían que las viviendas sean más abrigadas, que ingrese menos viento al interior, pues no todas las casas poseen la misma cantidad de mantas de Totora.

TEMPERATURA NEUTRA

Los resultados calculados de la constante Griffiths, de sensibilidad térmica de los usuarios de la vivienda para el periodo de verano fue 0.13 y para invierno 0.06, estos valores, son muy pequeños en comparación con valores encontrados en estudios previos de campo (Figura 10). Se utilizaron constantes de 0.33 y 0.50 ampliamente usados en estudios especializados sobre confort térmico. La temperatura neutra calculada con la constante 0.50 para el periodo de verano fue de 19.62 °C y para invierno 21.98 °C y una desviación estándar baja, por lo que el estudio asume estos valores calculados como temperatura neutra (Tabla 5).

DISCUSIÓN

El desempeño térmico interno de la vivienda, se situó en una temperatura operativa promedio de 17.50 °C en verano y 19.20°C en invierno. La temperatura exterior promedio registrada en verano fue de 3.50 °C y en invierno de -1.60 °C. Las diferencias son significativas, lo que sugiere adoptar estrategias de aislamiento de la envolvente con el exterior.

La sensibilidad térmica indica que, los usuarios se encuentran en incomodidad, la razón puede deberse a la influencia de las condiciones climáticas externas. Más del 60% de usuarios no aceptan el ambiente, lo que sugiere un deseo natural de ambientes más cálidos. Según Xiong et al. (2019), en zonas frías la gente tiene que permanecer en el interior con equipos de calefacción. Sin embargo, la comunidad Uro no cuenta con los recursos para obtener estos sistemas mecánicos, por lo que recurren a usar ropa gruesa tanto de día como de noche. Durante el día, el ambiente sirve de cocina, lo que es parte de la tradición de la comunidad, lo que puede mejorar el confort del ambiente.

Debido a la inaceptabilidad térmica, se hace necesario adoptar estrategias que mejoren el confort térmico de la vivienda. En climas fríos de acuerdo a Nie et al. (2019), la calefacción solar pasiva puede aminorar el efecto del frío y mejorar la eficiencia energética y de esta forma mejorar la temperatura del ambiente. Por otro lado Qiao et al. (2019) señala como estrategias adaptativas para climas fríos, el aislamiento de muros y techos con materiales con gran almacenamiento térmico. Por lo que se sugiere el uso de la energía solar, estrategias que involucren la mejora de la envolvente térmica y hermeticidad. Tales como: 1) Utilización de espacios de amortiguación como pasillos, invernaderos adosados, etc. 2) Adoptar materiales con gran capacidad de almacenamiento térmico, (3) Utilización dinámica de la vivienda en las diferentes estaciones para aprovechar el clima.

Los cálculos muestran una temperatura neutra de 19.62 °C para verano y 21.98 °C para invierno, determinándose temperaturas neutras en estudios similares. Rijal et al. (2010), encontró temperaturas de 21.10 °C y 15.30 °C para verano e invierno respectivamente; comparativamente la temperatura neutra para verano, no presenta diferencias significativas, no obstante, para invierno la temperatura encontrada en este estudio es superior, debido a la alta radiación solar durante el día 5.9 KWh/m², lo que hace posible que las viviendas se calienten en el horario diurno. Así también Mino-Rodríguez et al., (2018), encontró una temperatura neutra media de 23.40 °C, este valor es cercano a este estudio y da consistencia a los resultados. Por otro lado, las temperaturas neutras encontradas, son cercanas a la temperatura de diseño de 22 °C según el estándar ASHRAE 55-2017. Sin embargo, es importante indicar que el registro de levantamiento de información del estudio corresponde al horario diurno, donde la radiación solar es alta sobre todo en invierno, si se tomaran

los registros nocturnos, las temperaturas podrían bajar significativamente. Lo que sugiere que la neutralidad térmica puede no ser suficiente para identificar las necesidades de confort térmico de los usuarios.

El confort térmico en ambientes interiores tiene un rol importante en el consumo energético, sin embargo, muchas veces no es tomado en cuenta por las políticas de estado. Este trabajo permite tener una mejor comprensión del confort térmico de los usuarios de las viviendas vernáculas en la comunidad Uro, lo que ayudaría a adoptar estrategias para mejorar las viviendas.

La principal limitación de la investigación, tuvo que ver con la cantidad de personas encuestadas, esto se debió principalmente a que no disponían de tiempo y no estaban predispuestos a responder la encuesta. Por otro lado, los tiempos de recolección de datos también fue un impedimento, debido que, sólo se pudo recolectar información en horario diurno.

CONCLUSIONES

El presente estudio destaca la percepción térmica de los usuarios. La vivienda vernácula se encuentra en un estado de vulnerabilidad térmica, la forma debe retomar los conocimientos utilizados de antaño, en donde se tenía en cuenta la compacidad, ofreciendo una mejor respuesta al clima. La materialidad actual no satisface las necesidades de los usuarios pese a las respuestas adaptativas para encontrarse en confort, como la constante renovación del material. En respuesta, los ocupantes no aceptan térmicamente las viviendas en el horario diurno, tanto en la estación de verano como de invierno. En el horario nocturno, los usuarios tienen que tomar medidas adicionales para aislar la vivienda, siendo la envolvente un punto clave a tratar y mejorar. El valor de temperatura neutral en invierno, se encuentra por encima del periodo de verano.

Las mejoras apuntan hacia el aislamiento de la envolvente térmica, para lograr ambientes más cálidos y secos, la mejora de la hermeticidad con mayor número de mantas de Totorá y mejores técnicas de trenzado. El presente estudio se puede considerar un estudio previo para posteriormente ahondar en mayores estudios orientados a la mejora térmica de la vivienda, profundizando en simulaciones y mejoras tecnológicas que impliquen el aprovechamiento del material de Totorá, propio de la comunidad Uro.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada por el grupo de docentes de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y la Universidade de Brasília

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdollahzadeh, S. M., Heidari, S., y Einifar, A. (2023). Evaluating thermal comfort and neutral temperature in residential apartments in hot and dry climate: A case study in Shiraz, Iran. *Journal of Building Engineering*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107161>

ANSI/ASHRAE 55. (2017). ANSI/ASHRAE Standard 55-2017: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE Inc., 2017, 66. <https://doi.org/ISSN 1041-2336>

Aza-Medina, L. C., Palumbo, M., Lacasta, A. M., y González-Lezcano, R. A. (2023). Characterization of the thermal behavior, mechanical resistance, and reaction to fire of totora (*Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Sojak) panels and their potential use as a sustainable construction material. *Journal of Building Engineering*, 69, 105984. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105984>

Camuffo, D. (2019). Temperature: A Key Variable in Conservation and Thermal Comfort. *Microclimate for Cultural Heritage*, (3)15–42. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64106-9.00002-x>

Chang, S., He, W., Yan, H., Yang, L., y Song, C. (2021). Influences of vernacular building spaces on human thermal comfort in China's arid climate areas. *Energy and Buildings*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110978>

Costa-Carrapiço, I., González, J. N., Raslan, R., y Sánchez-Guevara, C. (2022). Understanding the challenges of determining thermal comfort in vernacular dwellings: A meta-analysis. *Journal of Cultural Heritage*, 58, 57–73. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.09.019>

Fanger, P. (1970). *Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering: Vol. I*. En McGraw-Hill Book Company, (1ª ed., Vol. 1). R.E. Krieger Pub. Co. <https://www.abebooks.com/9780070199156/Thermal-comfort-analysis-applications-environmental-0070199159/plp>

Griffiths, I. D. (1991). *Thermal comfort in buildings with passive solar features: field studies: Vol. I (Commission of the European Communities, Ed.; 1 Volume)*. Commission of the European Communities.

Hidalgo-Cordero, J. F., y Aza-Medina, L. C. (2023). Analysis of the thermal performance of elements made with totora using different production processes. *Journal of Building Engineering*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105777>

Hidalgo-Cordero, J. F., Němec, M., Castro, P. H., Hájková, K., Castro, A. O., y Hýsek, Š. (2023). Macromolecular Composition of Totora (*Schoenoplectus californicus* C.A. Mey, Sojak) Stem and Its Correlation with Stem Mechanical Properties. *Journal of Natural Fibers*, 20(2). <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2282049>

Humphreys, M. A., y Nicol, J. F. (1970). An investigation into thermal comfort of office workers. *Journal of the Institute of Heating and Ventilating Engineers*, 38, 181–189.

Hýsková, P., Gaff, M., Hidalgo-Cordero, J. F., y Hýsek, Š. (2020). Composite materials from totora (*Schoenoplectus californicus* C.A. Mey, Sojak): Is it worth it? *Composite Structures*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111572>

ISO 7726 (1998). *Ergonomics of the Thermal Environment - Instruments for Measuring Physical Quantities*, 1998 Ergonomics. <https://www.iso.org/standard/14562.html>

ISO 7730. (2005). ISO 7730 - *Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. 1–28. <https://www.iso.org/standard/39155.html>

ISO 10551. (1995). ISO 10551 - Ergonomics of the thermal environment-Assessmentoftheinfluenceofthethermalenvironment using subjective judgment scales. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/18636/dc297a9d7c6245d985cf8dd48e084fb5/ISO-10551-1995.pdf>

Malik, J., y Bardhan, R. (2022). Thermal comfort perception in naturally ventilated affordable housing of India. *Advances in Building Energy Research*, 16(3), 385–413. <https://doi.org/10.1080/17512549.2021.1907224>

Mino-Rodríguez, I., Korolija, I., y Altamirano, H. (2018). *Thermal comfort in dwellings in the subtropical highlands Case study in the Ecuadorian Andes*. [Archivo PDF] https://www.researchgate.net/publication/325012806_Thermal_comfort_in_dwellings_in_the_subtropical_highlands_-_Case_study_in_the_Ecuadorian_Andes

Molina, J. R., Lefebvre, G., y Gómez, M. M. (2023). Study of the thermal comfort and the energy required to achieve it for housing modules in the environment of a high Andean rural area in Peru. *Energy and Buildings*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112757>

Nie, Q., Zhao, S., Zhang, Q., Liu, P., y Yu, Z. (2019). An investigation on the climate-responsive design strategies of vernacular dwellings in Khams. *Building and Environment*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106248>

Qiao, Y., Yang, L., Bao, J., Liu, Y., y Liu, J. (2019). Reduced-scale experiments on the thermal performance of phase change material wallboard in different climate conditions. *Building and Environment*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106191>

Rijal, H. B., Yoshida, H., y Umemiya, N. (2010). Seasonal and regional differences in neutral temperatures in Nepalese traditional vernacular houses. *Building and Environment*, 45(12), 2743–2753. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.06.002>

Steffens, F., Steffens, H., y Oliveira, F. R. (2017). Applications of Natural Fibers on Architecture. *Procedia Engineering*, 200, 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.045>

Widera, B. (2021). Comparative analysis of user comfort and thermal performance of six types of vernacular dwellings as the first step towards climate resilient, sustainable and bioclimatic architecture in western sub-Saharan Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 140. [Archivo PDF] <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110736>

Xiong, Y., Liu, J., y Kim, J. (2019). *Understanding differences in thermal comfort between urban and rural residents in hot summer and cold winter climate*. *Building and Environment*, 165. [Archivo PDF] <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106393>