



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN LAS VIVIENDAS  
RURALES SUMAQ WASI EN LOS CENTROS POBLADOS DE  
PUCRI Y CHALLAMAYO PATA, TIQUILLACA, PUNO - 2023**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. FREDY ALBERTO PACHA MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



# FREDY ALBERTO PACHA MAMANI

## EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN LAS VIVIENDAS RURALES SUMAQ WASI EN LOS CENTROS POBLADOS DE PUC...

- Tesis de pregrado
- Tesis de pregrado
- Universidad Nacional del Altiplano

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:417076847

152 Páginas

Fecha de entrega

17 dic 2024, 8:44 p.m. GMT-5

33,385 Palabras

Fecha de descarga

17 dic 2024, 8:48 p.m. GMT-5

167,593 Caracteres

Nombre de archivo

EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN LAS VIVIENDAS RURALES SUMAQ WASI EN LOS CENTRO....pdf

Tamaño de archivo

5.2 MB





## 12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Ing. Samuel Hinojosa Cáceres  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNA N° 2007537

Vogo  
  
  
Ing. Jaime Medina Leiva  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNA N° 810545  
18 DE 2024  
SUBDIRECCION INU EPIC





## DEDICATORIA

*A mi querido padre, Constantino Pacha Jacho, que en paz descansa. Su legado de enseñanzas y su dedicación son faros que me guían hacia la realización de mis sueños. Su ejemplo perdurará siempre en mi corazón.*

*A mi madre, María Mamani Apaza, le agradezco por darme la vida y por su incansable apoyo. Su amor y sabiduría han sido fundamentales en cada etapa de mi vida, mostrándome el sendero correcto a seguir.*

*A mi esposa, Alina Beatriz Barrantes Barrantes, le debo un reconocimiento especial. Su compañía y confianza en mí han sido cruciales para enfrentar este nuevo desafío. Gracias por estar a mi lado y por creer en mí.*

*A mis hermanos, Olger, Yisee, Analis y Gerwin, les agradezco por ser ejemplos de perseverancia y por su constante apoyo. Cada uno de ustedes ha enriquecido mi vida con su amor y motivación.*

***Fredy Alberto Pacha Mamani***



## AGRADECIMIENTO

*A mi querido padre, Constantino Pacha Jacho, que en paz descanse, le debo un reconocimiento especial. Sus enseñanzas, dedicación y ejemplo son el faro que siempre iluminará mi camino hacia la realización de mis sueños.*

*A mi esposa, Alina Beatriz Barrantes Barrantes, le agradezco sinceramente por su constante apoyo y compañía en este último desafío. Su confianza en mí ha sido un motor para alcanzar una nueva meta en mi vida.*

*Extiendo mi gratitud a toda mi familia por su comprensión y paciencia incondicional. También quiero agradecer a mis amigos y compañeros de trabajo, quienes han estado a mi lado y me han ayudado a dar este significativo paso en mi trayectoria profesional. Su apoyo ha sido invaluable.*

***Fredy Alberto Pacha Mamani***



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>
1.2.1 Pregunta general.....	24
1.2.2 Preguntas específicas.....	24
<b>1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>24</b>
1.3.1 Hipótesis general .....	24
1.3.2 Hipótesis específicas .....	24
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>25</b>
1.4.1 Importancia de estudio .....	27
1.4.2 Relevancia de estudio.....	27
1.4.2.1 Credibilidad.....	27
1.4.2.2 Transferibilidad .....	27
1.4.2.3 Fidelidad.....	28



1.4.2.4	Confirmabilidad.....	28
1.4.3	Consecuencia de estudio .....	28
1.4.4	Limitaciones de estudio.....	28
1.4.5	Cuestiones éticas .....	29
<b>1.5</b>	<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>29</b>
1.5.1	Objetivo general .....	29
1.5.2	Objetivo específico.....	29

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1</b>	<b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>30</b>
2.1.1	Antecedentes Internacionales .....	30
2.1.2	Antecedentes Nacionales.....	32
2.1.3	Antecedentes Locales .....	37
<b>2.2</b>	<b>BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>39</b>
2.2.1	Confort térmico .....	39
2.2.2	Zona de confort térmico .....	40
2.2.2.1	Diagrama Bioclimática de Baruch Givoni .....	41
2.2.2.2	Estrategias de confort térmico .....	42
2.2.2.3	Modelos adaptativos de la temperatura de confort.....	43
2.2.3	Transferencia de calor .....	44
2.2.3.1	La conducción .....	45
2.2.3.2	La convección.....	46
2.2.3.3	La radiación.....	47
2.2.4	Propiedades térmicas de los materiales.....	47
2.2.4.1	La conductividad térmica .....	47



2.2.4.2 Resistencia térmica.....	48
2.2.4.3 Efusividad térmica.....	48
2.2.5 Pérdidas y ganancias de calor en una vivienda. ....	48
2.2.6 Pérdidas o ganancias por conducción y convección .....	49
2.2.7 Balance de energía .....	50
<b>2.3 BASES NORMATIVAS .....</b>	<b>52</b>
2.3.1 Base legal .....	52
2.3.2 EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética .....	52
2.3.2.1 Zona bioclimática.....	53
2.3.2.2 Selección de zonas bioclimáticas .....	53
2.3.2.3 Demanda energética máxima por zona bioclimática.....	53
<b>2.4 VIVIENDA SUMAQ WASI.....</b>	<b>54</b>
<b>2.5 MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR DE ESTUDIO.....</b>	<b>61</b>
3.1.1 Ubicación Geográfica:.....	62
<b>3.2 PERIODO DE ESTUDIO .....</b>	<b>62</b>
<b>3.3 DELIMITACIONES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>62</b>
<b>3.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>63</b>
3.4.1 Tipo de investigación .....	63
3.4.2 Nivel de investigación.....	63
3.4.3 Enfoque de investigación .....	63
3.4.4 Diseño de investigación .....	64
3.4.5 Técnicas de recolección de datos .....	64



3.4.6	Población y muestra .....	65
3.4.7	Mapa de procesos .....	68
3.4.8	Prototipo escala 1/10 para evaluar el comportamiento térmico. ....	70
3.4.9	Operacionalización de Variables.....	72
<b>3.5</b>	<b>PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....</b>	<b>73</b>
3.5.1	Evaluación de las viviendas Sumaq Wasi .....	73
3.5.2	Sensores utilizados para medir la temperatura y la humedad .....	73
<b>3.6</b>	<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>74</b>
<b>3.7</b>	<b>PRUEBA ESTADÍSTICA .....</b>	<b>74</b>
3.7.1	Análisis estadístico descriptivo .....	74
3.7.2	Prueba de normalidad: Shapiro-Wilk.....	75
3.7.3	Prueba t de Student.....	76

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1</b>	<b>RESULTADOS Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO .....</b>	<b>78</b>
4.1.1	Clima .....	78
4.1.2	Zona de Confort según Givoni. ....	83
4.1.3	Resultados de evaluación térmica de la vivienda Sumaq Wasi .....	83
4.1.4	Evaluación de transferencia de calor.....	93
4.1.5	Cálculo de la transferencia de calor según la norma EM. 110.....	99
4.1.6	Respuesta según carta bioclimática de Givoni. ....	101
4.1.7	Evaluación de la orientación de las viviendas.....	104
	4.1.7.1 Simulación de la orientación en escala 1/10 .....	114
4.1.8	Comparación de la vivienda Sumaq Wasi y una típica de la zona.....	119
<b>4.2</b>	<b>PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA .....</b>	<b>123</b>



4.2.1	Prueba de normalidad.....	123
4.2.2	Prueba de t de Student.....	124
<b>4.3</b>	<b>PERCEPCIÓN DEL USUARIO.....</b>	<b>126</b>
<b>4.4</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>128</b>
<b>4.5</b>	<b>CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>137</b>
4.5.1	Cumplimiento de objetivos .....	137
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>140</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>143</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>150</b>

**ÁREA: Construcciones**

**TEMA: Confort térmico**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Viviendas rurales**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 de diciembre del 2024**



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Modelos de temperatura adaptativa .....	44
Tabla 2 Resistencias térmicas superficiales .....	50
Tabla 3 Coordenadas de la población de estudio.....	65
Tabla 4 Datos para cálculo de la muestra.....	66
Tabla 5 Operacional de las variables .....	72
Tabla 6 Temperatura en Mañazo 2021.....	78
Tabla 7 Temperatura en Mañazo 2022.....	79
Tabla 8 Temperatura en Mañazo 2023.....	80
Tabla 9 Rango de la zona de confort.....	81
Tabla 10 Temperaturas interiores módulo N° 16.....	83
Tabla 11 Temperaturas interiores módulo N° 02.....	85
Tabla 12 Temperaturas interiores módulo N° 06.....	87
Tabla 13 Promedio de temperaturas internas y humedad vivienda N° 16 .....	89
Tabla 14 Promedio de temperatura interna y humedad de vivienda N° 02 .....	90
Tabla 15 Promedio de temperatura interna y humedad de vivienda N° 06 .....	92
Tabla 16 Tabla zona mesoandina según norma EM. 110 .....	94
Tabla 17 Coeficiente total de transferencia de calor del techo .....	94
Tabla 18 Coeficiente total de transferencia de calor .....	94
Tabla 19 Temperaturas al interior y exterior de la Sumaq Wasi .....	96
Tabla 20 Coeficiente global de transferencia.....	98
Tabla 21 Balance energético de la Sumaq Wasi .....	98
Tabla 22 Coeficiente global de transferencia según la EM. 110.....	99
Tabla 23 Balance energético según la norma EM. 110.....	100



Tabla 24	Diferencia de balance energético .....	100
Tabla 25	Resumen de Orientaciones.....	113
Tabla 26	Resultado de la temperatura del prototipo. ....	114
Tabla 27	Orientación de las viviendas Sumaq Wasi.....	117
Tabla 28	Cuadro comparativo de temperaturas internas.....	119
Tabla 29	Prueba de normalidad.....	124
Tabla 30	Prueba t-Student para vivienda de techo de paja .....	125
Tabla 31	Prueba t-Student para vivienda de techo de calamina.....	126
Tabla 32	Resultados de la encuesta.....	126
Tabla 33	Resultados de la vivienda en SFR.....	130
Tabla 34	Resultados de la vivienda Sumaq Wasi .....	132
Tabla 35	Comparación de viviendas Sumaq Wasi.....	135



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Cuadro bioclimático que resume las estrategias de diseño .....	42
Figura 2 Modos de transmisión de calor en los edificios .....	45
Figura 3 Conducción de calor en un muro .....	46
Figura 4 Flujos térmicos en un espacio en equilibrio.....	51
Figura 5 Modelo Sumaq Wasi de material adobe .....	55
Figura 6 Puerta de las Sumaq Wasi.....	57
Figura 7 Detalle de cobertura .....	57
Figura 8 Diseño en adobe con área tapón.....	58
Figura 9 Ubicación geográfica del ámbito de estudio .....	61
Figura 10 Ubicación del centro poblado Pucrí y Challamayo Pata.....	67
Figura 11 Ubicación del centro poblado Challamayo Pata .....	68
Figura 12 Organigrama de Procesos.....	69
Figura 13 Construcción del prototipo Sumaq Wasi a escala 1/10.....	70
Figura 14 Prototipo Sumaq Wasi a escala 1/10.....	71
Figura 15 Termohigrometro Boeco SH-100.....	73
Figura 16 Regla para determinar el nivel de significancia.....	77
Figura 17 Regla para determinar el nivel de significancia.....	82
Figura 18 Promedio de temperatura interna de vivienda N° 16.....	90
Figura 19 Promedio de temperatura interna de vivienda N° 02.....	91
Figura 20 Promedio de temperatura interna de vivienda N° 06.....	93
Figura 21 Carta Bioclimática de Givoni Sumaq Wasi módulo N° 06.....	101
Figura 22 Carta Bioclimática de Givoni Sumaq Wasi módulo N° 02.....	102
Figura 23 Carta Bioclimática de Givoni Sumaq Wasi módulo N° 16.....	103



Figura 24	Fotografía frontal de la vivienda Sumaq Wasi.....	104
Figura 25	Orientación norte.....	105
Figura 26	Trayectoria Solar orientación norte a las 8:30 am y 2:00pm .....	105
Figura 27	Orientación noreste .....	106
Figura 28	Trayectoria solar orientación noreste a las 2:00pm .....	106
Figura 29	Trayectoria solar orientación noroeste a las 8:30am y 2:00pm .....	107
Figura 30	Orientación noroeste .....	107
Figura 31	Trayectoria solar orientación este a las 8:30am y 2:00pm.....	108
Figura 32	Orientación este.....	108
Figura 33	Trayectoria solar orientación oeste a las 8:30am .....	109
Figura 34	Orientación oeste.....	109
Figura 35	Trayectoria solar orientación sur a las 8:30am .....	110
Figura 36	Orientación sur.....	110
Figura 37	Trayectoria solar orientación sureste a las 8:30am y 2:00pm .....	111
Figura 38	Orientación sureste.....	111
Figura 39	Trayectoria solar orientación suroeste a las 8:30am y 2:00pm.....	112
Figura 40	Trayectoria solar orientación suroeste a las 2:00pm .....	112
Figura 41	Prototipo Orientado hacia el este .....	115
Figura 42	Prototipo Orientado hacia el sur.....	116
Figura 43	Prototipo Orientado hacia el norte .....	116
Figura 44	Orientación de las viviendas Sumaq Wasi.....	118
Figura 45	Vivienda típica de paja evaluada .....	121
Figura 46	Vivienda tradicional techo de calamina.....	121
Figura 47	Vivienda N° 6 Sumaq Wasi .....	122
Figura 48	Comparación de viviendas tradicionales y Sumaq Wasi .....	123



Figura 49	Percepción del usuario .....	127
Figura 50	Temperaturas de los ambientes SFR.....	131
Figura 51	Temperaturas de los ambientes Sumaq Wasi.....	133
Figura 52	Promedio de temperatura Sumaq Wasi y SFR.....	134
Figura 53	Comparación grafica de viviendas Sumaq Wasi.....	136



## ACRÓNIMOS

$A$ :	Área de pared plana
$C_e$ :	Calor específico del aire
C.P.:	Centro poblado
CER-UNI	Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería
CREAS	Centro de Recursos de Educación Ambiental para la Sostenibilidad
$e$ :	Espesor de la pared
$k$ :	Conductividad térmica del material
MS.N.M.:	Metros Sobre el Nivel del Mar
MEV	Módulo Experimental de Vivienda
MVCS:	Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento
NTP:	Norma Técnica Peruana
PNVR:	Programa Nacional De Vivienda Rural
RNE:	Reglamento Nacional de Edificaciones
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SENCICO:	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción
SPC:	Subdirección de Predicción Climática
SFR	San Francisco de Raymina
$ZC_{min}$ :	Límite mínimo de temperatura (confort térmico)
$ZC_{max}$ :	Límite máximo de temperatura (confort térmico)
$U$ :	Coefficiente global de transferencia de calor
$T$ :	Temperatura



$\Delta T$ :	Variación de temperatura
$m$ :	Masa de aire se denomina
$T_n$ :	Temperatura de neutralidad
$T_m$ :	Temperatura media
$Q$ :	Razón de transferencia de calor
$P_i$ :	Flujo ganado por ocupación en la vivienda
$1/h_i$ :	Conductividad térmica de la superficie.
$1/h_e$ :	Resistencia superficial exterior



## RESUMEN

El presente estudio investiga la influencia de las condiciones climáticas en el confort térmico de las viviendas diseñadas bajo el modelo bioclimático *Sumaq Wasi*. Su objetivo principal es analizar cómo las variaciones en temperatura y humedad afectan la habitabilidad de estas construcciones, formulando la hipótesis de que las fluctuaciones en estos parámetros en la región de Puno impactan directamente en las condiciones térmicas internas. Los elementos constructivos, como el aislamiento térmico y la orientación adecuada, mejoran el confort interno en comparación con viviendas tradicionales. Los resultados indican que las viviendas *Sumaq Wasi* mantienen temperaturas internas medianamente confortables durante las estaciones frías, aunque se identificaron áreas críticas donde condiciones externas adversas afectan negativamente el confort. Se estableció un rango de confort térmico adaptativo entre 13.57 °C y 20.57 °C, con mediciones que varían de 6.57 °C a 16.83 °C en el mes más frío y de 13.63 °C a 23.83 °C en los meses más cálidos, evidenciando sobrecalentamiento entre las 11:00 a.m. y las 2:00 p.m. La discusión resalta la efectividad de los materiales y la orientación, donde el 32% de las orientaciones son adecuadas hacia el norte, mientras que el 44% son inadecuadas. Además, al comparar con viviendas tradicionales de techo de paja y calamina, los módulos *Sumaq Wasi* muestran un mejor rendimiento térmico, con una variación mínima de 4.00 °C, subrayando la importancia del diseño bioclimático en la construcción de viviendas rurales y ofreciendo una base sólida para futuras mejoras en su diseño.

**Palabras Clave:** *Bioclimático, Prototipo, Orientación, Simulación, Habitabilidad, Confort térmico, Temperatura, Vivienda, Sumaq Wasi.*



## ABSTRACT

This study investigates the influence of climatic conditions on the thermal comfort of dwellings designed under the Sumaq Wasi bioclimatic model. Its main objective is to analyse how variations in temperature and humidity affect the habitability of these constructions, hypothesising that fluctuations in these parameters in the Puno region have a direct impact on internal thermal conditions. Construction elements, such as thermal insulation and proper orientation, improve internal comfort compared to traditional dwellings. Results indicate that *Sumaq Wasi* dwellings maintain moderately comfortable internal temperatures during cold seasons, although critical areas were identified where adverse external conditions negatively affect comfort. An adaptive thermal comfort range was established between 13.57 °C and 20.57 °C, with measurements varying from 6.57 °C to 16.83 °C in the coldest month and from 13.63 °C to 23.83 °C in the hottest months, with evidence of overheating between 11:00 a.m. and 2:00 p.m. The discussion highlights the effectiveness of materials and orientation, where 32% of the orientations are suitable north-facing, while 44% are inadequate. Furthermore, when compared to traditional thatched and calamine roofed houses, the Sumaq Wasi modules show better thermal performance, with a minimum variation of 4.00 °C, underlining the importance of bioclimatic design in rural housing construction and providing a solid basis for future design improvements.

**Keywords:** *Bioclimatic, Prototype, Orientation, Simulation, Habitability, Thermal comfort, Temperature, Housing, Sumaq Wasi.*



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El Perú presenta una notable diversidad climática, desde climas cálidos en la costa hasta fríos y lluviosos en los andes, y tropicales en la selva. La región de Puno, ubicada en el altiplano peruano, enfrenta condiciones extremas, caracterizadas por heladas y friaje que impactan negativamente la calidad de vida de sus habitantes. Para abordar estos desafíos, el Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR) ha implementado el proyecto *Sumaq Wasi*, que significa "*Casa Bonita*" en quechua, con el objetivo de ofrecer soluciones habitacionales que aseguren el confort térmico necesario para mitigar los efectos adversos del clima en comunidades vulnerables. En 2021, se construyeron 25 viviendas *Sumaq Wasi* en los centros poblados Pucrí y Challamayo Pata, a altitudes de 3,900 a 4,000 ms.n.m., diseñadas con materiales que optimizan la captación de calor solar y minimizan la pérdida térmica. Sin embargo, la aplicación práctica de estos principios bioclimáticos ha mostrado limitaciones que afectan su rendimiento en condiciones climáticas reales, lo que resalta la necesidad de analizar cómo las características constructivas influyen en el comportamiento térmico de estas edificaciones. Este estudio tiene como propósito evaluar el rendimiento térmico de las viviendas *Sumaq Wasi*, enfocándose en la disposición espacial, los materiales empleados y las estrategias bioclimáticas aplicadas. A través de un enfoque metodológico cuantitativo, se busca identificar áreas de mejora para optimizar el diseño y ejecución del programa. El interés por investigar el confort térmico surge a partir de las quejas de beneficiarios que indican que estas viviendas no mantienen un ambiente cálido ni cumplen con los principios bioclimáticos esperados. Para ello, se realizó una evaluación climatológica utilizando termohigrómetros dentro y fuera de las viviendas para recopilar datos sobre temperatura



y humedad relativa. También se analizó la orientación solar de las viviendas, dado su impacto significativo en la temperatura interna. Se comparó una vivienda típica construida con calamina y paja con la vivienda *Sumaq Wasi*, además de crear un prototipo a escala 1/10 para simular la orientación. Este estudio tiene como objetivo evaluar el rendimiento térmico de las viviendas *Sumaq Wasi* mediante un enfoque cuantitativo que considera variables como temperatura y humedad, utilizando instrumentos como termohigrómetros y simulaciones para identificar áreas de mejora. Además, se comparará el confort térmico entre las viviendas *Sumaq Wasi* y las construcciones tradicionales, buscando establecer criterios para optimizar el diseño y ejecución del programa.

Este trabajo de investigación se organiza en cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación:

**CAPÍTULO I:** En esta sección se aborda el planteamiento del problema, que incluye la identificación de los impactos adversos de las heladas y la motivación para investigar sobre la vivienda *Sumaq Wasi*. Así mismo, se desarrolla la Formulación de las preguntas de investigación, hipótesis, justificación; importancia del estudio, relevancia del estudio, credibilidad, transferibilidad, fidelidad y conformabilidad de la investigación.

**CAPÍTULO II:** En la sección de revisión de literatura, se analizan los referentes nacionales, internacionales y locales que sustentan el estudio y sus implicaciones. Además, se presentan las bases teóricas necesarias para describir los fundamentos teóricos y normativos del trabajo de investigación.

**CAPÍTULO III:** Esta sección abarca la ubicación del estudio, así como la metodología empleada, el tipo y nivel de investigación, el enfoque y el diseño metodológico. Además, se describen las técnicas de recolección de datos y se especifica la población objeto de estudio, que consiste en los 25 módulos de vivienda *Sumaq Wasi*.



**CAPÍTULO IV:** En esta sección se analiza los datos, resultados y discusión; Asimismo, se elaborarán las conclusiones y recomendaciones finales del estudio.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú cuenta con una gran diversidad de climas, como climas cálidos que se encuentran en zonas costeras, zonas tropicales que se encuentran en la selva, así también tenemos climas fríos y lluviosos en los andes, así como en zonas altoandinas y altiplánicas que viven expuestos a temperaturas bajo cero, como las heladas, causando enfermedades a veces letales especialmente en niños y ancianos, debido a las heladas en la región Puno para el año 2021. el programa de vivienda rural (PNVR) ejecutó 25 viviendas denominadas *Sumaq Wasi* para ofrecer confort térmico, protegiendo a sus beneficiarios de las bajas temperaturas en los centros poblados Pucrí y Challamayo Pata del distrito de Tiquillaca que están ubicados de 3,900 a 4,000 ms.n.m. nuestro estudio se basa en evaluar el comportamiento climatológico de esta vivienda si responde a la necesidad básica del confort térmico y aislar las bajas temperaturas Beteta & Reyes (2023).

La región de Puno, ubicada en el altiplano peruano, enfrenta desafíos climáticos severos, caracterizados por temperaturas extremadamente bajas y fenómenos como heladas y friaje. Estas condiciones afectan especialmente a las poblaciones rurales, que a menudo carecen de viviendas adecuadas para enfrentar tales adversidades. En respuesta a esta problemática, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) implementó el Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR), que incluye la intervención *Sumaq Wasi*. Este programa busca proporcionar viviendas climáticamente acondicionadas que garanticen un mínimo de confort térmico para sus habitantes.

Uno de los aspectos críticos que se deben considerar es cómo el diseño arquitectónico y los materiales utilizados en las viviendas *Sumaq Wasi* influyen en su



rendimiento térmico. Las estrategias bioclimáticas implementadas, como la orientación de las viviendas y el uso de materiales aislantes, son esenciales para maximizar la captación de calor solar y minimizar la pérdida térmica. No obstante, se ha observado que algunos beneficiarios reportan insatisfacciones térmicas internas, lo que sugiere que estas estrategias no están siendo efectivas en todos los casos.

Este estudio tiene como objetivo evaluar el confort térmico de las viviendas *Sumaq Wasi* en Puno, analizando tanto sus características constructivas como la satisfacción de los beneficiarios. A través de un enfoque metodológico, que combine mediciones objetivas del rendimiento térmico con encuestas sobre la percepción del usuario, se busca identificar áreas de mejora que puedan optimizar el diseño y la ejecución del programa.

Ante las quejas de algunos beneficiarios de las viviendas *Sumaq Wasi*, quienes han señalado que estas no logran proporcionar el calor esperado ni funcionan adecuadamente como viviendas bioclimáticas, eso ha motivado y ha intensificado mis investigaciones sobre el comportamiento bioclimático y el confort térmico en el interior de estas construcciones. Este interés surge de la necesidad de comprender las deficiencias en el diseño y la ejecución que podrían estar afectando su rendimiento térmico, lo cual es crucial para garantizar que estas viviendas cumplan con su propósito de ofrecer un ambiente cálido y confortable a las familias que habitan en regiones con condiciones climáticas adversas.

Al analizar la orientación de las viviendas en relación con la trayectoria del sol, se buscó determinar el impacto que esta tenía sobre la temperatura interna. Para ello, se evaluó un prototipo a escala de 1/10, lo que permitió observar detalladamente cómo la disposición espacial influía en el confort térmico. Además, se realizó una comparación



de la vivienda *Sumaq Wasi* con una vivienda típica de la zona, construida con calamina y paja, para identificar diferencias significativas en su comportamiento térmico para evaluar el rendimiento de la vivienda *Sumaq Wasi*.

## **1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Pregunta general**

- ¿Cómo influye la Temperatura y la humedad relativa interior al confort térmico de la vivienda *Sumaq Wasi*?

### **1.2.2 Preguntas específicas**

- a. ¿Cuáles son los materiales utilizados y su desempeño térmico en la vivienda *Sumaq Wasi*?
- b. ¿Cuál es la orientación adecuada para las viviendas *Sumaq Wasi* que favorece la captación Solar?
- c. ¿La vivienda *Sumaq Wasi* presenta un rendimiento térmico superior al de las viviendas tradicionales construidas artesanalmente?

## **1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Hipótesis general**

- Las temperatura y humedad relativa interior influyen en el confort térmico de la vivienda *Sumaq Wasi*, mejorando la habitabilidad.

### **1.3.2 Hipótesis específicas**

- a. Los materiales utilizados y su desempeño térmico de la vivienda *Sumaq Wasi* permiten la captación y retención de calor solar.



- b. La orientación adecuada de las viviendas *Sumaq Wasi*, alineada con la trayectoria solar, optimiza la captación de radiación solar, mejorando el confort térmico.
- c. La vivienda *Sumaq Wasi* presenta un rendimiento térmico superior al de las viviendas tradicionales construidas artesanalmente.

#### 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel internacional, el **confort térmico** en viviendas rurales ha adquirido una importancia creciente debido al aumento de las temperaturas globales y los efectos del cambio climático. Investigaciones recientes han evidenciado que las condiciones térmicas en estas viviendas suelen ser inadecuadas, afectando la salud y el bienestar de sus ocupantes. Por ejemplo, estudios realizados en China indican que los residentes en áreas rurales enfrentan temperaturas internas muy bajas, lo que subraya la necesidad de diseñar viviendas que no solo sean sostenibles, sino que también ofrezcan un ambiente térmico confortable sin depender excesivamente de sistemas de calefacción costosos Wei et al., (2022). En el contexto peruano, la diversidad climática del país, que abarca desde climas cálidos en la costa hasta climas fríos y lluviosos en los andes y zonas altoandinas, plantea desafíos únicos. En regiones como Puno, donde las temperaturas pueden descender por debajo de cero, las heladas son un riesgo significativo, especialmente para niños y ancianos. La evaluación de las propiedades climatológicas en la construcción de viviendas *Sumaq Wasi* es esencial para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, ya que estas estructuras están diseñadas para enfrentar las extremas condiciones climáticas de la zona altoandina. La justificación de este estudio radica en la necesidad de analizar cómo los diseños bioclimáticos implementados en los módulos habitacionales cumplen su objetivo de proporcionar un ambiente interior confortable. Este análisis es crucial en



contextos donde las heladas son comunes y afectan directamente la salud pública. Según Huamani et al. (2021), las viviendas *Sumaq Wasi* se construyen siguiendo criterios que optimizan el uso de materiales locales y técnicas constructivas adecuadas, fundamentales para mitigar las pérdidas térmicas y garantizar un confort adecuado. Sin embargo, investigaciones previas indican que algunos usuarios reportan incomodidades relacionadas con temperaturas extremas en el interior de sus viviendas Herencia & Palomino (2022). Esto sugiere la necesidad de un análisis más profundo sobre la efectividad de los sistemas constructivos utilizados y su adecuación a las necesidades reales de los usuarios. La metodología del estudio incluirá mediciones continuas de temperatura y humedad, así como encuestas a los residentes para obtener una visión integral sobre su percepción del confort térmico. Se utilizarán herramientas como termohigrómetros para evaluar el comportamiento térmico de los módulos bajo diferentes escenarios climáticos Vilca (2023). Este estudio no solo busca mejorar el confort térmico, sino también tener un impacto social positivo; al optimizar las condiciones habitacionales, se contribuye a la salud pública y al desarrollo sostenible en comunidades vulnerables. Las conclusiones esperadas permitirán identificar deficiencias en el diseño actual y proponer mejoras aplicables a futuras construcciones dentro del Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR). Así, la evaluación del confort térmico se convierte en una herramienta clave para desarrollar políticas públicas efectivas y adaptadas a realidades locales, asegurando que las inversiones en infraestructura habitacional beneficien realmente a quienes más lo necesitan. En conclusión, el análisis del confort térmico en las viviendas *Sumaq Wasi* es relevante no solo desde una perspectiva técnica, sino que también tiene profundas implicaciones para el bienestar social y económico de las comunidades altoandinas. La investigación justifica plenamente su realización al abordar desafíos críticos como las heladas que afectan a poblaciones vulnerables.



### **1.4.1 Importancia de estudio**

El estudio del confort térmico en las viviendas *Sumaq Wasi* es crucial dado que estas edificaciones están diseñadas para enfrentar las severas condiciones climáticas de la región de Puno, caracterizadas por heladas y friaje. Evaluar su rendimiento térmico no solo contribuirá a mejorar la calidad de vida de los beneficiarios, sino que también permitirá optimizar el diseño y la ejecución de futuros proyectos habitacionales en zonas vulnerables.

### **1.4.2 Relevancia de estudio**

La relevancia de esta investigación radica en su potencial para influir en políticas públicas relacionadas con la vivienda rural. Al proporcionar datos concretos sobre el confort térmico, se podrán realizar ajustes necesarios en el programa *Sumaq Wasi*, garantizando que cumpla con su objetivo de ofrecer un refugio adecuado para las familias afectadas por condiciones climáticas adversas.

#### **1.4.2.1 Credibilidad**

La credibilidad del estudio se fundamenta en un enfoque metodológico riguroso, que combina análisis cuantitativos. Se utilizarán herramientas como encuestas, entrevistas y mediciones directas del comportamiento térmico en las viviendas, lo que asegurará la validez de los hallazgos y su aplicación práctica.

#### **1.4.2.2 Transferibilidad**

Los resultados obtenidos podrán ser transferidos a otros contextos similares dentro del altiplano peruano y otras regiones andinas que enfrentan desafíos similares. Esto permitirá que las lecciones aprendidas



en Puno sirvan como modelo para futuras intervenciones en otras comunidades vulnerables.

#### **1.4.2.3 Fidelidad**

La fidelidad del estudio se garantizará mediante la triangulación de datos, utilizando diversas fuentes de información y métodos de recolección. Esto permitirá corroborar los hallazgos y ofrecer una visión más completa sobre el impacto del diseño y los materiales utilizados en el confort térmico de las viviendas.

#### **1.4.2.4 Confirmabilidad**

Para asegurar la confirmabilidad, se documentará todo el proceso investigativo, permitiendo que otros investigadores puedan replicar el estudio o verificar sus resultados. La transparencia en la metodología utilizada será clave para establecer la objetividad del análisis.

### **1.4.3 Consecuencia de estudio**

Las consecuencias esperadas incluyen recomendaciones prácticas para mejorar el diseño arquitectónico y los materiales utilizados en las viviendas *Sumaq Wasi*. Esto no solo beneficiará a los actuales beneficiarios, sino que también impactará positivamente en futuras construcciones bajo este programa, contribuyendo a una mayor resiliencia ante fenómenos climáticos.

### **1.4.4 Limitaciones de estudio**

Entre las limitaciones se encuentran el paro por cambio de gobierno que impidió los estudios en el mes de enero del 2023, el acceso restringido a algunas



comunidades debido a factores geográficos y socioeconómicos, así como la posibilidad de sesgos en las respuestas de los encuestados. Estas limitaciones serán consideradas al interpretar los resultados y al formular recomendaciones.

#### **1.4.5 Cuestiones éticas**

Las cuestiones éticas del estudio bioclimático de viviendas *Sumaq Wasi* que el estudio es auténtico y se han citado a todos los autores de que se ha recogido. Llevará a cabo respetando principios éticos fundamentales, incluyendo el consentimiento informado de los participantes y la confidencialidad de sus datos.

### **1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.5.1 Objetivo general**

- Evaluar la influencia de la temperatura y humedad relativa al confort térmico de la vivienda *Sumaq Wasi*.

#### **1.5.2 Objetivo específico**

- a. Identificar los materiales utilizados y su desempeño térmico en la vivienda *Sumaq Wasi*.
- b. Determinar la orientación adecuada para las viviendas *Sumaq Wasi* que maximice la captación solar, mejorando así el confort térmico.
- c. Comparar el rendimiento térmico de las viviendas *Sumaq Wasi* con el de las viviendas tradicionales construidas artesanalmente.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Garín (2021), la eficiencia energética en edificaciones ha adquirido creciente relevancia a nivel mundial y nacional, siendo el sector residencial en Uruguay responsable del 18% del consumo energético final en 2018. Con el apoyo de normativas y políticas nacionales, se busca un crecimiento sostenible que integre aspectos de sustentabilidad y confort térmico en el diseño de construcciones. Dado que las edificaciones tienen una larga vida útil y un alto potencial de consumo energético, las decisiones tomadas durante su diseño y construcción pueden tener consecuencias duraderas. Esta tesis tiene como objetivo realizar un análisis termo-energético centrado en la envolvente de una vivienda de interés social, evaluando cómo diferentes aspectos de diseño y construcción impactan en la eficiencia energética. Se tomará como caso de estudio una tipología constructiva comúnmente utilizada por MEVIR, que ha proporcionado más de 30,000 soluciones habitacionales en Uruguay. La metodología empleada incluye simulaciones térmicas utilizando CYPETHERM Eplus, basado en EnergyPlus, para analizar el comportamiento térmico y energético de la vivienda bajo condiciones específicas. Se llevarán a cabo simulaciones para dos localidades (Salto y Montevideo) y se evaluarán diversas estrategias de mejora. Los resultados indican que cambios como el uso de poliestireno expandido en la cubierta y la reubicación de aberturas pueden mejorar



significativamente el confort térmico. Además, se destaca la importancia de la orientación de la vivienda, con variaciones de confort superiores al 40% según su ubicación. En conclusión, se enfatiza que una adecuada elección de orientación y ubicación de aberturas es crucial para optimizar el confort térmico en viviendas sociales.

Díaz (2011), aplicando el software STAR CCM+ para evaluar el comportamiento térmico de una edificación en función de la radiación solar, con el objetivo de determinar su viabilidad y utilidad en la fase de diseño. El modelo a analizar será un aula de clase de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Este programa de simulación generará una base de datos sobre los flujos de calor en las paredes del aula, considerando los procesos de convección, conducción y radiación solar. A partir de la simulación, se obtendrán parámetros clave, como la radiación directa en las paredes, el coeficiente de transferencia de calor y la temperatura superficial. Se llevarán a cabo dos simulaciones: una con la fachada principal orientada al norte (orientación real) y otra con la fachada orientada al sur (orientación ficticia). Los datos obtenidos permitirán analizar el comportamiento térmico del aula y detectar sus deficiencias, lo que facilitará realizar las modificaciones necesarias en el proyecto antes de su ejecución. De este modo, se busca mejorar el diseño final de la edificación utilizando esta herramienta de simulación, optimizando su rendimiento energético y garantizando un mayor confort para los usuarios.

Felices (2017), el avance de la ciencia y la tecnología ha diversificado las soluciones constructivas disponibles para edificios, mientras que la normativa ha evolucionado para elevar los estándares constructivos. Sin embargo, muchas de estas soluciones son reinterpretaciones de estrategias tradicionales. Actualmente,



coexisten enfoques que utilizan tecnologías avanzadas y aquellos que priorizan el aprovechamiento de las condiciones circundantes y la simplicidad en el diseño. Esta tesis se centra en el análisis del comportamiento térmico y energético del Centro de Recursos de Educación Ambiental para la Sostenibilidad (CREAS), un edificio que integra diversas estrategias pasivas en su diseño, cumpliendo así con normativas vigentes y minimizando el impacto ambiental. La investigación comenzó con un estudio del estado actual del conocimiento y se llevaron a cabo campañas de monitoreo entre 2013 y 2016 para evaluar las estrategias pasivas implementadas. Se utilizó un modelo experimental y uno simulado para contrastar los resultados. Los hallazgos indican que el edificio presenta temperaturas más altas en invierno que en verano, gracias a la longitud de los aleros que regulan la radiación solar. La ventilación nocturna es crucial en verano, y se sugiere mejorar la estanqueidad en invierno para optimizar el confort térmico. La orientación sur del edificio y su construcción semienterrada por el lado norte mejoran su eficiencia energética. Aunque no todas las estrategias son ventajosas durante todo el año, ninguna presenta desventajas severas en su comportamiento térmico general. Es esencial contar con un modelo simulado para cuantificar adecuadamente la influencia de estas estrategias pasivas.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Molina (2017), realizó un análisis exhaustivo del rendimiento térmico de un Módulo Experimental de Vivienda (MEV), evaluando doce configuraciones diferentes que abarcan desde su estado inoperativo hasta su máxima funcionalidad. Este estudio incluye aspectos como la pernoctación, la actividad humana, el uso de cocinas a gas y la implementación de dos sistemas activos de



calefacción solar, además del uso de contraventanas. La investigación se fundamenta en mediciones de temperatura y humedad, centrándose principalmente en la temperatura como el parámetro clave para evaluar el desempeño térmico del MEV. Se analiza el aumento de la temperatura interna en comparación con la externa, así como las ganancias térmicas derivadas de la operatividad del módulo. La comparación entre las temperaturas promedio diarias interior y exterior permite evaluar la efectividad de las estrategias de calentamiento y enfriamiento pasivo. Los resultados obtenidos muestran que, al aplicar adecuadamente las técnicas bioclimáticas y considerar las ganancias internas, el MEV puede lograr incrementos promedio de temperatura de  $9.45^{\circ}\text{C}$ . En situaciones críticas durante la madrugada, cuando la temperatura exterior desciende a  $-7.09^{\circ}\text{C}$  a las 6:00 am, se registran aumentos de hasta  $16.62^{\circ}\text{C}$ . Estos resultados subrayan la eficacia de las estrategias bioclimáticas en la mejora del confort térmico en condiciones extremas.

Umán (2019), señala que las temperaturas en la región sur del Perú están aumentando debido al cambio climático, lo que incrementa la vulnerabilidad de las comunidades rurales situadas a más de 3000 ms.n.m. a enfermedades respiratorias. Este estudio busca mejorar las condiciones térmicas de habitabilidad en las viviendas rurales de Anta, Cusco, mediante la implementación de estrategias de climatización que aprovechen sistemas naturales, dado que estas viviendas actualmente carecen de confort térmico y métodos adecuados de calefacción, lo que genera problemas de salud entre sus habitantes. La investigación incluye un diagnóstico de las áreas con mayor transferencia de calor y la identificación de estrategias climatológicas, tanto activas como pasivas. La metodología utilizada es explicativa-experimental; en una primera fase se analizan



las características del entorno y las viviendas rurales, seguida por una encuesta para recopilar información sobre los parámetros de confort térmico. Finalmente, se procesan los datos para establecer criterios de intervención y se proponen cuatro estrategias de climatización pasiva, evaluando su impacto térmico en las viviendas. Los resultados demuestran que estas estrategias son viables y pueden implementarse en construcciones existentes, logrando una mejora significativa en el confort térmico y reduciendo hasta un 80% la necesidad de calefacción.

Molina (2016), analiza la energía asociada a técnicas bioclimáticas en la construcción de una vivienda altoandina en la comunidad de San Francisco de Raymina (SFR), Ayacucho. Se investiga la interacción entre los habitantes y las técnicas implementadas para recomendar procedimientos que aumenten la temperatura interior. El estudio se centra en una "vivienda nueva" construida en 2010 por el CER-UNI, utilizando sensores de temperatura y humedad relativa, así como una estación meteorológica para registrar datos exteriores desde octubre de 2012. Se emplea el software EnergyPlus para simular la temperatura interior y se contrastan estos resultados con mediciones experimentales. Además, se incluye una vivienda tradicional acondicionada térmicamente por el CER-UNI, donde se mide la temperatura interior y se recogen las opiniones de los habitantes sobre las modificaciones realizadas. Los resultados muestran que la humedad relativa promedio es del 73,1%, alcanzando un máximo de 83,5% en marzo y un mínimo de 62,8% en junio. Las temperaturas interiores son comparables o superiores a las exteriores, con promedios de 15,7°C en el dormitorio norte y 11,2°C en el dormitorio sur. Las oscilaciones térmicas son influenciadas por factores externos como la radiación solar. La claraboya se destaca como la técnica bioclimática más efectiva para elevar la temperatura interior, aumentando hasta 9°C por encima de



la temperatura exterior durante la noche. En general, los resultados indican que las condiciones térmicas se sitúan dentro de la zona de confort establecida.

Rojas & Altamirano (2023), analizan el confort térmico en dos tipologías de vivienda ubicadas en la provincia de Cotopaxi, Ecuador, a más de 2,900 metros sobre el nivel del mar. Este estudio revela las limitaciones en la implementación y construcción de viviendas rurales debido a la falta de criterios técnicos adecuados para las condiciones climáticas específicas. A través de la recolección de datos in situ y simulaciones por software, los autores identifican mejoras significativas en el confort térmico tras modificaciones en los materiales utilizados y el diseño arquitectónico. Los resultados indican un aumento del 14% en las temperaturas operativas para una tipología y del 23% para otra, lo que demuestra que una adecuada gestión material puede contribuir a soluciones innovadoras para el confort térmico.

Huamani et al. (2021), en Perú, las heladas afectan las zonas altoandinas a partir de los 2,500 ms.n.m., según el Decreto Supremo N.o 051-2010-EF. Esta investigación se centra en el anexo de Misquipata, ubicado a 3,646 ms.n.m., donde las temperaturas oscilan entre  $-6^{\circ}\text{C}$  y  $-4^{\circ}\text{C}$ , impactando negativamente en la salud, educación, infraestructura y actividades agrícolas y ganaderas de la población. En respuesta a esta problemática, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) implementó el Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR), que incluye la construcción de módulos de vivienda Sumaq Wasi para mejorar la calidad de vida de grupos en situación de pobreza. En Misquipata, se iniciaron en 2019 la construcción de 67 módulos Sumaq Wasi, entregados a principios de 2020, diseñados para enfrentar las heladas. Cada módulo tiene un área de  $26.25\text{ m}^2$  con un diseño bioclimático, techos a dos aguas, dos dormitorios,



un ambiente social y un área tapón. La investigación se llevó a cabo entre 2020 y 2021 con visitas quincenales y una muestra no probabilística de los 67 módulos. Se utilizaron instrumentos como termohigrómetros y encuestas para evaluar el confort térmico. Los resultados indican que el confort térmico es medianamente adecuado debido a factores climáticos y arquitectónicos; además, los módulos no satisfacen las necesidades de los usuarios, lo que lleva a un uso inadecuado de los espacios. Se propone el desarrollo de cuatro tipos de módulos adaptados a diferentes entornos y orientaciones para mejorar esta situación. Las temperaturas mínimas dentro de las viviendas alcanzan hasta 2.5°C en los meses más fríos, siendo poco adecuadas para el bienestar de los beneficiarios.

Silva et al. (2017), destacan que en la región de Áncash, donde las temperaturas son consistentemente bajas, es fundamental contar con viviendas que ofrezcan un adecuado comportamiento térmico para mejorar el confort y salvaguardar la salud de sus residentes. Este proyecto se centra en optimizar las condiciones de confort térmico en una vivienda en Huaraz mediante el aprovechamiento de la energía solar pasiva. Se empleó una metodología experimental con un diseño pre-experimental que incluyó fases de pre-prueba y post-test para evaluar las características de temperatura y humedad relativa, lo cual permitió identificar las intervenciones necesarias. Como resultado, la humedad relativa se redujo del 46% al 23%, y la temperatura interior aumentó entre 1.2°C y 2.6°C, logrando ambientes con temperaturas consideradas confortables durante el invierno, manteniéndose en un rango de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Además, los espacios alcanzaron temperaturas superiores a 20°C por más de siete horas diarias, lo que se traduce en un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica. Estos



cambios también contribuyeron a mejorar la calidad de vida de los ocupantes, quienes ahora disfrutan de ambientes más saludables y confortables.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

Poma (2020), aborda la necesidad de optimizar el confort térmico en estas viviendas mediante el uso de estrategias bioclimáticas. Este estudio, de tipo aplicativo y nivel descriptivo, utilizó encuestas y fichas de observación validadas por expertos para evaluar la aplicabilidad de las propuestas. Se concluyó que un diseño arquitectónico que aproveche adecuadamente las condiciones climáticas puede mejorar significativamente el bienestar térmico y, por ende, la calidad de vida de los habitantes. Los hallazgos revelaron que en los cuatro espacios evaluados sala, cocina, dormitorio principal y dormitorio secundario se logró un nivel de confort térmico adecuado el 84% del tiempo durante el año, mientras que solo un 16% del tiempo se experimentó desconfort. La arquitectura bioclimática demostró ser efectiva en el control de la ganancia y pérdida de calor, logrando un balance térmico que varía entre -579 a +594 W/h, manteniéndose dentro de los límites permitidos para el confort. A través del análisis del sitio y las condiciones climáticas, así como la definición de estrategias de diseño como orientación, elementos de control solar y selección de materiales constructivos, se desarrolló un modelo que mejora el confort térmico sin necesidad de sistemas de climatización artificial. La simulación realizada con el programa Ecotect Analysis validó la correcta aplicación y efectividad de estas estrategias en las viviendas del distrito de Pucará.

Flores (2023), en el centro poblado de Quenafaja, las viviendas son construidas de manera artesanal, lo que expone a sus habitantes a vulnerabilidades



frente a condiciones climáticas adversas. Para abordar esta problemática, el Estado, a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, ha implementado el programa “*Sumaq Wasi*”, que consiste en la ejecución de módulos habitacionales bioclimáticos. La investigación tiene como propósito principal evaluar las condiciones de confort térmico en viviendas rurales. Para ello, se adoptó un enfoque cuantitativo no experimental, utilizando técnicas de observación directa, encuestas y entrevistas que permiten analizar diversos factores físicos y ambientales. Se emplearon termohigrómetros para registrar la temperatura y la humedad relativa tanto en el interior como en el exterior de las viviendas tradicionales y los módulos *Sumaq Wasi*, durante un periodo de tres meses, realizando lecturas diarias. Los resultados mostraron que las viviendas tradicionales presentan una pérdida total neta de calor de 2,342.015 W en invierno, mientras que las viviendas *Sumaq Wasi* solo pierden 110.88 W. En verano, las viviendas tradicionales tienen una ganancia total neta de 4,040.09 W, en comparación con los 2,827.85 W de las *Sumaq Wasi*. Además, se propuso un nuevo diseño bioclimático que logra ganancias de calor en invierno y verano de 2,777.31 W y 3,747.63 W respectivamente, garantizando un equilibrio térmico adecuado. Este nuevo diseño busca mejorar las condiciones de confort térmico y contribuir al desarrollo sostenible de la comunidad.

Vilca (2023), tiene como objetivo proponer una vivienda rural bioclimática para mejorar la habitabilidad en el sector Ccarmi, distrito de Antauta. La metodología incluyó la evaluación de la situación actual mediante encuestas y mediciones de temperatura interior y exterior. Los resultados revelaron que las familias, compuestas por cuatro miembros, obtienen agua de pozo y utilizan letrinas de hoyo seco, además de depender de paneles solares para su energía



eléctrica. Las viviendas presentan un estado regular, con techos de calamina y una alta exposición a radiación solar y heladas entre mayo y julio. La propuesta de diseño bioclimático se basa en un análisis del módulo térmico total, que indica una ganancia solar semanal de 10,681.4 kWh, con contribuciones adicionales por calor humano y energía latente. La energía emitida semanalmente se estima en 12,914.1 kWh, considerando infiltraciones y ventilación. Para implementar esta propuesta se calculó un presupuesto total de S/ 54,417.14. Este enfoque busca no solo mejorar las condiciones térmicas dentro de las viviendas, sino también elevar la calidad de vida de los habitantes al utilizar recursos locales y estrategias bioclimáticas que optimicen el confort sin depender de sistemas artificiales de climatización.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

Para realizar este trabajo, es esencial comprender el enfoque del confort térmico de la ingeniería bioclimática. Debe conocer el comportamiento de la trayectoria solar, las ganancias solares, la transferencia de calor, las propiedades termo físicas de los materiales y los criterios que se tomaran para el diseño bioclimático de una vivienda.

### **2.2.1 Confort térmico**

El confort térmico, según la definición de Torres (2010), se refiere a la sensación de satisfacción que experimenta una persona en relación con su entorno térmico, resultado de un equilibrio entre las condiciones ambientales y la capacidad del cuerpo humano para regular su temperatura. Esta noción se complementa con la Norma ISO 7730, que lo describe como "un estado mental que refleja la satisfacción con el ambiente térmico". Esto implica que el confort

térmico es una experiencia subjetiva, variando entre individuos en función de factores personales como la vestimenta y el nivel de actividad física.

Según Yarke (2015), cuando una persona experimenta comodidad térmica en relación con su entorno, ya sea en espacios al aire libre o interiores, se dice que se encuentra en un estado de "bienestar térmico" o que disfruta de "confort térmico". Esta condición implica una adecuada interacción entre las variables ambientales y la percepción individual, lo que resulta en una sensación de satisfacción con el ambiente que la rodea.

Nikolopoulou et al. (1999) enfatizan que el confort térmico no solo depende de factores físicos como la temperatura del aire y la humedad, sino también de aspectos psicológicos y sociales. La adaptación del organismo a condiciones térmicas específicas juega un papel fundamental en esta percepción.

### 2.2.2 Zona de confort térmico

La **zona de confort** se refiere al rango de condiciones ambientales en el cual el cuerpo humano puede mantener un equilibrio térmico óptimo. Para evaluar y definir esta zona, se han desarrollado diversos índices y herramientas bioclimáticas, entre los que destacan los índices de valoración de Fanger, el diagrama bioclimático de Olgyay, la carta psicométrica de Givoni y los triángulos de Evans. Estos indicadores son fundamentales en el estudio del confort térmico. La zona de confort se establece mediante la representación gráfica de las combinaciones de temperatura del aire y humedad relativa en un diagrama psicométrico. Este gráfico permite identificar el rango óptimo en el que los ocupantes se sienten cómodos, facilitando la evaluación de las condiciones térmicas del ambiente. Esta tabla se centra exclusivamente en estos dos



parámetros, mientras que otros factores relevantes, como el movimiento del aire y la temperatura media radiante, se consideran constantes. Se asume que el movimiento del aire es moderado y que la temperatura media radiante se aproxima a la temperatura del aire. Los diagramas bioclimáticos o cartas bioclimáticas son herramientas visuales que permiten ilustrar las zonas de confort dentro del contexto de los diagramas psicométricos, facilitando así la comprensión de las condiciones ambientales ideales para el bienestar humano Molina (2017).

### **2.2.2.1 Diagrama Bioclimática de Baruch Givoni**

El modelo propuesto por Givoni (1998) facilita la identificación de las características bioclimáticas de un lugar al incorporar en un climograma los valores mensuales promedio de temperatura y humedad. Lo más significativo de este enfoque es que, a partir de su análisis, se pueden desarrollar estrategias de diseño que permiten que los edificios mantengan condiciones de confort sin depender de energía adicional, utilizando únicamente recursos naturales como la energía solar, el viento, y las variaciones diarias de temperatura y humedad ambiental. De hecho, este enfoque bioclimático es fundamental para asegurar un equilibrio entre las condiciones climáticas y las demandas térmicas humanas, lográndose así un diseño sostenible y eficiente en términos energéticos. Este método considera las características constructivas como factores que modifican las condiciones del clima exterior. En sus recomendaciones, se centra en promover el bienestar interior de las edificaciones, asegurando que los espacios habitables se adapten de manera óptima a las condiciones climáticas externas. Al considerar factores como la orientación, los

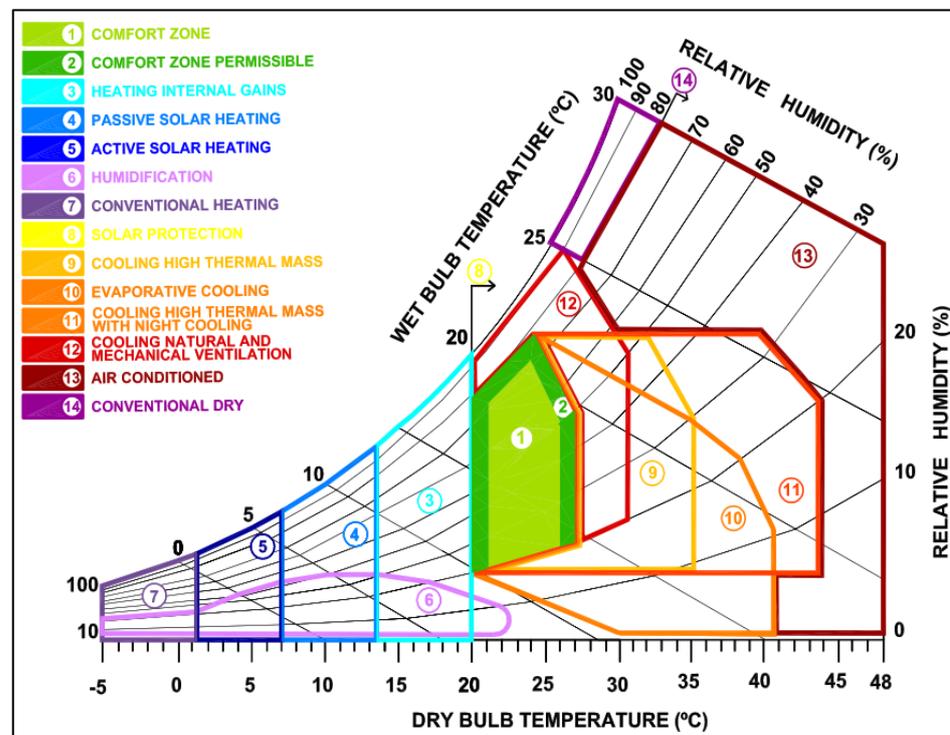
materiales utilizados y la ventilación, este enfoque tiene como objetivo optimizar el confort de los ocupantes y aumentar la eficiencia energética de los edificios Givoni (1998).

### 2.2.2.2 Estrategias de confort térmico

El diagrama (Figura 1) ilustra cómo las ganancias de calor internas, generadas por elementos como equipos electrónicos, ocupantes y sistemas de iluminación, son suficientes para calentar el edificio en condiciones de temperatura ligeramente frías. Esta capacidad de las ganancias internas para mejorar el confort térmico subraya la necesidad de integrar estos factores en el diseño de edificaciones eficientes, lo que permite disminuir la dependencia de sistemas de calefacción mecánicos Givoni (1998).

**Figura 1**

*Cuadro bioclimático que resume las estrategias de diseño*



Fuente: Extraído de (Manzano et al., 2015, p. 737).



Nota: Un cuadro bioclimático que resume las estrategias de diseño adaptadas a las condiciones ambientales particulares del clima.

### **2.2.2.3 Modelos adaptativos de la temperatura de confort**

Los modelos de adaptación se utilizan en contextos donde la ventilación natural es factible. Diversos estudios de campo han demostrado la relación entre la temperatura de confort y las variables climáticas externas. Estos modelos adaptativos consideran las fluctuaciones del clima exterior para determinar las preferencias térmicas en los espacios interiores. También conocidos como modelos de neutralidad térmica, se diferencian de los enfoques racionales, ya que no se basan en principios termo-fisiológicos obtenidos de ensayos de laboratorio. En su lugar, el modelo adaptativo se apoya en datos recolectados a partir de investigaciones sobre el confort térmico en diversas condiciones climáticas. La temperatura de confort está frecuentemente vinculada a la temperatura de neutralidad ( $T_n$ ), y las relaciones establecidas por varios autores se pueden observar en la Tabla 1, donde  $T_m$  representa el promedio anual o mensual de la temperatura exterior del lugar. Este enfoque favorece un diseño más flexible y eficiente, alineándose con las condiciones ambientales específicas y promoviendo un mayor bienestar para los ocupantes, al tiempo que se reduce el consumo energético Torres (2010).

**Tabla 1***Modelos de temperatura adaptativa*

<b>Autor</b>	<b>Modelo</b>	<b>Coefficiente de correlación</b>
Humphreys (1976)	$T_n = 11,9 + 0,534 T_m$	( $r=0,97$ )
Auliciems (1981)	$T_n = 17,6 + 0,31 T_m$	( $r=0,88$ )
Griffiths (1990)	$T_n = 12,1 + 0,534 T_m$	
Nicol et al. (1993)	$T_n = 17,0 + 0,38 T_m$	( $r=0,975$ )
Brager /de Dear (1998)	$T_n = 17,8 + 0,31 T_m$	
Humphreys / Nicol (2000)	$T_n = 13,5 + 0,54 T_m$	

Fuente: Tomado de Gómez et al. (2007, p. 51).

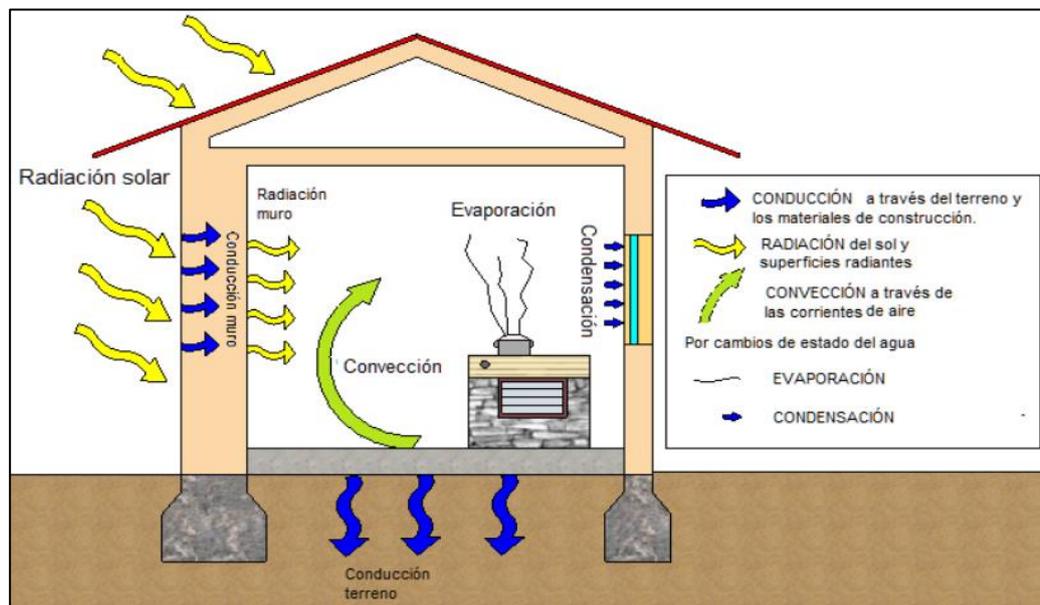
### 2.2.3 Transferencia de calor

Desde la perspectiva de Cengel (2007), todos los modos de transferencia de calor requieren una diferencia de temperatura para que se produzca el flujo de energía térmica, que siempre ocurre desde la región de mayor temperatura hacia la de menor temperatura. Este principio básico se aplica a los tres mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación. La Figura 2 ilustra claramente este proceso, destacando cómo las variaciones térmicas impulsan la transferencia de calor en diferentes contextos.

La termodinámica es la ciencia que estudia las transiciones y reacomodos de energía, particularmente en forma de calor, en los cuerpos de materia. Por otro lado, la transferencia de calor se enfoca en el estudio del intercambio de energía térmica entre cuerpos que se encuentran a diferentes temperaturas, conocidos como fuente y receptor. Este proceso ocurre desde el cuerpo más caliente hacia el más frío, buscando alcanzar un equilibrio térmico. Este enfoque es fundamental para comprender cómo se gestionan y optimizan las condiciones térmicas en diversas aplicaciones de ingeniería Kern (1999).

**Figura 2**

*Modos de transmisión de calor en los edificios*



Fuente: Extraído de García (2011, p. 36).

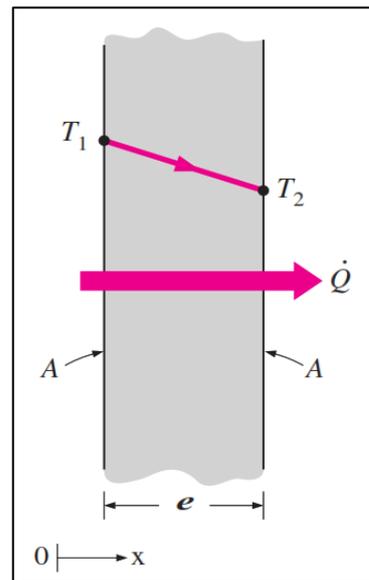
### 2.2.3.1 La conducción

Como afirman Incropera & Witt (2009), La conducción es el proceso mediante el cual se transfiere energía térmica, en el que las partículas de una sustancia con mayor energía térmica transfieren calor a aquellas que tienen menor energía. Este intercambio ocurre a través de interacciones moleculares dentro del mismo material o entre diferentes sustancias en contacto, permitiendo que el calor se propague desde las regiones más calientes hacia las más frías.

Según Maristany & Angiolini (2017), la **conducción de calor** se produce cuando la energía térmica se transfiere directamente entre materiales en contacto, sin que haya mezcla ni movimiento de sustancias tal como se muestra en la Figura 3. Este proceso permite que el calor se transmita de una superficie a otra, como ocurre a través de un muro o entre dos objetos que están en contacto directo.

**Figura 3**

*Conducción de calor en un muro*



Fuente: Extraído de Cengel (2007. p. 18).

$$Q = kA \frac{T_1 - T_2}{e} \quad (1)$$

Fuente: formula extraído de Cengel (2007. p. 18)

Donde:

$Q$  : Razón de transferencia de calor

$k$  : Conductividad térmica

$A$  : Área de la pared

$T_1$  y  $T_2$  : Temperatura externa e interna.

$e$  : Espesor del muro

### 2.2.3.2 La convección

Valiente (2013), En su obra *Ingeniería del Calor*, define la convección como el proceso de transferencia de calor que se produce a través del movimiento de corrientes en un fluido. Este fenómeno se



produce tanto en líquidos como en gases, y es fundamental para entender cómo se transfiere el calor en sistemas industriales y en la naturaleza.

Según Yarke (2015), la transferencia de calor se produce cuando el calor del cuerpo se transfiere al aire en movimiento que lo rodea.

### **2.2.3.3 La radiación**

En un estudio sobre sistemas de calefacción radiante solar pasivo, Mercado resalta que el intercambio radiante es crucial para elevar la temperatura operativa en espacios habitables. Este trabajo demuestra que los sistemas radiantes pueden incrementar significativamente la temperatura interna, mejorando así el confort térmico en condiciones frías al reducir la dependencia de recursos energéticos no renovables Mercado et al. (2009).

Desde la perspectiva de Yarke (2015), la transferencia de calor se realiza mediante energía radiante que se irradia hacia todos los objetos y personas circundantes, incluyendo paredes, techos y muebles. Este proceso permite que el calor se distribuya de manera uniforme en el entorno, contribuyendo al confort térmico de los espacios habitables.

## **2.2.4 Propiedades térmicas de los materiales.**

Las propiedades asociadas a la conductividad térmica de los materiales son las siguientes:

### **2.2.4.1 La conductividad térmica**

La conductividad térmica de un material se define como la cantidad de calor que se transfiere a través de una unidad de espesor del material,

por unidad de área, en relación con la diferencia de temperatura. Cengel (2007)

Según Askeland & Wright (2016), es una medida de la velocidad a la que se transfiere el calor a través de un material.

#### **2.2.4.2 Resistencia térmica**

La resistencia térmica es la oposición que un cuerpo presenta al flujo de calor. Este concepto es fundamental en el cálculo de las pérdidas de calor en un edificio. En el caso de las pérdidas por conducción, la resistencia térmica  $R$  se puede representar mediante una pared uniforme con un coeficiente de conductividad  $k$  y un espesor  $e$  Planas (2007).

#### **2.2.4.3 Efusividad térmica**

En su tesis doctoral, se discute la efusividad térmica como una propiedad que influye significativamente en el comportamiento térmico de los materiales en construcción. Aunque no se centra exclusivamente en esta propiedad, proporciona un contexto sobre su importancia en el análisis térmico de cerramientos. La eficiencia térmica de un material homogéneo se determina como la raíz cuadrada del producto de su conductividad térmica, densidad y calor específico. Mosquera (2013)

#### **2.2.5 Pérdidas y ganancias de calor en una vivienda.**

Según Molina (2017), las condiciones térmicas de un edificio dependen de las pérdidas y ganancias de calor en cada momento. La vivienda se calienta cuando la ganancia de calor supera la pérdida y se enfría en caso contrario. Maristany & Angiolini (2017) destacan que estas variaciones térmicas están influenciadas por

factores externos, mientras que las condiciones internas de temperatura y humedad se consideran constantes en un estado estacionario, lo que permite evaluar las características térmicas antes de implementar sistemas de aire acondicionado. Las principales fuentes de ganancias y pérdidas de calor incluyen factores internos, solares, conducción y ventilación. Las ganancias internas provienen de los ocupantes, la iluminación artificial y equipos eléctricos, siendo crucial conocer el calor metabólico generado por las personas, así como el aporte térmico de los sistemas de iluminación y otros dispositivos eléctricos para realizar un cálculo efectivo del balance térmico del edificio.

### 2.2.6 Pérdidas o ganancias por conducción y convección

Se producen pérdidas o ganancias de calor cuando hay flujos térmicos a través de la envolvente de la vivienda, que incluye muros, techos y suelos. Las ecuaciones 4 y 5 permiten calcular la velocidad de transferencia de calor a través de superficies planas como muros, pisos y techos. En este contexto, el coeficiente de transferencia de calor global se expresa en  $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$ . para determinar el coeficiente  $U$ . La Tabla 2 presenta los valores típicos de los materiales utilizados en las paredes.

$$Q_c = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (4)$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_i} \quad (5)$$

Fórmula extraída del (EM. 110, 2014)

Donde:

$e_i$  y  $k_i$  = Son el espesor y la conductividad térmica de los materiales

$1/h_e$  y  $1/h_i$  = representan las resistencias superficiales exterior e interior.

**Tabla 2**

*Resistencias térmicas superficiales*

Posición del cerramiento		Resistencia superficial		
		$R_{si}=1/h_i$	$R_{se}=1/h_e$	$1/h_i+1/h_e$
Cerramiento vertical o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,11	0,06	0,17
Cerramiento horizontales o con pendiente sobre la horizontal <60		0,17* 0,09**	0,05	0,22* 0,14**
Para pisos sin cámara de aire		0,17* 0,09**	0,17* 0,09**	0,34* 0,18**

$R_{si}$  y  $R_{se}$  es la resistencia superficial interior y exterior, respectivamente.

(\*) Para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

(\*\*) Para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.

Fuente: Valores tomados de EM. 110 (2014) y adaptado por Molina (2016, p. 20).

### 2.2.7 Balance de energía

Según Molina (2017), el cálculo de la cantidad de calor que debe ser absorbido o suministrado en un espacio es esencial para su acondicionamiento. Este cálculo implica analizar la relación entre las entradas y salidas de energía térmica como se observa en la Figura 4, es decir, las ganancias y pérdidas, para mantener condiciones específicas de temperatura y humedad que aseguren la comodidad o el adecuado funcionamiento de un proceso industrial. La ecuación 6 se emplea para determinar la velocidad de transferencia de calor ( $\dot{Q}$ ), asociada a estas pérdidas o ganancias. Al sustituir la velocidad de transferencia de calor por los distintos mecanismos como conducción, transmisión, ganancias internas y ventilación, se obtiene esta ecuación.

$$Q = \sum U_i A_i (T_{sa_i} - T_i) + \sum \tau_i A_i G_i + \sum P_i + \dot{m} C_e (T_e - T_i) \quad (6)$$

Fuente: Fórmula extraído de Molina (2016, p. 26)

Donde:

$A$ : Área en  $m^2$

$T_{sa_i}$ : Temperatura solar

$T_e, T_i$ : Temperatura exterior e interior

$\tau_i$ : Transmitancia térmica de acristalamiento

$G_i$ : Radiación solar incidencia de acristalamiento

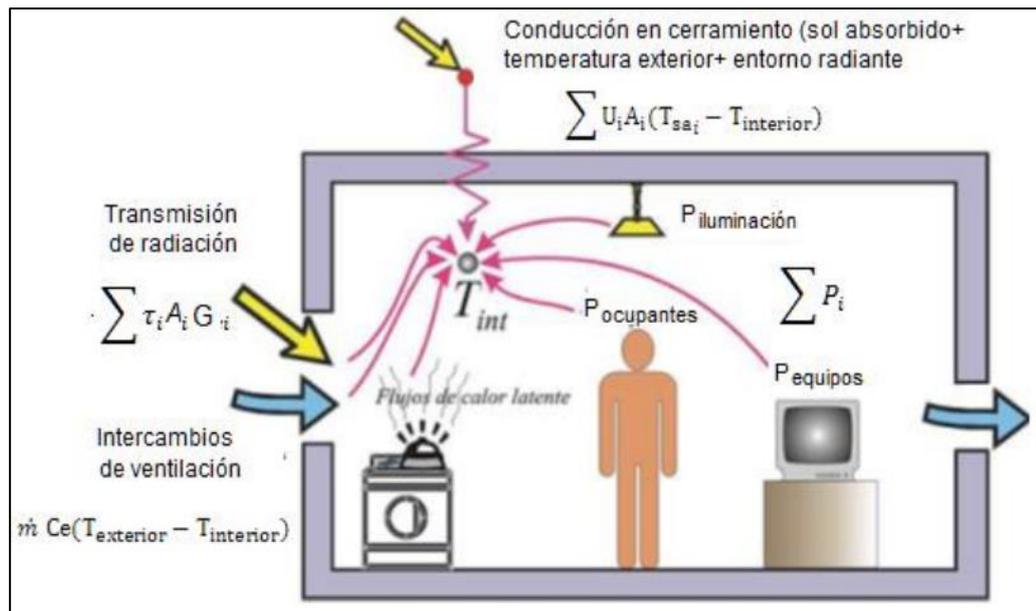
$P_i$ : Flujo ganado por ocupantes y dispositivos

$\dot{m}$ : Flujo de masa de aire

$C_e$ : Calor específico del aire

#### Figura 4

*Flujos térmicos en un espacio en equilibrio.*



Fuente: Extraído de Molina (2016, p. 27).



## 2.3 BASES NORMATIVAS

### 2.3.1 Base legal

- Constitución Política del Perú (29.12.1993)
- Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA (05.05.2006): Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)
- Ley N° 27345 (01.09.2000): Ley de promoción del uso eficiente de la energía.
- Decreto Supremo N° 053-2007-EM (22.10.2007): Reglamento de la Ley de promoción del uso eficiente de la energía.
- Decreto Supremo N° 034-2008-EM (18.06.2008): Dictan medidas para el ahorro de energía en el sector público.
- Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM (14.05.2009): Medidas de eco-eficiencia para el sector público.
- Decreto Supremo N° 064-2010-EM (23.11.2010): Aprueban la Política Energética Nacional del Perú 2010 – 2040.
- Ley N° 29090

### 2.3.2 EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética

La EM. 110 (2014), forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones y se centra en establecer criterios para garantizar condiciones adecuadas de confort térmico y lumínico en edificaciones. Esta norma busca promover la eficiencia energética mediante el diseño adecuado de la envolvente térmica de los edificios, lo que incluye aspectos como la selección de materiales, el aislamiento y la ventilación natural.



### **2.3.2.1 Zona bioclimática**

Clasificación climática que establece los parámetros ambientales de amplias regiones geográficas, fundamental para implementar estrategias de diseño bioclimático en edificaciones, logrando así confort térmico y lumínico con eficiencia energética que se muestra en Tabla 01 del Anexo 01 EM. 110 (2014).

### **2.3.2.2 Selección de zonas bioclimáticas**

Todo proyecto de construcción debe adherirse a las directrices especificadas en el numeral 7 de la norma EM. 110, que aborda el confort térmico de acuerdo con la zona bioclimática correspondiente. Para identificar esta zona, se debe consultar el Anexo N° 1: (A), que proporciona información sobre la ubicación provincial en relación con las zonas bioclimáticas. Sin embargo, dado que una provincia puede presentar diferentes climas, el proyectista tiene la posibilidad de ajustar la zona bioclimática asignada, Se requiere presentar información oficial del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) que demuestre que el distrito o área poblada cumple con las ocho características climáticas especificadas en el Anexo N° 1: (B) EM. 110 (2014).

### **2.3.2.3 Demanda energética máxima por zona bioclimática**

Todo proyecto de edificación deberá cumplir obligatoriamente con los requisitos establecidos a continuación, en función de la zona bioclimática en la que se ubique. Esto implica que el diseño y la



construcción deben considerar las características climáticas específicas del lugar, asegurando así el confort térmico y lumínico de los espacios interiores. La adecuada identificación de la zona bioclimática es esencial para implementar estrategias que optimicen el uso de recursos naturales, mejoren la eficiencia energética y promuevan un ambiente habitable saludable. Por lo tanto, es fundamental que los profesionales involucrados en el desarrollo del proyecto se adhieran a estos lineamientos para garantizar el éxito y sostenibilidad del mismo, según valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en  $W/m^2k$  EM. 110 (2014).

Los componentes individuales de la envolvente, como muros, pisos y techos, deben respetar las transmitancias térmicas máximas indicadas en los valores de la Tabla N° 4. La metodología para determinar los valores de transmitancia térmica del proyecto se encuentra en el Anexo N° 2 de esta norma. El Anexo N° 3 de esta norma incluye un listado de los principales productos y materiales de construcción utilizados en el país, junto con sus valores higrotérmicos correspondientes, que son necesarios para los cálculos presentados en el Anexo N° 2. Si se eligen otros productos y materiales, ya sean opacos o transparentes, que no estén mencionados en este anexo, el usuario deberá justificar los valores de transmitancia o conductividad térmica, proporcionando la información oficial del fabricante o distribuidor.

## 2.4 VIVIENDA SUMAQ WASI

Las viviendas *Sumaq Wasi*, que en quechua significa "casa bonita", son un tipo de construcción bioclimática desarrollada en Perú, diseñadas específicamente para

mejorar las condiciones de vida de familias que viven en situación de pobreza extrema, estas soluciones están dirigidas a comunidades rurales que sufren los efectos de heladas y frío intenso. Este proyecto es impulsado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) del Perú.

En los andes, los módulos de vivienda *Sumaq Wasi* están contruidos con dos muros de adobe, reforzados verticalmente con caña carrizo y horizontalmente con caña chancada amarrada con alambre. Este modelo, desarrollado por el área de estudio, tiene un área construida aproximada de **33.11 m<sup>2</sup>**. La cobertura abarca un área total de **53.24 m<sup>2</sup>**, y las dimensiones mínimas del terreno son de **8 m x 9 m**. La distribución de los módulos de vivienda se ilustra en la Figura 5 siguiente.

### Figura 5

*Modelo Sumaq Wasi de material adobe*



Fuente: Elaborado por el tesista de la investigación.

El módulo básico de adobe tiene unas dimensiones de 6.30 m por 5.25 m, con muros que presentan un grosor de 0.40 m a lo largo de toda su extensión.

**Cimientos:** Cimiento corrido de concreto ciclópeo, con dimensiones de 0.60 m por 0.60 m a lo largo de toda la unidad habitacional, y un sobrecimiento de 0.40 m de alto y 0.30 m de ancho. Este cimiento está construido con mampostería de piedra.

**Muros:** Adobe de 40 cm de espesor, reforzado verticalmente con caña carrizo y horizontalmente con caña chancada unida con alambre.

Los muros de adobe se asentaron utilizando un mortero optimizado a base de barro. Los refuerzos se realizaron con caña brava, carrizo u otros materiales similares, que se utilizaron de manera alternada para amarrar los adobes: verticalmente con caña completa y horizontalmente con caña chancada.

**Pisos:** Piso de cemento en el área social y dormitorios con un espesor de 4" con cemento Tipo I, acabado pulido, bruñado y con ocre, sobre una cama de piedra 4" con material granular propio seleccionado.

**Ventanas:** La vivienda estaba equipada con marcos de aluminio que contaban con un sistema deslizante y vidrio. Además, se incluía una contraventana de madera contraplacada, fabricada con triplay y rellena de material aislante térmico, como aserrín o lana, para proporcionar un mayor confort térmico.

**Puertas:** Puerta principal de madera con aislamiento térmico. Las puertas interiores están contraplacadas como se observa en la Figura 6.

**Cobertura:** La vivienda disponía de una cubierta de calamina y policarbonato expandido. El cielorraso, que podía ser de drywall o baldosa, estaba instalado sobre una estructura que incorporaba aislamiento térmico en su interior tal como se puede ver en la Figura 7. Se instalaron canaletas para asegurar la correcta evacuación de aguas pluviales.

Además, consta con una ventana cenital elaborada en policarbonato ondulado y vidrio laminado.

### Figura 6

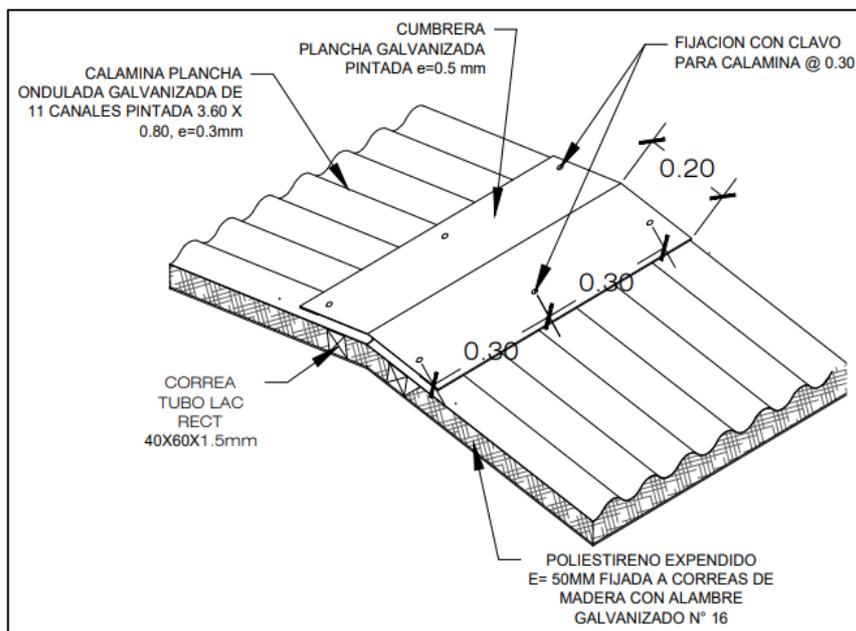
*Puerta de las Sumaq Wasi*



Fuente: Extraído de (PNVR, 2021, p. 19).

### Figura 7

*Detalle de cobertura*

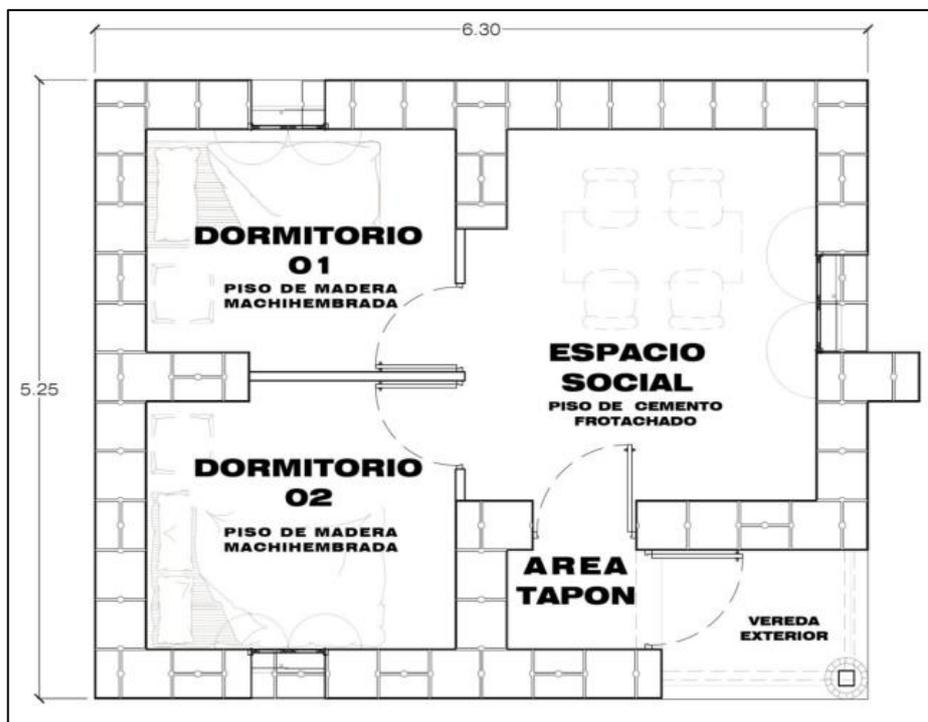


Fuente: Extraído de expediente técnico plano de detalles de estructuras E-08.

Entre ellas se incluye la **captación de calor** a través de ventanas cenitales, que permiten la entrada de luz solar durante el día. Además, cuentan con un **área tapón** que evita la entrada de aire frío por la puerta principal tal como se observa en la Figura 8, proporcionando una barrera adicional contra las bajas temperaturas. Las viviendas también están equipadas con **contraventanas de madera**, que sirven como protección para las ventanas durante la noche, contribuyendo así a mantener el calor interno. Por último, tanto el piso como la cobertura están acondicionados térmicamente para minimizar la pérdida de calor, asegurando un ambiente interior confortable incluso en condiciones climáticas adversas.

### Figura 8

*Diseño en adobe con área tapón*



Fuente: Extraído de expediente técnico de la memoria descriptiva p. 8.

## 2.5 MARCO CONCEPTUAL

**Calor:** El calor puede ser entendido como una percepción térmica. Se genera a través de procesos como la combustión, la conducción de corriente eléctrica, la



compresión rápida de gases, así como a partir de diversas reacciones químicas y nucleares. Este fenómeno representa una forma de energía que tiene la capacidad de realizar trabajo EM. 110 (2014).

**Calor específico:** Se define como la cantidad de calor necesaria para aumentar en 1 °C la temperatura de 1 kg de un material. Esta medida se expresa en vatios hora por kilogramo por grado Celsius (Wh/kg °C) según la norma EM. 110 (2014).

**Cantidad de calor (Q):** Se define como la cantidad de energía que puede ser cuantificada. Por ejemplo, para elevar la temperatura de un objeto, es necesario proporcionar una cantidad específica de energía térmica, la cual aumentará proporcionalmente al número de grados que se deseen alcanzar. Esta energía se mide en vatios (W) EM. 110 (2014).

**Elemento constructivo:** Conjunto de materiales que, al estar correctamente dimensionados, desempeñan funciones específicas, como es el caso de muros, ventanas, puertas, techos y pisos, entre otros EM. 110 (2014).

**Envolvente:** Se refiere a los componentes constructivos del edificio que lo aíslan del entorno exterior, ya sea del aire, del terreno o de otras estructuras. Estos componentes incluyen muros, techos y pisos. Los vanos, como puertas, ventanas, claraboyas y compuertas, se consideran partes esenciales de los elementos constructivos correspondientes (por ejemplo, las puertas y ventanas en los muros, así como las claraboyas y compuertas en los techos) EM. 110 (2014).

**Higrotérmico:** Conocido comúnmente como confort higrotérmico, se define como la ausencia de malestar térmico. Cada material de construcción presenta características higrotérmicas que lo distinguen EM. 110 (2014).



**Humedad Relativa (HR):** La humedad relativa se define como la cantidad de vapor de agua presente en una masa de aire, en comparación con la máxima cantidad de humedad absoluta que podría retener sin que ocurra condensación, manteniendo constantes la temperatura y la presión atmosférica. Esta es la forma más común de representar la humedad ambiental y se expresa en porcentaje (%) EM. 110 (2014).

**Zona bioclimática:** La clasificación climática establece los parámetros ambientales de amplias regiones geográficas, lo cual es fundamental para implementar estrategias de diseño bioclimático en edificaciones y lograr confort térmico y lumínico, optimizando la eficiencia energética EM. 110 (2014).

**Radiación solar:** La energía solar se refiere a la radiación proveniente del sol, la cual se manifiesta en forma de ondas electromagnéticas. Esta energía se mide en kilovatios hora por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>) EM. 110 (2014).

**Sumaq Wasi:** Es un programa de vivienda rural en Perú, diseñado para enfrentar las adversidades climáticas, especialmente las heladas que afectan a las poblaciones altoandinas. Este proyecto se centra en la construcción de viviendas bioclimáticas que no solo proporcionan abrigo, sino que también buscan mejorar la calidad de vida de las familias en situación de pobreza y pobreza extrema PNVR (2021).

## CAPÍTULO III

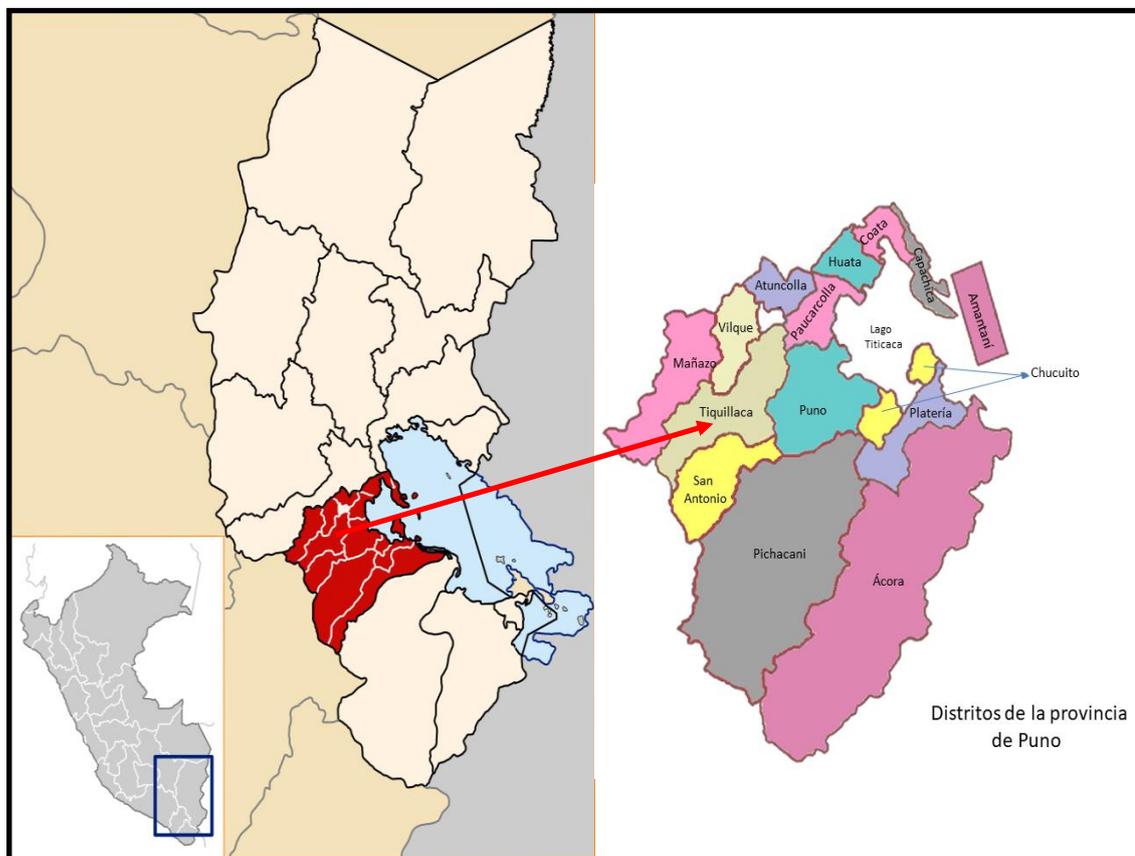
### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR DE ESTUDIO

El terreno es de forma irregular. El centro poblado del proyecto está ubicado en el distrito de Tiquillaca, provincia de Puno, departamento de Puno como podemos observar en la Figura 9. La altura promedio de la zona es 3900 ms.n.m. y la actividad principal es la ganadería, aunque la misma es para el auto sostenimiento de los pobladores, a su vez, se practica la agricultura con bajo alcance.

**Figura 9**

*Ubicación geográfica del ámbito de estudio*



Fuente: Extraído de (Wiki, 2023).



La vía de acceso al CC.PP. es a través de una carretera afirmada que nace del Distrito de Tiquillaca respectivamente, continua por una carretera afirmada hasta llegar a PUCRI y se ubica hacia las viviendas del proyecto (3900 ms.n.m.) en promedio. Ubicado en el mismo capital de Puno la población general es quechua hablante, esto se encuentra ubicado geográficamente en:

### 3.1.1 Ubicación Geográfica:

Departamento	: Puno.
Provincias	: Puno.
Distritos	: Tiquillaca.
Localidad	: Centros Poblados Pucrí, Challamayo Pata.

## 3.2 PERIODO DE ESTUDIO

El proyecto de investigación comenzó de febrero 2023 hasta noviembre 2023 debido a los paros, huelgas limitó los estudios en el mes de enero, las pruebas de temperatura se realizaron en la vivienda *Sumaq Wasi* desde febrero a noviembre de 2024.

## 3.3 DELIMITACIONES DEL ESTUDIO

La presente investigación, titulada "Evaluación Del confort térmico en las viviendas rurales *Sumaq Wasi*", se centra en el análisis del confort térmico de las viviendas *Sumaq Wasi* implementadas en el centro poblado de Pucrí y Challamayo Pata del distrito de Tiquillaca, ubicado en la región de Puno, Perú. Este estudio se delimita a las viviendas construidas bajo el Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR). El alcance temporal de la investigación abarca el periodo del año 2023, durante el cual se realizaron mediciones de temperatura y humedad relativa tanto en el interior como en el



exterior de las viviendas. Se utilizarán termohigrómetros y otros instrumentos de medición para recopilar datos que permitan evaluar el comportamiento térmico de estas edificaciones.

### 3.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.4.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo **pura o básico**, Este tipo de investigación se centra en la comprensión y análisis de fenómenos relacionados con el confort térmico, sin tener en cuenta la aplicabilidad de los conocimientos obtenidos Vitulas (2022).

#### 3.4.2 Nivel de investigación

Se clasifica como una investigación de nivel **descriptivo-relacional**. Este enfoque permite no solo describir las condiciones actuales del confort térmico en las viviendas, sino también analizar las causas y efectos de las propiedades climatológicas sobre dicho confort. De acuerdo con Creswell (2014), el nivel descriptivo busca detallar características y comportamientos.

#### 3.4.3 Enfoque de investigación

El enfoque es **cuantitativo y No Experimental**: La investigación se caracteriza por observar y analizar las variables climatológicas y su impacto en el confort térmico sin manipularlas. Este enfoque permite evaluar condiciones reales en las viviendas Sumaq Wasi, basándose en datos recolectados directamente del entorno y las percepciones de los habitantes Hernández et al. (2014)



#### 3.4.4 Diseño de investigación

**No experimental:** Es un enfoque metodológico que se caracteriza por la observación y análisis de fenómenos en su contexto natural, sin manipular ni controlar las variables involucradas, analizando cómo influyen en la percepción del confort térmico por parte de los residentes Creswell (2014).

#### 3.4.5 Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se emplearán las siguientes técnicas:

**Monitoreo ambiental:** Se utiliza termohigrómetros y otros instrumentos para medir in situ la temperatura y humedad relativa en distintos momentos del día y en diversas condiciones climáticas.

**Encuestas:** Se aplica en cuestionarios a los ocupantes de las viviendas para evaluar su percepción sobre el confort térmico y la calidad de vida en sus hogares.

**Observación directa:** Se realiza una inspección visual de las características constructivas y materiales utilizados en las viviendas, así como su disposición y orientación respecto al clima local.

Este análisis no solo considera la conductividad térmica de los materiales, sino también su resistencia térmica, que es crucial para evaluar su efectividad como aislantes.

Esta metodología permitirá obtener un panorama claro sobre cómo las propiedades climatológicas influyen en el confort térmico de las viviendas rurales *Sumaq Wasi*, facilitando la formulación de recomendaciones para mejorar la habitabilidad y bienestar de sus ocupantes.

### 3.4.6 Población y muestra

**Población:** La población de estudio a evaluar son las viviendas Wumaq Wasi en los centros poblados Pucrí y Challamayo Pata que cuenta con un total de 25 módulos de vivienda ver Tabla 3.

**Tamaño de muestra:** Se ha seleccionado un número de tres módulos representativos de viviendas para el estudio, considerando variables como ubicación geográfica y características constructivas. Que están ubicadas en los centros poblados Pucrí y Challamayo Pata – distrito de Tiquillaca.

**Tabla 3**

*Coordenadas de la población de estudio.*

<b>Lista de beneficiarios de los C.P. Pucrí y Challamayo pata</b>			
<b>N° de vivienda</b>	<b>este</b>	<b>norte</b>	<b>observaciones</b>
1	372,861.25	8°252,433.46	C. P. Challamayo Pata
2	372,806.47	8°252,808.08	C. P. Challamayo Pata
3	368,550.35	8°249,976.52	C.P. Pucrí
4	368,571.00	8°249,956.36	C.P. Pucrí
5	368,604.61	8°250,364.99	C.P. Pucrí
6	368,586.99	8°250,376.88	C.P. Pucrí
7	369,157.60	8°250,435.83	C.P. Pucrí
8	367,910.29	8°250,599.11	C.P. Pucrí
9	368,608.80	8°250,309.70	C.P. Pucrí
10	369,136.97	8°250,248.24	C.P. Pucrí
11	369,156.54	8°250,310.43	C.P. Pucrí
12	368,294.12	8°250,596.44	C.P. Pucrí
13	370,404.93	8°247,787.44	C.P. Pucrí
14	369,646.19	8°249,247.16	C.P. Pucrí
15	370,183.15	8°250,957.46	C.P. Pucrí
16	370,505.17	8°249,184.20	C.P. Pucrí
17	370,530.04	8°249,205.86	C.P. Pucrí
18	370,685.14	8°249,240.56	C.P. Pucrí
19	370,709.88	8°249,232.09	C.P. Pucrí
20	370,706.20	8°249,252.05	C.P. Pucrí
21	370,817.29	8°249,231.48	C.P. Pucrí
22	370,844.68	8°249,175.70	C.P. Pucrí

<b>Lista de beneficiarios de los C.P. Pucrí y Challamayo pata</b>			
<b>N° de vivienda</b>	<b>este</b>	<b>norte</b>	<b>observaciones</b>
23	370,420.83	8'249,621.96	C.P. Pucrí
24	370,462.88	8'249,604.69	C.P. Pucrí
25	370,449.67	8'249,626.43	C.P. Pucrí

Fuente: expediente técnico.

Elección de la muestra:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

$n$  : Tamaño de la muestra buscado

$N$  : Tamaño de la población o universo

$Z$  : Parámetros estadísticos que dependen el nivel de confianza

$e$  : Error de estimación máximo aceptado

$p$  : Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

En la tabla 4 se muestran los datos para el cálculo de muestra.

**Tabla 4**

*Datos para cálculo de la muestra*

<b>Parámetro</b>	<b>Insertar Valor</b>
N	25
Z	1.960
p	95.00%
q	5.00%
e	25.00%

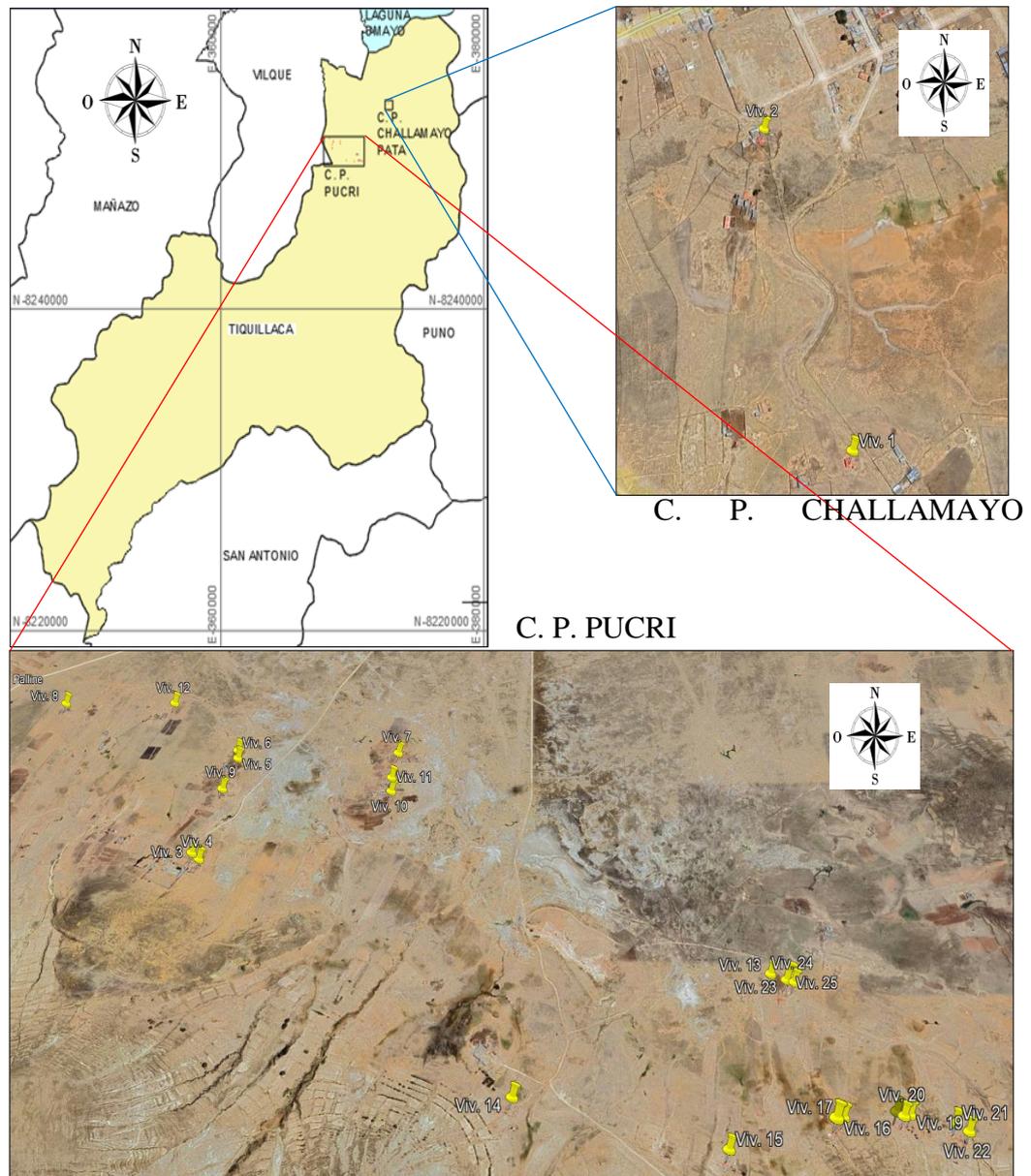
Fuente: elaborado por el tesista.

$$n = 2.71 \approx 3$$

Identificación de la muestra: Se seleccionó un número representativo de viviendas *Sumaq Wasi* en una región específica, considerando factores como ubicación geográfica, tipo constructivo y ocupación, en dichos módulos N° 2, N° 6 Y N° 16.

**Figura 10**

*Ubicación del centro poblado Pucrí y Challamayo Pata*



Nota: extraído del Software Google Earth Pro (2024).

Las tres viviendas seleccionadas han sido elegidas para ser representativas de la población total. Puedes mencionar que estas viviendas reflejan adecuadamente las características y variaciones presentes en los 25 módulos *Sumaq Wasi* y la duración del estudio en todos los meses del año.

**Figura 11**

*Ubicación del centro poblado Challamayo Pata*



Nota: extraído del Software Google Earth Pro (2024).

### 3.4.7 Mapa de procesos

**Inicio:** Este es el punto de partida donde se define el objetivo del estudio con se observa en la Figura 12.

**Reconocimiento poblacional:** Identificación de los 25 módulos *Sumaq Wasi* que serán analizados.

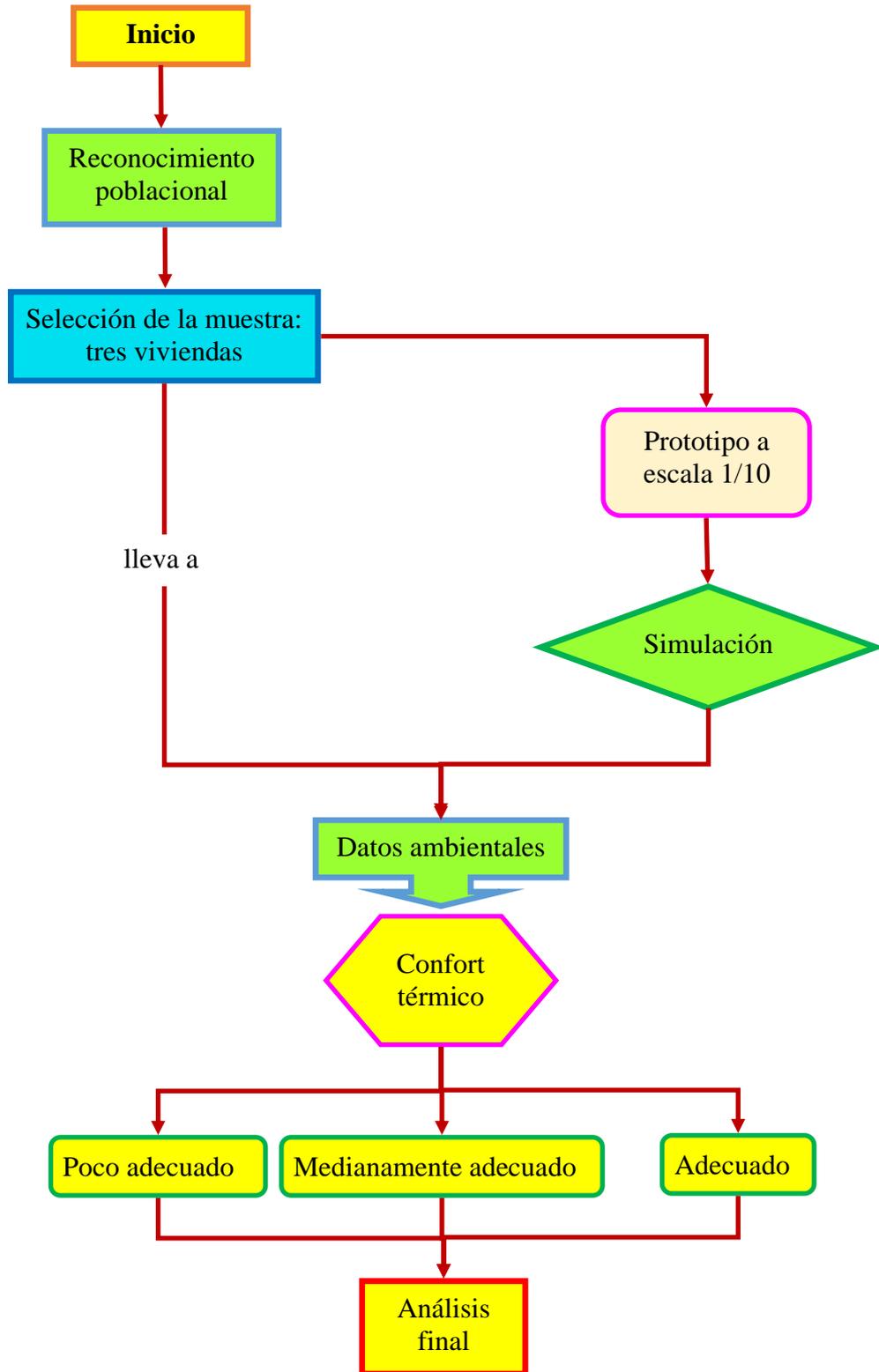
**Selección muestra: 3 viviendas:** Selección de una muestra representativa, compuesta por tres viviendas específicas dentro de los módulos *Sumaq Wasi*.

**Prototipo a escala 1/10:** Desarrollo de un modelo a escala que permita evaluar y simular diferentes orientaciones del prototipo en función de los datos recolectados.

**Datos Ambientales:** Recolección y análisis de datos sobre las condiciones ambientales en las viviendas seleccionadas, incluyendo temperatura y humedad.

**Figura 12**

*Organigrama de Procesos*



Nota: Elaboración por el Tesista de la investigación.

**Confort Térmico:** Se evalúa el confort térmico de las viviendas *Sumaq Wasi*, considerando la temperatura interior y la percepción de los usuarios, y se comparará con el desempeño de viviendas tradicionales.

El término **poco adecuado** se refiere a un nivel de confort térmico que es insuficiente pero no completamente inadecuado.

El estado **medianamente adecuado** implica que las condiciones térmicas son aceptables, pero no ideales.

Finalmente, el confort térmico se considera **adecuado** cuando las condiciones internas permiten a los ocupantes sentirse cómodos y satisfechos.

**Análisis final:** Evaluación crítica de los datos recopilados para extraer conclusiones sobre el rendimiento del prototipo, presentando hallazgos finales y recomendaciones basadas en dicho análisis.

### 3.4.8 Prototipo escala 1/10 para evaluar el comportamiento térmico.

#### Figura 13

*Construcción del prototipo Sumaq Wasi a escala 1/10*



Nota: Elaboración por el Tesista de la investigación.

Se construyó un prototipo a escala 1/10, una igual que el diseño de la vivienda *Sumaq Wasi*, con la finalidad de evaluar su rendimiento bajo diversas orientaciones como se observa en la Figura 13.

El prototipo a escala de las viviendas *Sumaq Wasi* se ha desarrollado utilizando los mismos materiales que se emplean en la construcción de las viviendas reales, con el objetivo de evaluar la orientación en términos de confort térmico y sostenibilidad.

### Figura 14

*Prototipo Sumaq Wasi a escala 1/10*



Nota: Elaboración por el Tesista de la investigación.

El prototipo a escala de las viviendas *Sumaq Wasi* ha sido construido utilizando los mismos materiales específicamente **muros de adobe** y **techos de calamina** con **poliestireno expandido** como aislante térmico que se emplean en la construcción de las viviendas reales. Este enfoque busca simular la orientación

óptima para maximizar el **confort térmico**. Al replicar las condiciones de construcción y los materiales, se garantiza que el prototipo refleje de manera precisa el rendimiento y la funcionalidad de las viviendas, permitiendo así una evaluación efectiva de su desempeño en entornos reales, ver Figura 14.

### 3.4.9 Operacionalización de Variables

**Tabla 5**

*Operacional de las variables*

<b>Variables</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Escala</b>
X1: Confort térmico (Temperatura)	Para encontrar el rango del confort térmico se hace el cálculo del método adaptativo y Givoni.	Temperatura de neutralidad  Carta Bioclimática de Givoni	°C	Temperaturas máximas y mínimas tomadas durante el año temperatura media de todo el año
Y1: Temperatura y contenido de humedad.	Se procesan las temperaturas y el contenido registrados de un termohigrómetro dentro de las viviendas.	Tiempo	°C, %	Temperaturas máximas y mínimas tomadas durante el año
Y2: Los Elementos constructivos, los materiales y la orientación de la vivienda	Se evalúan los materiales utilizados y su orientación, como influyen en el confort térmico.	Grados de inclinación	°, %	Adecuado  Poco adecuado  No adecuado
Y3: Rendimiento térmico respecto a las viviendas tradicionales.	Comparación con una vivienda tradicional de la zona.	Variación de temperaturas	°, %	Intervalo

Nota: Elaboración por el Tesista de la investigación

### 3.5 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

#### 3.5.1 Evaluación de las viviendas Sumaq Wasi

Recopilación de información de construcción de la vivienda *Sumaq Wasi*, características del sistema constructivo y materiales constructivos

- Recopilación de información de cálculo de confort térmico.
- **Variables climatológicas:** Temperatura del aire, humedad relativa.
- **Variables de confort térmico:** Temperatura interna de las viviendas, niveles de humedad interna.

#### 3.5.2 Sensores utilizados para medir la temperatura y la humedad

Termohigrometro Boeco SH-100, para medir temperatura y contenido de humedad dentro del módulo sumaq wasi como se observa la Figura 15.

**Figura 15**

*Termohigrometro Boeco SH-100*



Nota: Elaboración por el Tesista de la investigación.



**Duración del estudio:** El periodo representativo para la recolección de datos abarcó durante todos los meses del año, en diferentes condiciones climáticas.

**Frecuencia de mediciones:** Los intervalos regulares para las mediciones fueron a cada hora por 24 horas, para capturar variaciones significativas en las condiciones térmicas.

**Instalación de sensores:** La colocación de los termohigrómetros y otros instrumentos en ubicaciones estratégicas dentro de cada vivienda, asegurando que estén protegidos adecuadamente.

**Monitoreo continuo:** Se realiza mediciones periódicas (cada hora, por 24 horas) para obtener un registro detallado del comportamiento térmico a lo largo del día y la noche.

### 3.6 TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El tiempo de duración de la siguiente investigación es desde el mes de febrero del 2023 a diciembre del 2024.

### 3.7 PRUEBA ESTADÍSTICA

#### 3.7.1 Análisis estadístico descriptivo

Según Pedrosa et al. (2014), el análisis estadístico es fundamental en la investigación, ya que permite evaluar los resultados obtenidos y determinar la fiabilidad de los datos recopilados en las pruebas mediante medidas estadísticas. Para llevar a cabo este análisis, se presentan las funciones estadísticas empleadas.

##### a. Media aritmética

Este valor también se denomina promedio. En el presente estudio, se calculará el promedio de los resultados obtenidos del grupo independiente seleccionado, utilizando la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n}{n} \quad (7)$$

Donde:  $X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n$  representan los diversos resultados obtenidos en las pruebas realizadas, y “n” indica el número total de estas evaluaciones.

### **b. Desviación estándar**

La medida de dispersión más ampliamente reconocida es la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las desviaciones, dividida por el total de pruebas menos uno. Esto se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{x})^2 + (X_2 - \bar{x})^2 + (X_3 - \bar{x})^2 \dots + (X_n - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (8)$$

### **3.7.2 Prueba de normalidad: Shapiro-Wilk**

La prueba de normalidad es un método estadístico utilizado para determinar si una distribución de datos sigue una distribución normal o no. Destacados investigadores como Pedrosa et al. (2014), mencionan que la prueba de Shapiro-Wilk es una de las más robustas y con mayor potencia estadística entre las existentes, Esto es especialmente relevante al trabajar con distribuciones cortas y tamaños muestrales inferiores a 30. Para muestras más grandes, se utiliza la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

Con el uso del programa de IBM SPSS v 22 se obtiene directamente el p-valor de las muestras de la prueba estadística aplicada y para determinar si la

muestra cumple con la normalidad se debe tomar referencia la siguiente expresión, así como se visualiza en la Figura 16.

$P - valor < 0.05(5\%)$                       NO cumple normalidad

$P - valor > 0.05(5\%)$                       SI cumple normalidad

Antes de realizar la prueba t de Student y determinar si se rechaza o no la hipótesis nula en cada caso, es fundamental llevar a cabo una prueba de normalidad. Esto se aplica a los grupos de resultados correspondientes a las temperaturas de las viviendas *Sumaq Wasi* y las viviendas tradicionales. La verificación de la normalidad es un paso crucial que asegura la validez de los resultados obtenidos en la prueba t.

- La hipótesis nula  $H_0$  es una aserción que no se rechaza a no ser que los datos de la muestra aporten pruebas convincentes de que es falsa.
- La hipótesis alterna  $H_1$  es cualquier hipótesis que diverge de la hipótesis nula.

### 3.7.3 Prueba t de Student

En la investigación científica, es habitual comparar las medias de dos poblaciones para evaluar si existe una diferencia significativa entre ellas. La prueba t de Student es una herramienta fundamental para lograr esto, ya que permite evaluar si las medias de dos poblaciones son iguales o no.

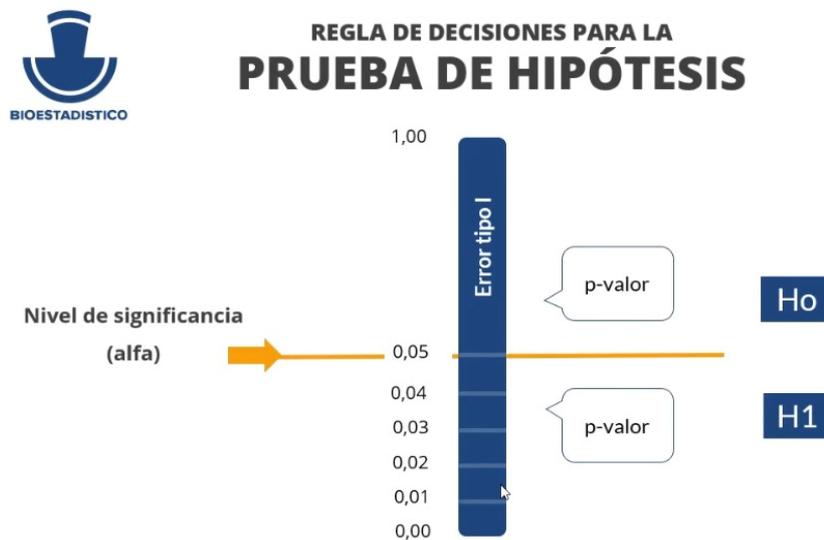
Usando el software IBM SPSS v22 es posible determinar el valor p (p-valor) para diversas pruebas estadísticas. Entre estas pruebas se incluyen la prueba T de Student para muestras independientes, que se utiliza para determinar si la media de una muestra difiere significativamente de la de otra. También está la prueba T de Student para muestras relacionadas, que compara las medias de dos

conjuntos de datos emparejados, como las mediciones realizadas antes y después de un tratamiento en el mismo grupo de sujetos.

El valor  $p$  calculado con SPSS v22 es crucial para la toma de decisiones estadísticas. Usando la Figura 16, se puede determinar el rechazo o aceptación de la hipótesis planteada. Si el  $p$ -valor es menor que el nivel de significancia previamente establecido (generalmente 0.05), se rechaza la hipótesis nula, indicando que hay suficiente evidencia estadística para apoyar la hipótesis alternativa. Si el  $p$ -valor es mayor, se acepta la hipótesis nula, sugiriendo que no hay evidencia suficiente para apoyar un efecto significativo.

### Figura 16

*Regla para determinar el nivel de significancia*



Nota: tomado de Supo & Zacarias (2024, p. 331)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO

Este capítulo presenta los resultados y analiza los datos experimentales obtenidos en las viviendas *Sumaq Wasi*, tanto en los interiores como en los exteriores, incluyendo variables como la temperatura del aire y la humedad relativa.

##### 4.1.1 Clima

El clima según la estación más cercana del SENAMHI (Mañazo), se obtuvo datos del año 2021, 2022 y 2023. En la tabla 6, 7 y 8 se muestra la temperatura media ( $\bar{T}$ ), las temperaturas máximas ( $\bar{T}_{max}$ ), el promedio de temperaturas mínimas ( $\bar{T}_{min}$ ) y temperaturas extremas mensuales.

**Tabla 6**

*Temperatura en Mañazo 2021*

Mes	$\bar{T}$ [°C]	$\bar{T}_{max}$ [°C]	$\bar{T}_{min}$ [°C]	Temp. Máx. Extremo [°C]	Temp. Min. Extremo [°C]	Oscilación Térmica [°C]
Enero	10.54	16.37	4.52	18.80	2.20	11.95
Febrero	10.11	16.13	4.09	19.00	1.00	12.14
Marzo	9.61	15.08	4.14	16.80	1.20	11.04
Abril	9.02	15.93	2.11	17.80	-3.80	13.92
Mayo	8.16	16.14	0.18	18.20	-3.20	16.06
Junio	7.23	16.11	-1.66	18.00	-6.20	17.87
Julio	7.25	16.33	-1.84	18.20	-9.00	18.27
Agosto	8.10	16.99	-0.79	19.20	-4.20	17.88
Setiembre	9.71	17.74	1.97	21.20	-3.40	15.87
Octubre	10.75	19.31	2.47	22.2	-0.80	16.94
Noviembre	11.66	18.93	4.39	21.80	1.20	14.64
Diciembre	10.46	16.00	4.92	20.80	1.80	11.18
	9.38	16.76	2.04			15.14

Nota: Datos tomados del SENAMHI.

De acuerdo con los datos mostrados en la Tabla 6, el mes más frío del año 2021 fue en el mes de julio, con una temperatura media de 7.23 °C. Durante este mes, se registraron temperaturas extremas que variaron entre -9.00 °C y 18.20 °C. Por otro lado, en el mes de enero se destacó como el mes menos frío, con una media de 10.54 °C y extremos de 2.2 °C y 18.80 °C. La oscilación térmica media anual alcanzó los 15.14 °C, lo que refleja una considerable variabilidad en las temperaturas a lo largo del año, un factor importante a considerar en el diseño y la planificación de infraestructuras.

**Tabla 7***Temperatura en Mañazo 2022*

Mes	$\bar{T}$ [°C]	$\bar{T}_{max}$ [°C]	$\bar{T}_{min}$ [°C]	Temp. Máx. Extremo [°C]	Temp. Min. Extremo [°C]	Oscilación Térmica [°C]
Enero	10.03	15.43	4.63	19.20	1.80	10.90
Febrero	9.91	15.35	4.47	18.00	2.20	10.98
Marzo	10.16	15.71	4.79	18.60	1.40	11.02
Abril	9.14	17.43	0.85	20.00	-6.20	16.68
Mayo	8.60	17.41	-0.21	20.40	-7.40	17.72
Junio	6.94	16.08	-2.19	18.20	-9.40	18.37
Julio	7.56	17.12	-1.68	18.60	-5.80	18.90
Agosto	7.92	17.41	-1.58	19.40	-7.20	19.09
Setiembre	10.09	19.47	0.70	21.60	-5.60	18.87
Octubre	9.85	19.53	0.16	24.4	-6.60	19.47
Noviembre	11.19	20.31	2.07	23.60	-2.00	18.34
Diciembre	10.77	18.35	3.19	23.00	-6.00	15.26
	9.35	17.47	1.27			16.39

Nota: Datos tomados del SENAMHI.

Según los datos de la Tabla 7, el mes más frío del año 2022 fue en el mes de junio, con una temperatura media de 6.94°C y extremos que llegaron a -9.40°C y 18.20°C. En contraste, el mes de noviembre se destacó como el mes menos frío, con una media de 11.19°C. La oscilación térmica media anual se registró en 16.39 °C, lo que indica una notable variabilidad térmica a lo largo del año.

**Tabla 8***Temperatura en Mañazo 2023*

Mes	$\bar{T}$ [°C]	$\bar{T}_{max}$ [°C]	$\bar{T}_{min}$ [°C]	Temp. Máx. Extremo [°C]	Temp. Min. Extremo [°C]	Oscilación Térmica [°C]
Enero	10.83	17.54	4.11	21.80	-1.60	13.53
Febrero	10.40	16.39	4.41	19.60	0.80	12.08
Marzo	10.35	16.22	4.48	21.60	1.80	11.84
Abril	9.15	16.91	1.39	19.20	-3.00	15.62
Mayo	7.86	16.27	-0.55	19.00	-6.60	16.92
Junio	6.27	16.75	-4.20	18.20	-9.20	21.05
Julio	7.37	18.14	-3.41	21.20	-7.00	21.65
Agosto	7.81	18.01	-2.39	21.80	-7.40	20.50
Setiembre	9.69	19.63	-0.26	22.40	-6.20	19.99
Octubre	12.55	20.74	4.35	24.40	1.20	16.49
Noviembre	12.38	20.26	4.77	22.80	0.80	15.59
Diciembre	11.57	18.15	5.29	20.60	3.40	12.96
	9.69	17.92	1.50			16.52

Nota: tomado del SENAMHI.

De acuerdo con los datos de la Tabla 8, el mes más frío del año 2023 fue en el mes de junio, con una temperatura media de 6.27 °C y extremos que fluctuaron entre -9.20 °C y 18.20 °C. En contraste, se identificó el mes de enero como el mes menos frío, con una media de 11.57 °C y temperaturas extremas que variaron entre 3.40 °C y 20.60 °C. La oscilación térmica media anual se registró en 16.52 °C, lo que refleja una considerable variabilidad en las temperaturas a lo largo del año.

Se ha llegado a la conclusión de que el mes más frío es junio, basándose en los datos de las temperaturas por registro de los años 2021, 2022 y 2023. Las temperaturas máximas extremas oscilan entre 22.40 y 24.40 °C y las temperaturas mínimas extremas oscilan entre -7 y -9.20.

Para llevar a cabo el cálculo térmico, la investigación considerará la temperatura máxima más extrema. Por esta razón, se examinarán las condiciones climáticas del año 2023.

La zona de confort de los asentamientos Pucrí y Challamayo Pata se determina mediante el cálculo de la temperatura de neutralidad o confort ( $T_n$ ) según el modelo adaptativo propuesto por Humphreys. A partir de esta temperatura, se establecen los límites superiores ( $ZC_{máx.}$ ) e inferiores ( $ZC_{mín.}$ ) de la zona de confort térmico.

$$T_n = 0.534 \times T_m + 11.9$$

$$T_n = 0.534 \times 9.69 + 11.9$$

$$T_n = 17.07$$

La variabilidad de la temperatura de neutralidad o confort se toma en un rango de  $\pm 3.5$  °C (ver Tabla 9). Por lo tanto:

**Tabla 9**

*Rango de la zona de confort*

Oscilación media anual de la temperatura del aire en (°C)	Amplitud de la zona de confort (°C)
Menos de 13	2.5
13 - 15	3.0
16 - 18	3.5
19 - 23	4.0
24 - 27	4.5
28 - 32	5.0
33 - 37	5.5
38 - 44	6.0
45 - 51	6.5
más de 51	7.0

Nota: Tomado del Morillón, et al. (2002, p. 59). Amplitud de la zona de confort para diferentes rangos de oscilación de la temperatura media anual.

$$ZC_{min} = T_n - 3.5 \text{ y } ZC_{máx} = T_n + 3.5$$

$$T_n - 3.5 \leq ZC \leq T_n + 3.5$$

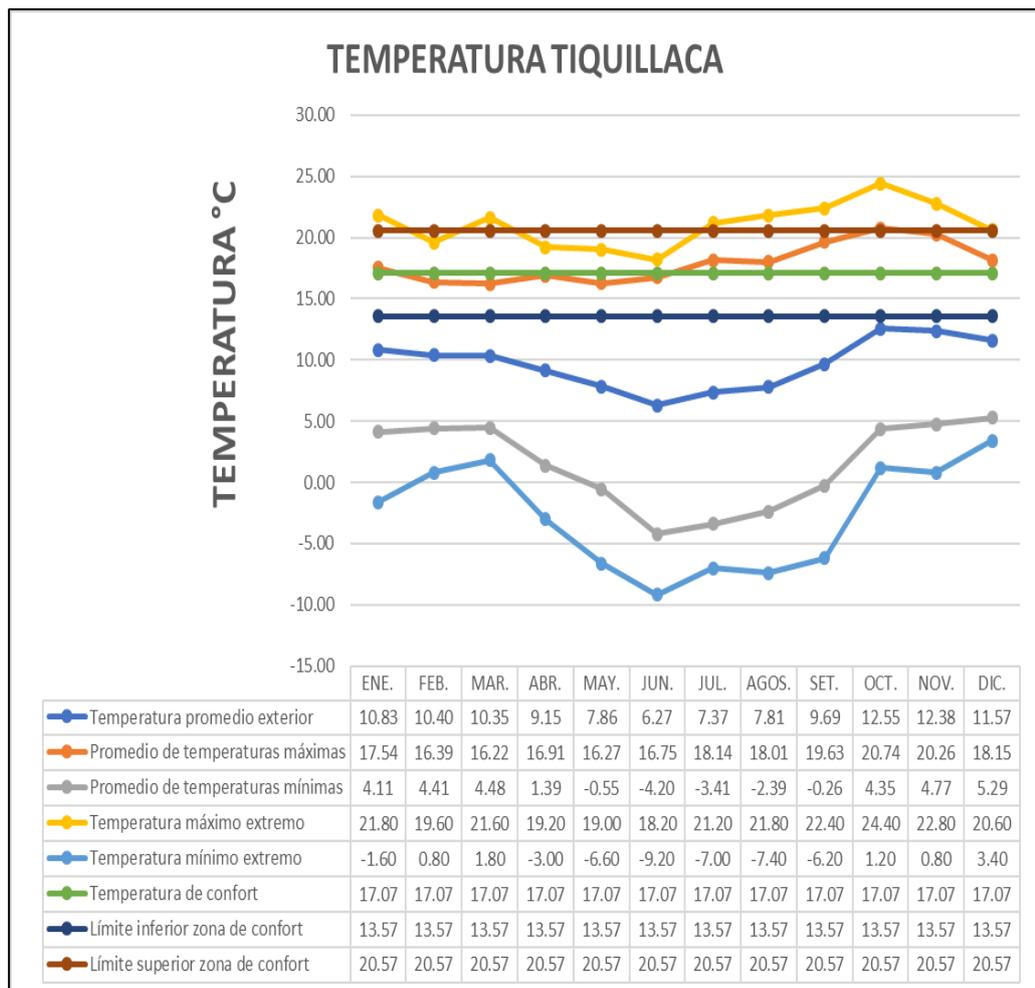
$$ZC_{máx} = 17.07 - 3.5 \text{ y } ZC_{min} = 17.07 + 3.5$$

$$ZC_{min} = 13.57 \text{ y } ZC_{m\acute{a}x} = 20.57$$

Según el enfoque de Humphreys, se relaciona con el confort térmico adaptativo para los centros poblados de Pucrí y Challamayo Pata que varía de 13.57°C a 20.57°C.

**Figura 17**

*Regla para determinar el nivel de significancia*



Nota: Elaboración por el Tesista de la investigación.

La Figura 17 muestra que el promedio de las temperaturas mínimas está por debajo de la zona de confort, mientras que el promedio de las temperaturas máximas mensuales se encuentra dentro de dicha zona. Además, la temperatura promedio exterior también está fuera de la zona de confort.

#### 4.1.2 Zona de Confort según Givoni.

**Temperatura:** Givoni establece que la zona de confort térmico se encuentra entre **21°C y 26°C**. Esta franja se considera ideal para el bienestar humano, permitiendo que las personas se sientan cómodas en ambientes interiores.

**Humedad Relativa:** La humedad relativa óptima para alcanzar el confort térmico está entre el 20% y el 75%. Mantener estos niveles de humedad es crucial para evitar la sensación de sequedad o incomodidad por exceso de humedad.

**Zona Fría:** Temperaturas por debajo del rango de confort, donde se requieren estrategias como calefacción pasiva o activa.

**Zona Cálida:** Temperaturas superiores al rango de confort, donde se puede recurrir a técnicas de enfriamiento pasivo.

#### 4.1.3 Resultados de evaluación térmica de la vivienda Sumaq Wasi

La temperatura promedio cada media hora de la vivienda perteneciente al módulo número 16 se muestra en la Tabla 10. Las temperaturas más bajas se registraron a las 4, 5 y 6 horas del día y las más altas a las 12, 13, 14 y 15 horas del día.

**Tabla 10**

*Temperaturas interiores módulo N° 16*

Hora	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>00:00</b>	14.03	11.90	11.37	11.23	10.00	10.67	11.23	12.37	13.80	14.70	14.47
<b>00:30</b>	13.70	11.30	11.10	10.97	9.77	10.43	10.93	12.23	13.80	14.70	14.43
<b>01:00</b>	13.60	10.70	10.73	10.80	9.67	10.23	10.77	12.03	13.40	14.50	14.30
<b>01:30</b>	13.40	10.47	10.60	10.60	9.43	10.00	10.57	11.77	12.87	14.50	14.27
<b>02:00</b>	13.33	10.23	10.43	10.43	9.07	9.77	10.40	11.57	12.73	14.30	14.13
<b>02:30</b>	13.23	10.13	9.97	10.20	8.83	9.43	10.13	11.43	12.47	14.20	14.03



Hora	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>03:00</b>	13.13	10.17	9.90	9.57	8.53	9.10	9.53	11.20	12.53	14.00	13.90
<b>03:30</b>	12.97	10.10	9.27	9.20	8.07	8.80	9.10	11.10	12.20	13.83	13.63
<b>04:00</b>	12.93	9.80	8.97	8.73	7.53	8.30	8.60	10.97	12.00	13.83	13.63
<b>04:30</b>	12.87	9.80	8.90	8.27	7.17	7.80	8.30	10.87	11.83	13.73	13.47
<b>05:00</b>	12.77	9.70	8.87	8.10	7.20	7.83	8.23	10.77	11.77	13.63	13.37
<b>05:30</b>	12.60	9.67	9.17	8.23	7.47	8.07	8.53	10.77	11.90	13.63	13.67
<b>06:00</b>	12.47	9.87	9.50	8.77	7.70	8.83	9.00	11.17	13.67	14.80	15.13
<b>06:30</b>	12.80	10.00	9.77	9.03	8.47	9.70	10.03	12.03	14.10	14.97	15.47
<b>07:00</b>	13.27	10.60	10.07	9.57	9.50	10.40	10.80	12.73	14.57	15.27	15.83
<b>07:30</b>	13.57	11.33	11.07	10.40	10.73	11.63	11.83	13.70	15.20	15.43	16.00
<b>08:00</b>	13.90	12.57	11.90	12.27	12.90	13.00	13.10	14.90	16.20	16.30	16.47
<b>08:30</b>	14.27	13.33	12.67	13.10	13.77	14.13	14.23	15.90	17.40	16.87	17.07
<b>09:00</b>	14.57	14.07	13.43	14.40	14.63	15.03	15.43	17.50	18.70	17.57	17.80
<b>09:30</b>	15.17	15.17	14.43	15.37	15.67	15.57	16.00	18.53	19.13	18.10	18.30
<b>10:00</b>	15.83	16.43	15.83	16.73	16.57	16.33	16.83	19.57	19.63	18.93	18.77
<b>10:30</b>	16.43	17.70	17.10	17.50	17.07	17.27	17.87	20.27	20.10	19.97	19.20
<b>11:00</b>	17.33	18.10	18.20	17.90	17.47	17.57	18.30	20.93	20.90	20.83	19.77
<b>11:30</b>	18.30	18.87	18.73	18.27	17.73	18.00	18.77	21.40	21.47	21.63	20.30
<b>12:00</b>	19.10	19.53	19.27	18.80	18.17	18.50	19.37	21.87	22.03	22.47	21.00
<b>12:30</b>	19.70	20.67	19.67	18.97	18.67	18.57	19.80	22.13	22.47	23.23	21.47
<b>13:00</b>	20.33	20.30	19.90	19.10	18.90	18.80	20.10	22.20	22.70	23.70	21.60
<b>13:30</b>	20.60	19.97	20.27	19.23	19.07	18.70	19.93	21.83	22.40	22.47	21.87
<b>14:00</b>	20.43	19.00	20.33	18.67	18.07	18.47	19.33	21.43	22.13	21.20	21.67
<b>14:30</b>	20.27	18.43	20.03	18.33	17.67	18.27	18.93	21.17	21.27	20.20	20.90
<b>15:00</b>	20.23	18.13	19.57	18.00	17.43	18.00	18.47	20.90	20.73	19.63	20.20
<b>15:30</b>	20.00	17.97	18.80	17.77	17.23	17.57	18.00	20.37	20.40	19.63	19.90
<b>16:00</b>	19.03	17.80	17.60	17.60	16.90	17.20	17.80	18.60	19.17	18.87	19.13
<b>16:30</b>	18.33	17.63	16.77	16.20	16.13	16.77	17.07	16.70	17.97	18.10	18.40
<b>17:00</b>	17.83	16.97	15.63	15.67	15.53	16.00	16.37	15.80	17.33	17.17	17.97
<b>17:30</b>	17.33	16.10	14.63	15.20	15.17	15.27	15.60	14.60	16.47	16.43	16.77
<b>18:00</b>	16.83	15.83	14.17	14.97	14.97	15.03	15.33	14.30	16.17	16.23	16.47
<b>14:00</b>	20.43	19.00	20.33	18.67	18.07	18.47	19.33	21.43	22.13	21.20	21.67
<b>14:30</b>	20.27	18.43	20.03	18.33	17.67	18.27	18.93	21.17	21.27	20.20	20.90
<b>15:00</b>	20.23	18.13	19.57	18.00	17.43	18.00	18.47	20.90	20.73	19.63	20.20
<b>15:30</b>	20.00	17.97	18.80	17.77	17.23	17.57	18.00	20.37	20.40	19.63	19.90
<b>16:00</b>	19.03	17.80	17.60	17.60	16.90	17.20	17.80	18.60	19.17	18.87	19.13
<b>16:30</b>	18.33	17.63	16.77	16.20	16.13	16.77	17.07	16.70	17.97	18.10	18.40
<b>17:00</b>	17.83	16.97	15.63	15.67	15.53	16.00	16.37	15.80	17.33	17.17	17.97
<b>17:30</b>	17.33	16.10	14.63	15.20	15.17	15.27	15.60	14.60	16.47	16.43	16.77
<b>18:00</b>	16.83	15.83	14.17	14.97	14.97	15.03	15.33	14.30	16.17	16.23	16.47
<b>18:30</b>	16.50	15.40	14.00	14.47	14.17	14.67	15.07	14.30	16.13	16.10	16.47
<b>19:00</b>	16.17	15.03	13.67	13.97	12.87	14.20	14.87	14.10	15.93	15.93	16.27
<b>19:30</b>	15.80	14.93	13.53	13.73	12.77	13.87	14.80	13.60	15.50	15.70	15.90



Hora	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>20:00</b>	15.50	14.77	13.17	13.40	12.67	13.70	14.37	14.50	16.20	15.87	16.43
<b>20:30</b>	15.30	14.27	12.83	12.90	12.57	13.30	13.43	14.00	15.70	15.63	15.93
<b>21:00</b>	14.90	14.00	12.67	12.47	12.27	12.87	12.97	13.20	14.90	15.07	15.13
<b>21:30</b>	14.83	13.07	12.30	12.10	11.57	12.27	12.63	12.80	14.50	14.73	14.73
<b>22:00</b>	14.63	12.83	12.10	11.83	10.87	11.63	12.33	12.70	14.40	14.60	14.63
<b>22:30</b>	14.40	12.70	11.97	11.67	10.37	11.10	11.83	12.60	14.30	14.47	14.57
<b>23:00</b>	14.13	12.63	11.87	11.50	10.17	10.80	11.53	12.50	14.20	14.33	14.47
<b>23:30</b>	14.13	12.60	11.73	11.43	10.13	10.50	11.30	12.40	14.10	14.20	14.40
<b><math>\bar{T}</math></b>	<b>15.70</b>	<b>14.20</b>	<b>13.70</b>	<b>13.50</b>	<b>12.90</b>	<b>13.40</b>	<b>14.00</b>	<b>15.30</b>	<b>16.40</b>	<b>16.80</b>	<b>16.70</b>

Nota: La temperatura promedio registrados cada media hora de la vivienda N° 16 del centro poblado Pucrí.

El promedio de las temperaturas máximas y mínimas de la vivienda N° 16 revela que la temperatura máxima se registra en noviembre, alcanzando los 23.70°C, mientras que la temperatura mínima se presenta en el mes de junio, con 7.17°C. Además, la temperatura media mínima también se observa en junio, con un valor de 12.90°C, y la temperatura media máxima se registra en el mes de noviembre, alcanzando 16.80 °C.

En la Tabla 11, se muestra el promedio de temperaturas medidas cada media hora de la vivienda N° 02. Las temperaturas más bajas se registraron a las 4, 5 y 6 horas del día y las más altas a las 12, 13, 14 y 15 horas del día.

**Tabla 11**

*Temperaturas interiores módulo N° 02*

Hora	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>00:00</b>	14.07	10.80	10.40	10.03	9.87	9.97	10.20	12.13	12.97	13.40	14.13
<b>00:30</b>	13.87	10.77	9.63	9.87	9.30	9.43	10.03	12.13	12.97	13.43	14.13
<b>01:00</b>	13.70	10.50	9.33	9.60	9.20	9.33	9.57	11.73	12.57	13.60	13.83
<b>01:30</b>	13.50	10.23	9.10	9.43	8.80	8.93	9.47	11.23	12.27	13.17	13.60
<b>02:00</b>	13.40	10.30	9.03	9.33	8.80	8.93	9.20	11.13	12.10	13.03	13.50
<b>02:30</b>	13.27	10.17	8.93	9.03	8.50	8.63	9.07	11.03	12.00	12.90	13.40
<b>03:00</b>	13.13	9.93	8.73	8.67	7.47	7.60	8.87	10.93	11.97	12.80	13.27
<b>03:30</b>	12.93	9.80	8.57	8.57	7.37	7.50	8.67	10.80	11.87	12.70	13.17
<b>04:00</b>	12.83	9.60	8.47	8.13	7.07	7.20	8.37	10.53	11.73	12.57	13.07



Hora	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
04:30	12.57	9.47	8.33	7.77	6.90	7.03	8.07	10.20	11.33	12.50	13.00
05:00	12.33	9.33	8.20	7.67	6.77	6.90	7.83	9.90	11.23	12.37	13.07
05:30	12.17	9.33	8.23	7.60	6.83	7.00	7.80	10.07	11.57	12.60	13.13
06:00	12.13	9.70	8.53	7.83	7.70	7.83	7.83	12.17	12.83	13.50	13.83
06:30	12.63	9.90	8.87	8.30	7.83	7.97	8.43	12.93	13.23	13.80	14.23
07:00	12.83	10.37	9.40	8.70	8.63	8.77	9.53	13.37	13.63	14.10	14.53
07:30	13.33	11.30	10.23	9.70	9.57	9.70	10.80	13.57	13.83	14.27	14.73
08:00	13.77	13.87	12.77	10.40	10.67	10.80	12.77	14.43	15.03	15.30	15.27
08:30	14.27	14.67	14.00	11.30	11.77	11.90	13.10	15.03	16.43	16.50	16.53
09:00	14.60	15.60	15.00	11.90	12.37	12.50	13.50	16.13	17.63	17.67	17.50
09:30	15.37	16.50	15.73	13.10	13.57	13.70	14.03	16.60	18.13	18.00	18.00
10:00	15.73	17.53	16.70	14.23	14.97	15.10	14.37	17.43	18.67	18.47	18.47
10:30	16.33	18.40	17.60	15.13	16.17	16.30	14.77	17.97	19.10	20.00	18.97
11:00	17.10	19.20	18.33	16.17	16.57	16.83	16.03	18.80	19.67	21.03	19.73
11:30	17.70	19.83	18.73	16.87	16.77	17.20	16.63	19.27	20.47	21.80	20.40
12:00	18.57	20.33	19.17	17.50	17.67	18.27	17.47	19.87	21.57	22.30	21.07
12:30	19.30	20.47	19.53	18.17	17.73	17.93	18.07	20.57	21.90	23.30	21.37
13:00	19.87	20.53	20.00	18.50	17.53	17.43	18.30	21.13	21.93	23.60	21.47
13:30	20.20	20.37	20.20	18.63	17.63	17.57	18.10	21.27	21.50	22.50	21.40
14:00	20.07	20.10	19.77	18.37	17.50	17.43	17.47	20.93	21.17	21.20	21.40
14:30	19.73	19.43	19.03	18.20	17.13	17.00	17.13	20.60	20.17	20.23	20.57
15:00	19.57	18.90	18.47	17.57	16.90	16.70	16.57	19.80	19.57	19.60	19.97
15:30	18.97	18.07	18.20	17.23	16.57	16.30	16.43	18.60	19.37	19.47	19.70
16:00	17.93	17.33	17.53	16.37	15.63	15.00	16.17	17.80	18.30	18.67	18.97
16:30	17.67	16.37	16.70	15.33	14.73	14.30	14.73	16.43	17.33	17.07	17.70
17:00	17.43	16.00	15.47	14.33	13.77	13.90	14.20	15.83	16.73	16.47	17.10
17:30	16.73	15.80	15.13	13.60	12.57	12.70	13.73	14.63	15.53	15.33	16.07
18:00	15.97	15.43	14.50	13.33	11.97	12.10	13.57	14.33	14.53	15.03	15.77
18:30	15.73	14.47	14.17	12.93	11.97	12.10	12.97	14.33	14.53	15.03	15.77
19:00	15.50	13.50	13.00	12.73	11.77	11.90	12.50	14.13	14.33	14.83	15.57
19:30	15.20	13.47	12.70	12.37	11.97	12.10	12.17	13.63	13.83	14.27	15.20
20:00	14.97	13.37	12.30	12.13	11.27	11.37	11.97	14.53	14.73	15.17	15.73
20:30	14.73	13.13	11.37	12.03	10.77	10.87	11.93	14.03	14.33	14.67	15.37
21:00	14.53	12.93	11.10	11.90	10.47	10.57	11.77	13.23	13.77	14.07	14.80
21:30	14.37	12.07	10.80	11.40	10.17	10.27	11.13	12.83	13.47	13.73	14.60
22:00	14.30	11.37	10.67	11.03	9.97	10.07	10.50	12.73	13.37	13.53	14.53
22:30	14.23	11.10	10.57	10.80	9.97	10.07	10.30	12.63	13.30	13.40	14.50
23:00	14.23	11.00	10.53	10.53	9.97	10.07	10.40	12.53	13.23	13.27	14.40
23:30	14.20	10.90	10.33	10.33	9.87	9.97	10.33	12.43	12.83	13.17	14.33
<b><math>\bar{T}</math></b>	<b>15.40</b>	<b>14.00</b>	<b>13.20</b>	<b>12.40</b>	<b>11.90</b>	<b>11.90</b>	<b>12.40</b>	<b>14.80</b>	<b>15.50</b>	<b>16.00</b>	<b>16.30</b>

Nota: La temperatura promedio registrados cada media hora de la vivienda N° 02

El promedio de las temperaturas máximas y mínimas de la vivienda N° 02  
revela que la temperatura máxima se registra en el mes de noviembre, alcanzando

los 23.60°C, mientras que la temperatura mínima se presenta en el mes de junio, con 6.77°C. Además, la temperatura media mínima también se observa en los meses de junio y julio, con un valor de 11.90°C, y la temperatura media máxima se registra en diciembre, alcanzando 16.30°C.

En la Tabla 12 se muestra el promedio de temperaturas cada media hora de la vivienda 06. Las temperaturas más bajas se registraron a las 4, 5 y 6 horas del día y las más altas a las 12, 13, 14 y 15 horas del día.

**Tabla 12**

*Temperaturas interiores módulo N° 06*

<b>Hora</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>00:00</b>	13.97	11.20	10.57	10.13	9.63	9.63	9.97	11.70	12.43	13.40	14.30
<b>00:30</b>	13.83	10.30	9.93	9.80	9.13	9.20	9.80	11.70	12.43	13.40	14.30
<b>01:00</b>	13.60	9.73	9.60	9.50	8.60	8.73	9.33	11.30	12.03	13.00	13.90
<b>01:30</b>	13.43	9.50	9.20	9.33	8.30	8.37	9.03	10.80	11.77	12.50	13.40
<b>02:00</b>	13.30	9.27	9.10	9.23	8.20	8.27	8.80	10.70	11.63	12.40	13.30
<b>02:30</b>	12.93	9.17	8.90	8.93	8.00	8.07	8.67	10.60	11.53	12.30	13.20
<b>03:00</b>	12.70	8.97	8.67	8.63	7.80	7.87	8.50	10.50	11.47	12.20	13.10
<b>03:30</b>	11.90	8.83	8.43	8.23	7.60	7.67	8.27	10.40	11.37	12.10	13.00
<b>04:00</b>	11.67	8.63	8.27	7.83	7.23	7.30	7.90	10.20	11.23	11.97	12.87
<b>04:30</b>	11.50	8.50	7.90	7.63	6.90	6.97	7.57	9.83	11.00	11.87	12.70
<b>05:00</b>	11.30	8.47	7.73	7.43	6.60	6.70	7.43	9.57	10.87	11.77	12.63
<b>05:30</b>	11.23	8.57	7.97	7.37	6.60	6.77	7.53	9.77	11.07	11.80	12.80
<b>06:00</b>	11.17	8.73	8.47	7.57	7.07	7.23	7.77	12.03	12.93	12.37	13.17
<b>06:30</b>	11.77	8.97	8.80	7.93	7.43	7.67	7.97	12.90	13.33	13.10	13.47
<b>07:00</b>	12.63	9.57	9.13	8.70	8.30	8.47	8.87	13.30	13.73	13.40	13.87
<b>07:30</b>	13.07	10.57	9.70	9.63	8.83	9.00	9.57	13.50	13.93	13.63	14.07
<b>08:00</b>	13.53	12.27	11.37	10.50	9.47	9.70	11.00	14.37	15.13	14.70	14.77
<b>08:30</b>	13.77	13.17	11.93	11.17	10.07	10.30	11.43	14.97	16.53	16.10	16.03
<b>09:00</b>	14.13	14.20	12.90	11.80	10.53	10.73	11.97	15.57	17.37	17.20	17.00
<b>09:30</b>	14.80	15.37	14.00	12.70	11.37	11.67	12.77	16.07	17.93	17.70	17.50
<b>10:00</b>	15.73	16.63	15.50	13.63	12.23	12.73	13.47	17.03	18.47	18.17	17.97
<b>10:30</b>	16.47	17.27	16.27	14.13	12.93	13.67	13.93	17.57	18.97	18.60	18.47
<b>11:00</b>	17.33	17.60	16.73	15.60	14.80	15.10	15.73	18.47	19.60	19.30	19.23
<b>11:30</b>	17.93	17.90	17.97	16.23	15.40	15.93	16.37	18.73	20.47	20.50	20.10
<b>12:00</b>	18.17	18.20	18.50	16.93	16.07	16.67	16.83	19.33	21.43	21.07	20.77
<b>12:30</b>	18.43	18.33	18.80	17.70	16.40	16.93	17.43	19.87	21.73	21.53	21.10



Hora	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>13:00</b>	18.50	18.47	19.03	17.93	16.40	17.03	17.70	20.30	21.43	22.47	21.40
<b>13:30</b>	18.40	18.43	19.23	17.83	16.60	17.17	17.83	20.57	21.33	21.53	21.40
<b>14:00</b>	18.07	18.23	19.17	17.50	16.37	16.57	17.20	20.33	20.93	21.13	21.10
<b>14:30</b>	17.80	18.10	18.53	17.27	16.07	16.23	16.87	19.93	19.93	20.20	20.07
<b>15:00</b>	17.50	17.80	18.17	16.73	15.50	15.67	16.30	19.43	19.30	19.57	19.47
<b>15:30</b>	17.00	17.60	17.47	16.60	15.30	15.47	16.17	18.23	19.13	19.47	19.20
<b>16:00</b>	16.73	17.57	17.43	16.13	14.67	14.83	15.90	17.20	18.23	17.90	18.47
<b>16:30</b>	16.37	15.40	15.60	14.87	13.30	13.47	14.47	16.30	16.73	16.53	17.20
<b>17:00</b>	16.13	14.80	14.97	14.53	12.90	13.07	14.00	15.70	16.13	15.90	16.60
<b>17:30</b>	15.67	14.40	14.57	14.00	12.17	12.33	13.53	14.50	14.93	15.00	15.40
<b>18:00</b>	15.20	14.27	14.37	13.60	11.83	12.00	13.37	14.20	14.63	14.70	15.10
<b>18:30</b>	15.03	13.67	13.93	13.23	11.53	11.70	12.77	14.20	14.63	14.70	15.10
<b>19:00</b>	15.00	13.53	13.30	13.00	11.40	11.57	12.30	14.00	14.43	14.50	14.90
<b>19:30</b>	14.90	12.90	12.70	12.60	11.17	11.33	11.97	13.50	13.93	14.00	14.53
<b>20:00</b>	14.83	12.77	12.50	12.37	10.77	10.93	11.77	14.40	14.83	14.90	15.07
<b>20:30</b>	14.67	12.83	12.07	11.63	10.60	10.77	11.73	13.90	14.33	14.40	14.57
<b>21:00</b>	14.53	12.63	11.83	12.07	10.47	10.63	11.57	13.10	13.53	13.60	13.77
<b>21:30</b>	14.40	11.73	11.37	11.57	9.93	10.10	10.93	12.70	13.13	13.20	13.47
<b>22:00</b>	14.33	11.37	11.23	11.00	9.57	9.73	10.30	12.60	13.03	13.10	13.37
<b>22:30</b>	14.23	11.30	11.07	10.80	9.43	9.60	10.10	12.50	12.93	13.00	13.27
<b>23:00</b>	14.17	11.20	10.97	10.50	9.67	9.83	10.27	12.40	12.83	12.90	13.17
<b>23:30</b>	14.03	11.20	10.73	10.33	9.53	9.70	10.13	12.30	12.73	12.80	13.07
<b><math>\bar{T}</math></b>	<b>14.70</b>	<b>13.10</b>	<b>12.80</b>	<b>12.20</b>	<b>11.10</b>	<b>11.30</b>	<b>12.00</b>	<b>14.40</b>	<b>15.30</b>	<b>15.40</b>	<b>15.80</b>

Nota: La temperatura promedio registrado cada media hora de la vivienda N° 06 en el centro poblado de Pucrí.

En la Tabla 12, se visualiza el promedio de las temperaturas máximas y mínimas de la vivienda N° 06. Se observa que la temperatura máxima se registra en el mes de noviembre, alcanzando los 22.47 °C, mientras que la temperatura mínima ocurre en el mes de junio, con 6.60 °C. Además, tanto la temperatura media mínima como la temperatura media máxima se registran en los meses de junio y julio, con un valor de 11.10 °C, y en diciembre, alcanzando 15.80 °C, respectivamente. Es importante destacar que esta vivienda presenta las temperaturas media, mínima y máxima más bajas en comparación con las otras tres viviendas analizadas.

En la Tabla 13, se presentan los promedios de las temperaturas máximas y mínimas correspondientes a los meses del año 2023, basados en las mediciones realizadas en la vivienda N° 16, desde febrero hasta diciembre.

**Tabla 13**

*Promedio de temperaturas internas y humedad vivienda N° 16*

<b>Mes</b>	<b>Temperatura máxima (10:00am 3:00pm)</b>	<b>Temperatura mínima (3:00am 7:00am)</b>	<b>Humedad relativa interior</b>	<b>Humedad relativa exterior</b>
Febrero	20.97	12.47	48.08	77.23
Marzo	20.73	9.67	40.63	77.20
Abril	20.63	8.87	35.63	70.62
Mayo	19.57	7.93	28.87	67.88
Junio	19.63	7.03	28.03	60.82
Julio	19.17	7.33	25.57	60.97
Agosto	20.70	7.87	31.92	64.40
Setiembre	22.93	10.03	34.84	70.37
Octubre	23.13	11.53	34.89	64.50
Noviembre	23.83	13.63	35.13	58.13
Diciembre	22.07	13.37	35.49	71.86

Nota: Temperaturas máximas, mínimas y humedad relativa obtenidas de la vivienda N° 16.

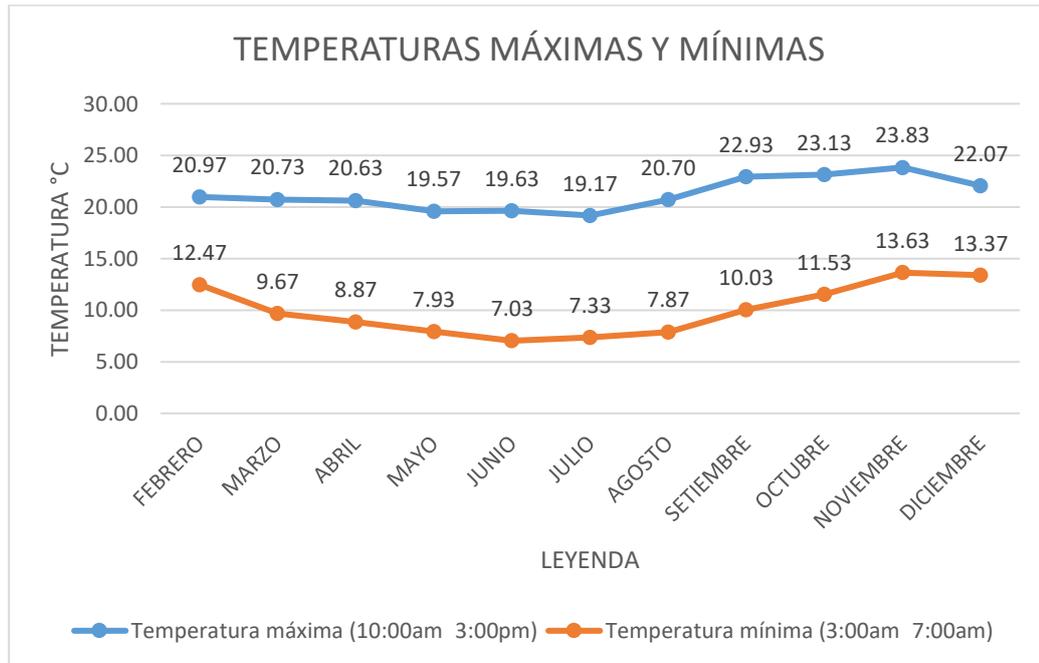
En la Tabla 13, se observa que la temperatura máxima más alta se registra en el mes de noviembre, alcanzando 23.83°C. Por otro lado, la temperatura máxima más baja se presenta en el mes de julio, con 19.17°C. En cuanto a las temperaturas mínimas, la más alta se da también en el mes de noviembre, con 13.63°C, mientras que la temperatura mínima más baja se registra en el mes de junio, alcanzando 7.03°C.

En el análisis del promedio de humedad relativa internas de la vivienda *Sumaq Wasi*, la Figura 18 revela que la máxima más alta se registra en el mes de febrero, alcanzando 48.08%, la humedad relativa mínima interior es de 25.57% registrada en el mes de julio. En contraste, la humedad relativa máxima exterior

se presenta en el mes de febrero, con 77.23% y la humedad relativa mínima exterior se presenta en junio con 60.82%.

**Figura 18**

*Promedio de temperatura interna de vivienda N° 16*



Nota: Promedio de temperaturas interna obtenidas de la vivienda N° 16

En la Tabla 14, se presentan los promedios de las temperaturas máximas y mínimas correspondientes a los meses del año 2023, basados en las mediciones realizadas en la vivienda N° 02, desde febrero hasta diciembre. Donde las temperaturas mínimas se registran entre las 3:00 a.m. y las 7:00 a.m.

**Tabla 14**

*Promedio de temperatura interna y humedad de vivienda N° 02*

Mes	Temperatura máxima (10:00am - 3:00pm)	Temperatura mínima (3:00am - 7:00am)	Humedad relativa interior	Humedad relativa exterior
Febrero	20.27	12.13	47.30	77.23
Marzo	20.60	9.30	36.40	77.2
Abril	20.47	8.13	35.66	70.62

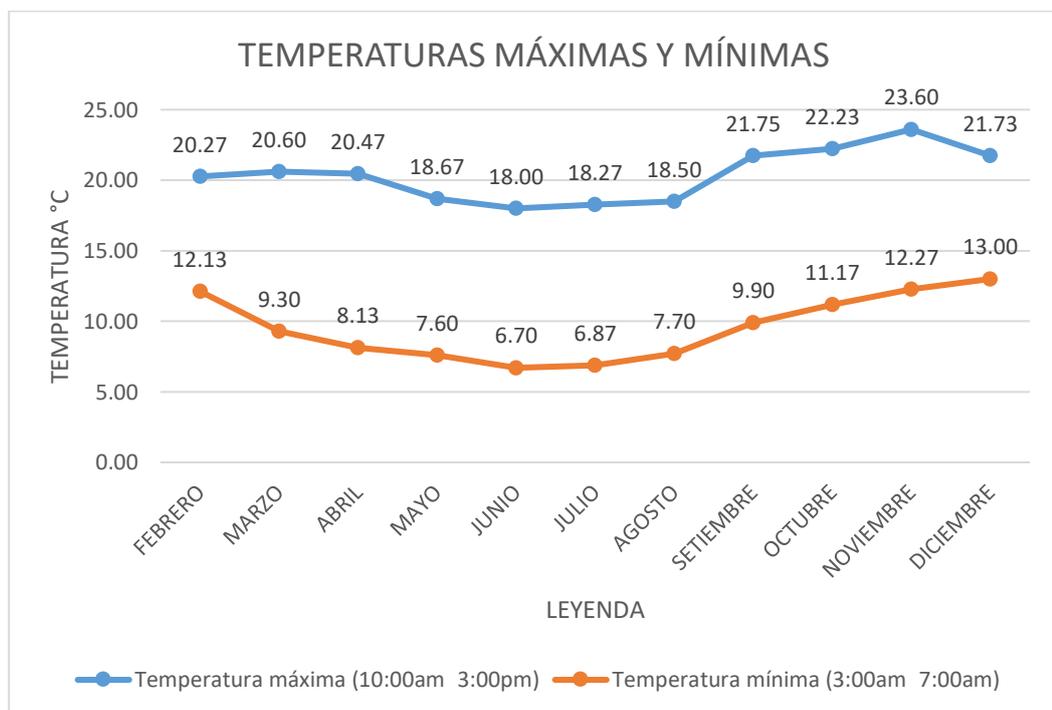
Mes	Temperatura máxima (10:00am 3:00 pm)	Temperatura mínima (3:00am 7:00am)	Humedad relativa interior	Humedad relativa exterior
Mayo	18.67	7.60	28.57	67.88
Junio	18.00	6.70	27.04	60.82
Julio	18.27	6.87	25.71	60.97
Agosto	18.50	7.70	32.38	64.4
Setiembre	21.75	9.90	34.56	70.37
Octubre	22.23	11.17	34.56	64.5
Noviembre	23.60	12.27	31.40	58.13
Diciembre	21.73	13.00	35.13	71.86

Nota: Temperaturas máximas, mínimas y humedad relativa obtenidas de la vivienda N° 02

El análisis de la Tabla 14, revela que el promedio de la temperatura máxima más alta se registra en el mes de noviembre, alcanzando 23.60°C, mientras que la temperatura mínima más baja se presenta en el mes de junio, con 6.70°C. La humedad relativa mínima interior es de 25.71% y la máxima es de 47.30%.

### Figura 19

*Promedio de temperatura interna de vivienda N° 02*



Nota: Temperaturas máximas y mínimas obtenidas de la vivienda N° 02

En el análisis del promedio de temperaturas internas de la vivienda *Sumaq Wasi*, se observa en la vivienda N° 02 que la temperatura máxima más alta se registra en el mes de noviembre, alcanzando 23.60°C. Por otro lado, la temperatura máxima más baja se presenta en el mes de julio, con 18.00°C. En cuanto a las temperaturas mínimas, la más alta se da también en el mes de noviembre, con 13.00°C, mientras que la temperatura mínima más baja se registra en el mes de junio, alcanzando 6.70°C como se observa en la Figura 19.

**Tabla 15**

*Promedio de temperatura interna y humedad de vivienda N° 06*

Mes	Temperatura máxima (10:00am 3:00pm)	Temperatura mínima (3:00am 7:00am)	Humedad relativa interior	Humedad relativa exterior
Febrero	18.50	11.17	48.13	77.23
Marzo	18.63	8.47	47.42	77.2
Abril	19.60	7.67	35.63	70.62
Mayo	18.13	7.37	28.56	67.88
Junio	16.83	6.57	26.54	60.82
Julio	17.60	6.67	25.56	60.97
Agosto	17.97	7.40	32.38	64.4
Setiembre	20.97	9.50	34.65	70.37
Octubre	21.80	10.87	34.56	64.5
Noviembre	22.47	11.73	35.13	58.13
Diciembre	21.53	12.50	34.80	71.86

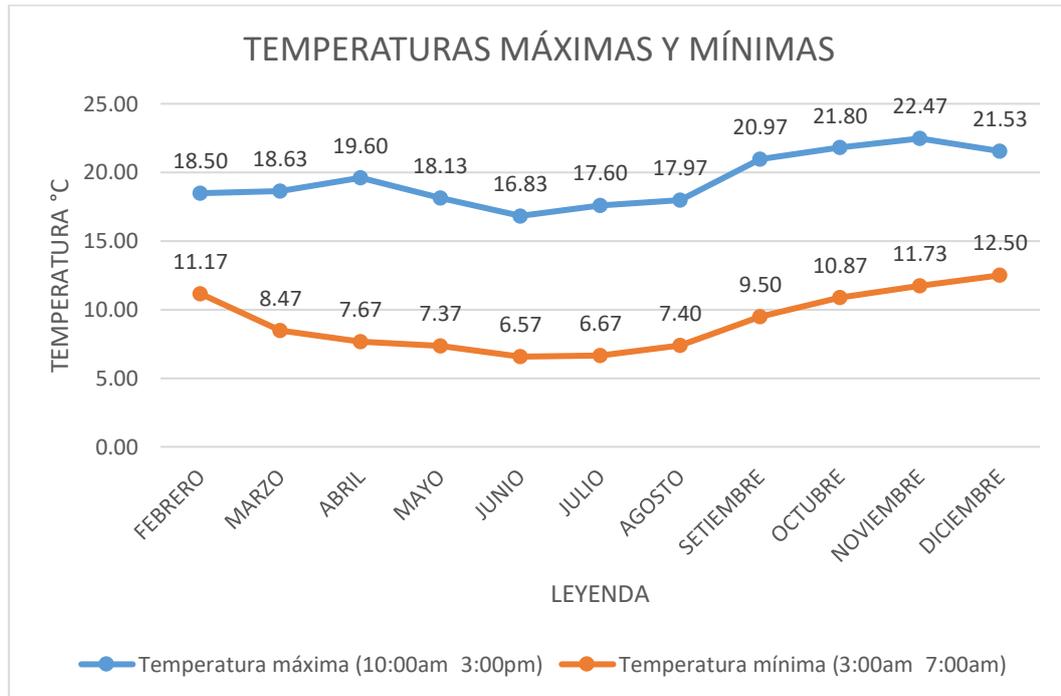
Nota: Temperaturas máximas, mínimas y humedad relativa obtenidas de la vivienda N° 06.

En la Tabla 15, se observa que la temperatura máxima más alta se registra en el mes de noviembre, alcanzando 22.47°C, mientras que la temperatura máxima más baja se presenta en julio, con 16.83°C. En cuanto a las temperaturas mínimas, la más alta se da en el mes diciembre, con 12.50°C, y la temperatura mínima más baja se registra en el mes de junio, alcanzando 6.57°C. Además, la humedad relativa máxima registrada en el mes de febrero con 48.13%, la humedad relativa mínima interior es de 25.56% registrada en el mes de julio. En contraste,

la humedad relativa máxima exterior se presenta en el mes de febrero, con 77.23% y la humedad relativa mínima exterior se presenta en el mes de junio con 60.82%.

**Figura 20**

*Promedio de temperatura interna de vivienda N° 06*



Nota: Temperaturas máximas y mínimas internas obtenidas de la vivienda N° 06.

En el análisis del promedio de temperaturas internas de la vivienda *Sumaq Wasi*, se observa en la vivienda N° 06 que la temperatura máxima más alta se registra en noviembre, alcanzando **22.47 °C**. Por otro lado, la temperatura máxima más baja se presenta en julio, con **16.83 °C**. En cuanto a las temperaturas mínimas, la más alta se da también en diciembre, con **12.50 °C**, mientras que la temperatura mínima más baja se registra en junio, alcanzando **6.57 °C** como se visualiza en la Figura 20.

#### **4.1.4 Evaluación de transferencia de calor.**

Para evaluar la eficacia de la vivienda, se lleva a cabo un balance energético detallado para cada ambiente.

$$\Delta Q_{\text{Dorm.01}} = Q_{\text{muros}} + Q_{\text{techo}} + Q_{\text{piso}} + Q_{\text{ventanas}} + Q_{\text{puertas}} + Q_{\text{renovación}}$$

**Tabla 16**

*Tabla zona mesoandina según norma EM. 110*

Zonas	Zona Mesoandina	centro poblado Pucrí, Challamayo Pata
Temperatura media anual	12°C	9.69°C
Humedad relativa media	30 - 50%	67.88%
Energía solar diaria	2 a 7.5 Kwh/m <sup>2</sup>	5 Kwh/m <sup>2</sup>
Altitud	3,000 a 4,000	3,900

Nota: Datos obtenidos de la norma EM. 110 (ver Anexo 01).

**Tabla 17**

*Coefficiente total de transferencia de calor del techo*

Unidad	Capas	K [W/m <sup>2</sup> °C]	e [m]	R [m <sup>2</sup> °C/W]	U [W/m <sup>2</sup> °C]
<b>Techo</b>	Rse			0.05	
	Calamina	237	0.003	0.00	
	Poliestireno	0.033	0.05	0.24	
	Falso cielorraso con baldosa laminado con vinyl	0.12	0.006	0.05	0.56
	Tijeral acero lac	50	0.0036	0.00	
	Rsi			0.17	

Nota: Datos obtenidos para la vivienda Sumaq Wasi de la norma EM. 110 (ver Anexo 03).

**Tabla 18**

*Coefficiente total de transferencia de calor*

Unidad	Capas	K [W/m <sup>2</sup> °C]	e [m]	R [m <sup>2</sup> °C/W]	U [W/m <sup>2</sup> °C]
<b>Muro exterior</b>	Rse			0.11	
	Yeso	0.3	0.02	0.07	
	Adobe	0.9	0.4	0.44	1.34
	Yeso	0.3	0.02	0.07	
	Rsi			0.06	

Unidad	Capas	K [W/m <sup>2</sup> C]	e [m]	R [m <sup>2</sup> C/W]	U [W/m <sup>2</sup> C]
<b>Muro interior</b>	Rse			0.06	
	Yeso	0.3	0.02	0.07	
	Adobe	0.9	0.4	0.44	1.43
	Yeso	0.3	0.02	0.07	
	Rsi			0.06	
<b>Polycarbonato alveolar</b>	Rse			0.05	
	Polycarbonato	0.20	0.006	0.04	4.00
	Rsi			0.17	
<b>Piso de concreto</b>	Rse			0.06	
	Concreto	1.51	0.5	0.33	2.00
	Rsi			0.11	
<b>Vidrio simple</b>	Rse			0.11	
	Vidrio	1.00	0.006	0.01	5.68
	Rsi			0.06	
<b>Ventana y contraventana</b>	Rse			0.11	
	Triplay	0.14	0.004	0.03	
	Vidrio	1.00	0.006	0.01	4.89
	Rsi			0.06	
<b>Marco Contraventanas</b>	Rse			0.11	
	Madera	0.13	0.06	0.46	1.58
	Rsi			0.06	
<b>Puerta machimbrada</b>	Rse			0.11	
	Madera	0.12	0.065	0.50	
	Polietileno	0.033	0.003	0.12	1.25
	Rsi			0.06	

Nota: Coeficiente global de transferencia de calor para la vivienda Sumaq Wasi según la norma EM. 110 (ver Anexo 03).

El adobe tiene una alta inercia térmica, lo que significa que puede absorber el calor del sol durante el día y liberarlo lentamente por la noche, ayudando a mantener temperaturas interiores estables. Aunque no es un aislante en sí mismo, el yeso puede contribuir a la regulación de la humedad y mejorar la sensación térmica al mantener las paredes secas.

Los marcos están hechos de madera o metal y se aíslan con poliestireno expandido (tecnopor). Tiene una baja conductividad térmica, lo que ayuda a reducir las pérdidas de calor a través del marco de las ventanas.

**Tabla 19***Temperaturas al interior y exterior de la Sumaq Wasi*

Descripción	Fechas	29/05/2024
Temperatura exterior (°C)	Máximo	24.4
	Mínimo	-5.9
	Promedio	7.53
Temperatura interior sala (°C)	Máximo	19.37
	Mínimo	7.03
	Promedio	12.16

Nota: Temperaturas al interior de la vivienda N° 06 tomadas los días 29 de mayo de 2024.

Los datos climáticos locales son fundamentales para evaluar las condiciones externas que influyen en el balance térmico, incluyendo las temperaturas interiores y exteriores.

Se efectúa un balance energético para evaluar las ganancias y pérdidas de calor y se resume en la Tabla 20 y 21.

$$\Delta Q_{\text{Dorm.01}} = Q_{\text{elementos de construcción}} + Q_{\text{renovación}} + Q_{\text{agujeros}} + Q_{\text{ganancia solar}} + Q_{\text{ocupantes}} + Q_{\text{iluminación}}$$

$$\Delta \dot{Q}_{\text{Dorm.01}} = (Q_{\text{muros}} + Q_{\text{techo}} + Q_{\text{piso}} + Q_{\text{ventanas}} + Q_{\text{puertas}}) + Q_{\text{renovación}} + Q_{\text{agujeros}} + Q_{\text{ganancia solar}} + Q_{\text{ocupantes}} + Q_{\text{iluminación}}$$

$$Q_{\text{muros}} = Q_{M14} + Q_{M15} + Q_{M16} + Q_{M17} + Q_{M18}$$

$$Q_{\text{muros}} = U_{M14}A_{14}(T_{\text{sa}} - T_{\text{sala,D1}}) + U_{M15}A_{15}(T_{\text{sa}} - T_{D1,D2}) + U_{M16}A_{16}(T_{\text{sa}} - T_{D2}) + U_{M17}A_{17}(T_{\text{sa}} - T_{\text{sala}}) + U_{M18}A_{18}(T_{\text{sa}} - T_{\text{sala}})$$

$$Q_{\text{techo}} = Q_{T1} + Q_{T2} + Q_{T3} + Q_{T4} = [U_{\text{techo}}A_{T1} + U_{\text{techo}}A_{T2} + U_{\text{techo}}A_{T3} + U_{\text{vent. sen.}}A_{\text{vent. sen.}}] \cdot (T_{\text{sa}} - T_{D1})$$

$$Q_{\text{piso}} = U_{\text{piso}}A_{\text{piso}}(T_{\text{suelo}} - T_{\text{sala,D1,D2}})$$

$$Q_{\text{ventana}} = U_{\text{vent}}A_{\text{vent}}(T_{\text{sa}} - T_{\text{sala,D1,D2}})$$



$$Q_{\text{puerta}} = U_{\text{pu3}} A_{\text{pu3}} (T_{\text{exterior}} - T_{\text{sala}})$$

$$Q_{\text{renovación}} = 0,223N \times V_{\text{aire}} \times (T_{\text{exterior}} - T_{\text{sala}})$$

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Donde:

- $Q_{M14}$ ,  $Q_{M15}$ ,  $Q_{M16}$ ,  $Q_{M17}$  y  $Q_{M18}$  son las velocidades de transferencia de calor de la sala.
- $U_{M14}$ ,  $U_{M15}$ ,  $U_{M16}$ ,  $U_{M17}$  y  $U_{M18}$ , corresponden a los coeficientes de transferencia de calor de los muros [ $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ ].
- $U_{\text{techo}}$ ,  $U_{\text{vent. sen.}}$ ,  $U_{\text{piso}}$ ,  $U_{\text{vent}}$  y  $U_{\text{pu3}}$  indican el coeficiente total de transferencia de calor del techo, piso, ventana cenital, ventana y puerta [ $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ ].
- $A_i$  área por donde fluye el calor [ $\text{m}^2$ ].
- $T_{D1}$ ,  $T_{D2}$ ,  $T_{\text{sala}}$  y  $T_{\text{suelo}}$  son temperatura del dormitorio 1, dormitorio 2, sala y suelo, se considera  $T_{\text{suelo}} = \bar{T}_{\text{exterior}}$
- $T_{\text{sa}}$  representa la temperatura solar de la pared exterior y del techo.
- $N$  corresponde al número de renovaciones de aire.
- $V_{\text{aire}}$  representa el volumen de aire 1 [ $\text{m}^3$ ].
- $C_{\text{aire}} = 1006,5 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{°C}$  es el calor específico del aire.

$\rho_{\text{aire}}$  representa la densidad del aire a 3900 m sobre el nivel del mar, siendo

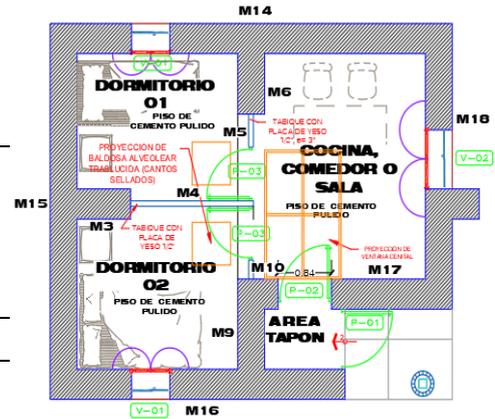
$$\rho_{\text{aire}} = 0.798 \text{ kg}/\text{m}^3$$

En la Tabla 20 se presentan los datos sobre el intercambio de calor a través de las superficies de la envolvente de la vivienda *Sumaq Wasi*, como paredes, techos, puertas y ventanas. Es fundamental conocer la conductividad térmica de los materiales empleados en la construcción.

**Tabla 20**

*Coefficiente global de transferencia*

COMPONENTES	A (m <sup>2</sup> )	U [W/m <sup>2</sup> °C]	ESQUEMA
<b>Muros</b>	M14	13.13	1.34
	M15	11.55	1.34
	M16	9.43	1.34
	M17	3.70	1.34
	M18	7.82	1.34
<b>Techo</b>	T1	5.25	0.56
	T2	5.77	0.56
	T3	6.29	0.56
	T4	2.16	4.00
<b>Piso</b>	P1	19.47	2.00
<b>Ventana y contraventana</b>	V1	2.42	4.89
	MC	0.50	1.58
<b>Puerta</b>	P3	1.80	1.25



Nota: Datos de la vivienda N° 02 para el cálculo del balance energético

**Tabla 21**

*Balance energético de la Sumaq Wasi*

COMPONENTES	A (m <sup>2</sup> )	U [W/m <sup>2</sup> °C]	ΔT [°C]	Q̇ = A · U · ΔT [W]	
<b>Muros</b>	M14	13.13	1.34	17.37	305.61
	M15	11.55	1.34	17.37	268.84
	M16	9.43	1.34	17.37	219.49
	M17	3.70	1.34	17.37	86.12
	M18	7.82	1.34	17.37	182.02
<b>Techo</b>	T1	5.25	0.56	17.37	51.07
	T2	5.77	0.56	17.37	56.13
	T3	6.29	0.56	17.37	61.18
	T4	2.16	4.00	17.37	150.08
<b>Piso</b>	P1	19.47	2.00	17.37	476.63
<b>Ventana y contraventana</b>	V1	2.42	4.89	17.37	205.55
	MC	0.50	1.58	17.37	13.72
<b>Puerta</b>	P3	1.80	1.31	17.37	40.96
<b>TOTAL</b>				<b>2315.28</b>	

Nota: La vivienda 02 Sumaq Wasi tiene una transferencia de calor 2105.36 W en el mes de mayo del 2024.

La temperatura está directamente relacionada con la cantidad de energía transferida (ganancias de energía); es decir, a mayor transferencia de energía, mayor será la temperatura.

#### 4.1.5 Cálculo de la transferencia de calor según la norma EM. 110

La norma EM. 110 se establecen criterios bioclimáticos para la región Mesoandina, con el objetivo de lograr confort térmico y eficiencia energética, utilizando los coeficientes máximos de transferencia de calor por zona como se visualiza en la Tabla 22.

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i x U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots} \quad (9)$$

Donde:

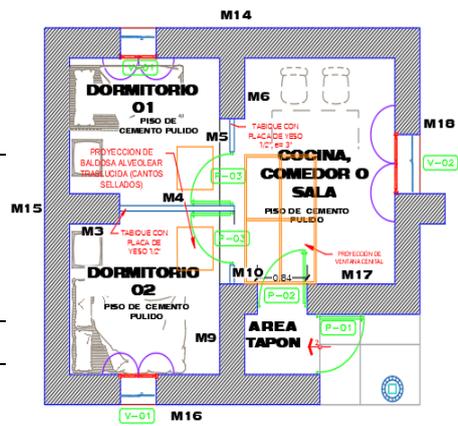
$\sum S_i$  : suma total de las áreas de cada tipo de elemento en la envolvente.

$\sum S_i x U_i$  : representa la suma total de todos los productos obtenidos de " $S_i x U_i$ "

**Tabla 22**

*Coefficiente global de transferencia según la EM. 110*

COMPONENTES	A (m <sup>2</sup> )	U [W/m <sup>2</sup> °C]	ESQUEMA
<b>Muros</b>	M14	13.13	2.36
	M15	11.55	2.36
	M16	9.43	2.36
	M17	3.70	2.36
	M18	7.82	2.36
<b>Techo</b>	T1	5.25	2.21
	T2	5.77	2.21
	T3	6.29	2.21
	T4	2.16	3.87
<b>Piso</b>	P1	19.47	2.63
<b>Ventana y contraventana</b>	V1	0.59	4.91
	MC	0.50	1.58
<b>Puerta</b>	P3	1.80	4



Nota: Balance energético considerando coeficientes globales de transferencia máximos por zona.

La norma (EM. 110, 2014) establece directrices bioclimáticas para la región Mesoandina, con el propósito de definir lineamientos técnicos de diseño que aseguren el confort térmico y lumínico, optimizando la eficiencia energética y considerando los coeficientes máximos de transferencia de calor por cada zona como se visualiza en la Tabla 23.

**Tabla 23**

*Balance energético según la norma EM. 110*

COMPONENTES	A (m <sup>2</sup> )	U [W/m <sup>2</sup> °C]	ΔT [°C]	Q = A.U.ΔT [W]	
<b>Muros</b>	M14	13.13	2.36	17.37	538.24
	M15	11.55	2.36	17.37	473.47
	M16	9.43	2.36	17.37	386.57
	M17	3.7	2.36	17.37	151.67
	M18	7.82	2.36	17.37	320.57
<b>Techo</b>	T1	5.25	2.21	17.37	201.54
	T2	5.77	2.21	17.37	221.5
	T3	6.29	2.21	17.37	241.46
	T4	2.16	3.87	17.37	145.20
<b>Piso</b>	P1	19.47	2.63	17.37	626.76
<b>Ventana y contraventana</b>	V1	0.59	4.91	17.37	50.32
	MC	0.5	1.58	17.37	13.72
<b>Puerta</b>	P3	1.8	4	17.37	125.06
<b>TOTAL</b>				<b>3758.77</b>	

Nota: Cálculo con los datos obtenidos de la Tabla 2 del Anexo 01

**Tabla 24**

*Diferencia de balance energético*

Descripción	U [W/m <sup>2</sup> °C]	ΔQ [W]
<b>Vivienda Sumaq Wasi actual</b>	2315.28	1443.49
<b>Según la norma EM. 110</b>	3758.77	

Nota: Diferencia de Balance energético de todo el módulo de la vivienda sumaq wasi según la norma EM 110.

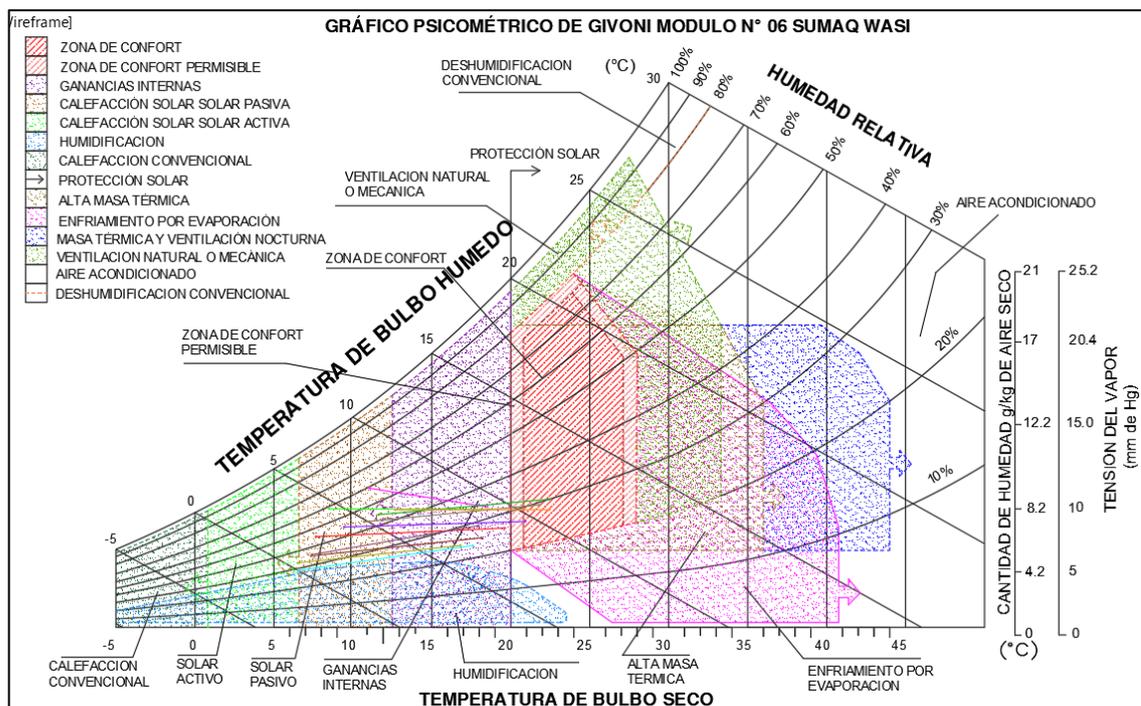
La temperatura está relacionada directamente con la cantidad de energía transferida (ganancias de energía); es decir, a medida que aumenta la transferencia de energía, también lo hace la temperatura.

Al comparar estos resultados con los estándares de la norma EM 110, que establece criterios para evaluar el confort térmico y la eficiencia energética en edificaciones, se observa que las viviendas *Sumaq Wasi* cumplen y superan los requisitos mínimos establecidos para garantizar un ambiente interior confortable.

#### 4.1.6 Respuesta según carta bioclimática de Givoni.

Figura 21

Carta Bioclimática de Givoni *Sumaq Wasi* módulo N° 06



Nota: Carta Bioclimática de Givoni *Sumaq Wasi* modulo N° 06

**Temperatura Interna:** Durante el monitoreo, se registraron temperaturas internas promedio que variaron entre 6.50°C y 23°C en las viviendas *Sumaq Wasi*.

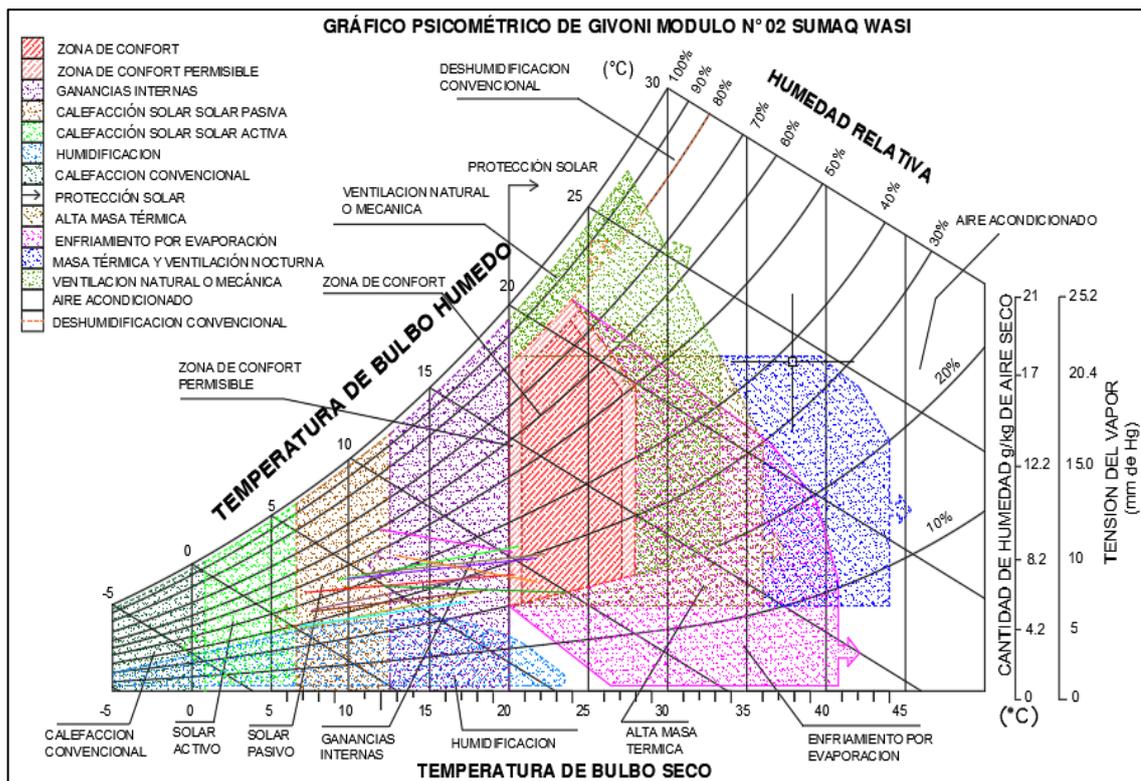
Estos valores son cercanos al rango de confort térmico, que se sitúa entre 21°C y 26°C, según Givoni como se puede visualizar en la Figura 21.

**Humedad Relativa:** Las mediciones de humedad relativa oscilaron entre el 25% y el 60%, lo que indica que, aunque algunas mediciones se acercan a los límites óptimos.

**Zona de Confort:** Las temperaturas internas durante las horas más cálidas del día alcanzaron niveles que podrían considerarse dentro de la zona de confort, aunque no de manera consistente.

**Figura 22**

*Carta Bioclimática de Givoni Sumaq Wasi módulo N° 02*



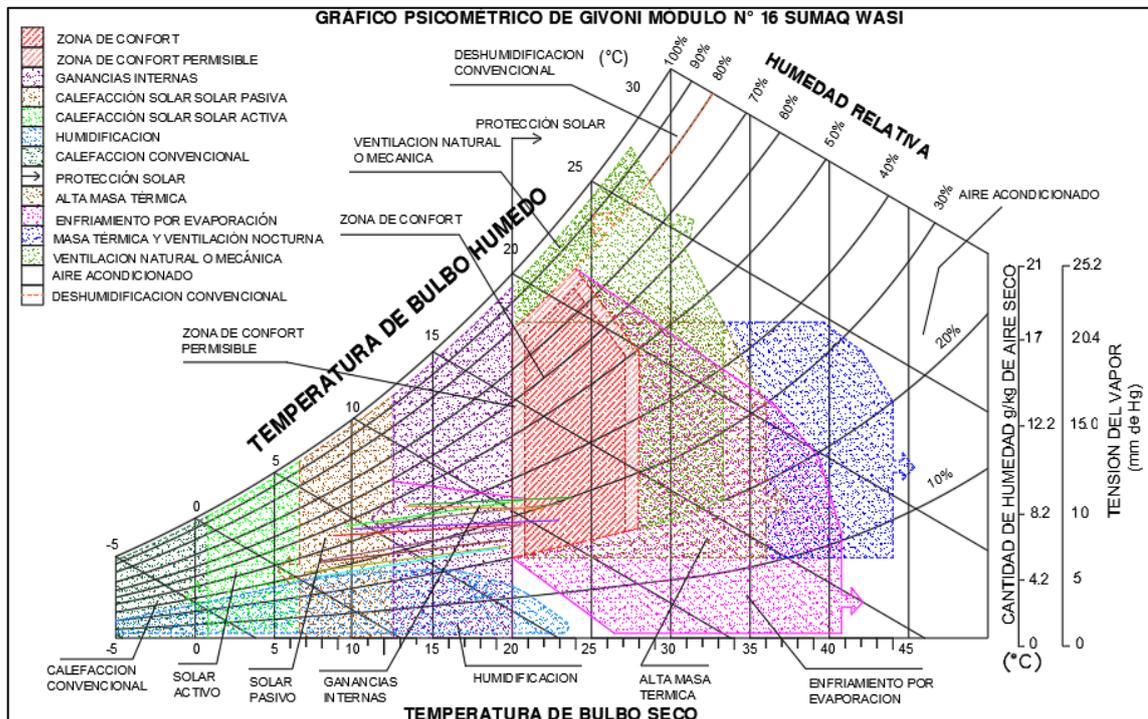
Nota: Carta Bioclimática de Givoni Sumaq Wasi modulo N° 02

**Zona de Confort:** Las temperaturas internas durante las horas más cálidas del día alcanzaron niveles que podrían considerarse dentro de la zona de confort, aunque no de manera consistente como se muestra en la Figura 22.

**Zona de Confort Permisible:** En momentos donde las temperaturas internas eran inferiores a 21°C como se visualiza la Figura 22, las viviendas se ubicaron dentro de la zona permisible, donde un porcentaje significativo de los ocupantes aún reportó una sensación aceptable de confort térmico.

**Figura 23**

*Carta Bioclimática de Givoni Sumaq Wasi módulo N° 16*



Nota: Carta Bioclimática de Givoni Sumaq Wasi modulo N° 16

**Zona de Confort:** Las temperaturas internas durante las horas más cálidas del día alcanzaron niveles dentro de la zona de confort, aunque no de manera consistente tal como se visualiza en la Figura 23, cabe mencionar que la vivienda N° 16 estuvo más dentro de la zona confort.

**Zona de Confort Permisible:** En momentos donde las temperaturas internas eran inferiores a 21°C, las viviendas se ubicaron dentro de la zona permisible, donde un porcentaje significativo de los ocupantes aún reportó una sensación aceptable de confort térmico.

#### 4.1.7 Evaluación de la orientación de las viviendas

Los resultados indican que cada orientación tiene sus ventajas y desventajas dependiendo del contexto climático específico. La correcta elección de la orientación adecuada para cada vivienda *Sumaq Wasi* puede mejorar significativamente el confort térmico y la calidad de vida de los ocupantes. La implementación de estrategias bioclimáticas adaptadas a cada orientación es esencial para optimizar el rendimiento térmico y garantizar un ambiente habitable y saludable, la frontal de la vivienda se evaluará en diferentes orientaciones.

#### Figura 24

*Fotografía frontal de la vivienda Sumaq Wasi*



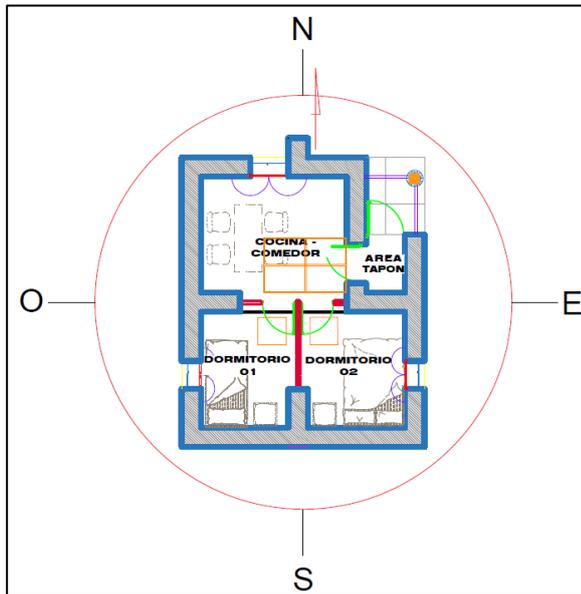
Nota: Elaborado por el tesista de la investigación

#### **Orientación Norte (adecuada)**

La orientación norte como se visualiza en la Figura 25 es considerada la más eficiente para maximizar el confort térmico en climas fríos. Las viviendas orientadas hacia el norte reciben radiación solar durante todo el día, lo que contribuye a mantener temperaturas interiores cálidas incluso en invierno. Esta orientación permite aprovechar al máximo la luz natural, ver Figura 25.

**Figura 25**

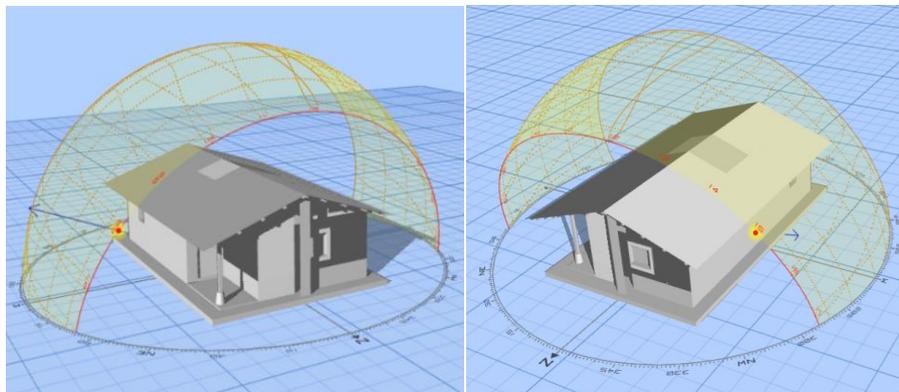
*Orientación norte*



Nota: Extraído del programa AutoCAD (2021).

**Figura 26**

*Trayectoria Solar orientación norte a las 8:30 am y 2:00pm*



Nota: Extraído del programa SketchUp Pro (2021) adaptado en 3 Sun-Path

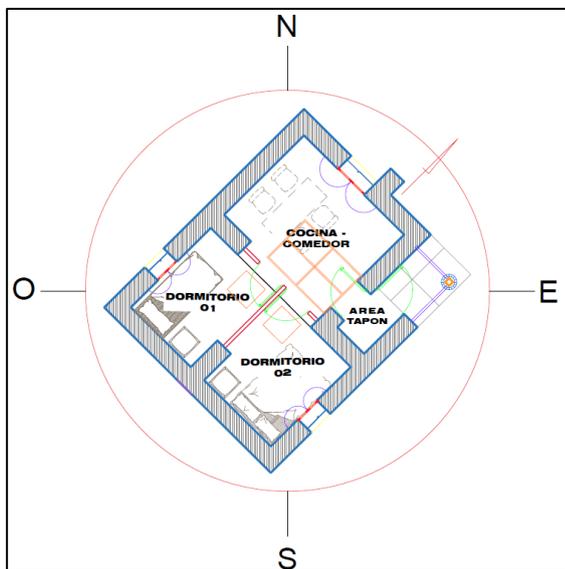
### **Orientación noreste (medianamente adecuado)**

La orientación hacia el noreste como se observa la Figura 27 de la vivienda *Sumaq Wasi* presenta ciertas limitaciones en cuanto a la captación de radiación solar. Específicamente, las ventanas del dormitorio dos no reciben radiación solar adecuada durante los meses de junio y julio, y solo una cantidad mínima en los

otros meses. En la sala, la entrada de radiación solar es muy reducida durante los meses de junio y julio, prácticamente inexistente en el resto del año, solo el dormitorio uno recibe luz solar al atardecer, la captación de radiación solar durante el día es limitada, y debido a la inclinación de la radiación solar, no se logra una adecuada iluminación en las dos habitaciones a través de la ventana cenital. Sin embargo, sí se permite una mejor entrada de luz en la sala, ver Figura 28.

### Figura 27

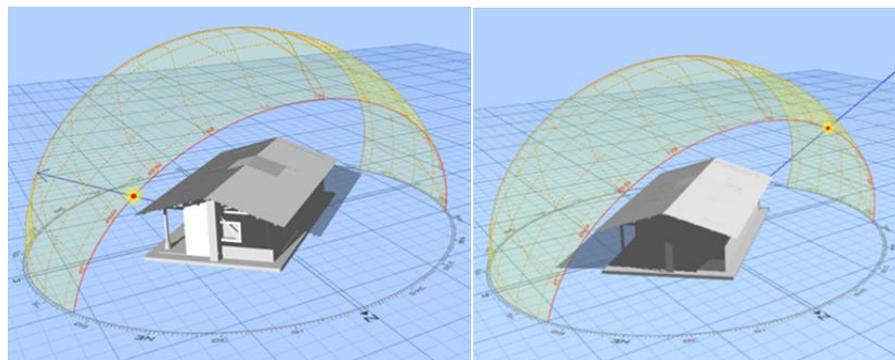
*Orientación noreste*



Nota: Extraído del programa SketchUp Pro (2021) adaptado en 3 Sun-Path.

### Figura 28

*Trayectoria solar orientación noreste a las 2:00pm*



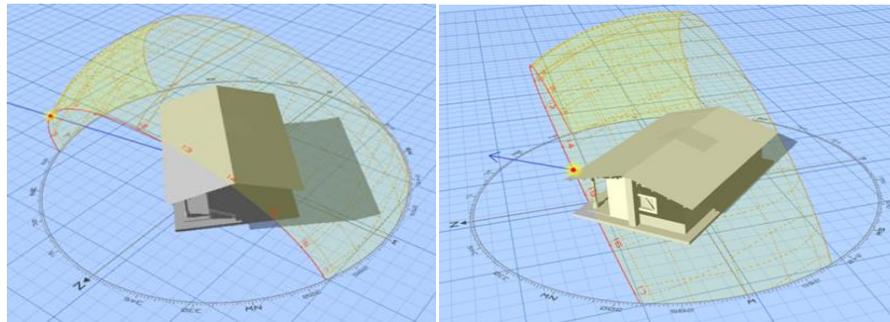
Nota: Extraído del programa SketchUp Pro (2021) adaptado en 3 Sun-Path.

### Orientación noroeste (medianamente adecuado)

La orientación hacia el noroeste de la vivienda *Sumaq Wasi* presenta una captación de radiación solar que puede considerarse medianamente adecuada. Al amanecer, únicamente el dormitorio N° 1 recibe radiación solar proveniente del este. Por otro lado, durante el atardecer, el dormitorio N° 2 recibe luz solar durante todo el año, mientras que la sala solo capta radiación solar en los meses de junio, julio y agosto, siendo prácticamente nula en el resto del año.

### Figura 29

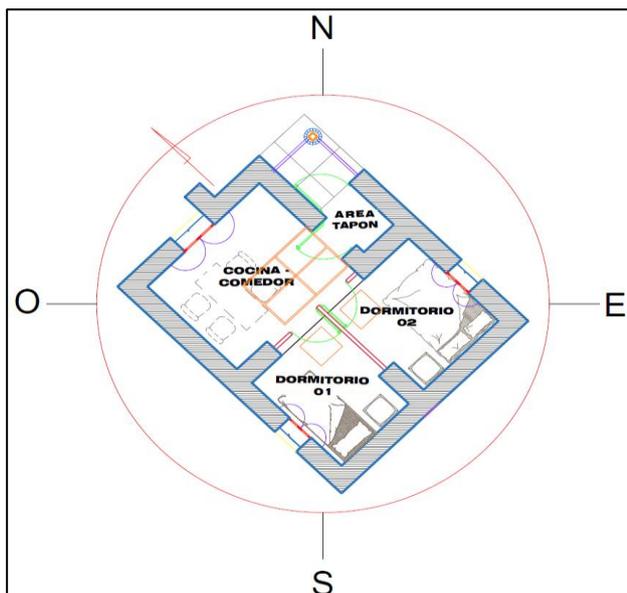
*Trayectoria solar orientación noroeste a las 8:30am y 2:00pm*



Nota: Extraído del programa SketchUp Pro (2021) adaptado en 3 Sun-Path.

### Figura 30

*Orientación noroeste*



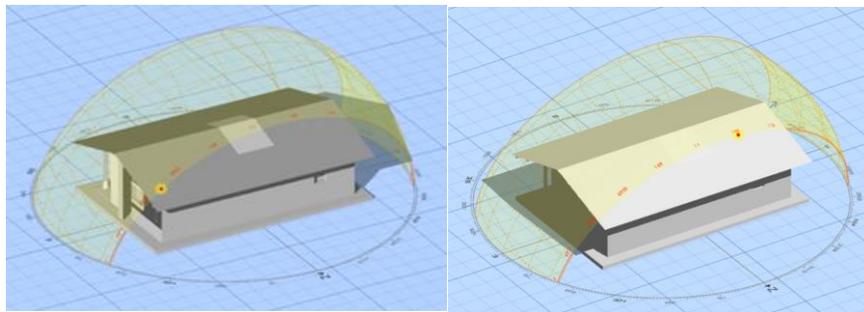
Nota: Extraído del programa (AutoCAD, 2021).

### Orientación este (no adecuado)

Las viviendas orientadas hacia el oeste reciben menos radiación solar directa durante el día. Esta orientación es menos favorable en climas fríos, ya que puede llevar a temperaturas interiores más bajas, especialmente durante las noches, el dormitorio N° 2 no recibe radiación solar durante todo el año como se observa en la Figura 31 y 32.

### Figura 31

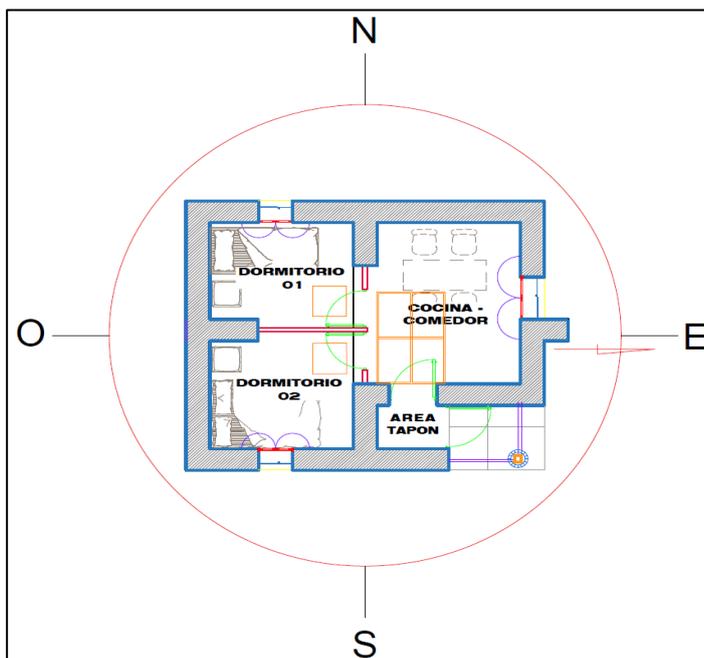
*Trayectoria solar orientación este a las 8:30am y 2:00pm*



Nota: Extraído del programa SketchUp Pro (2021) adaptado en 3 Sun-Path.

### Figura 32

*Orientación este*



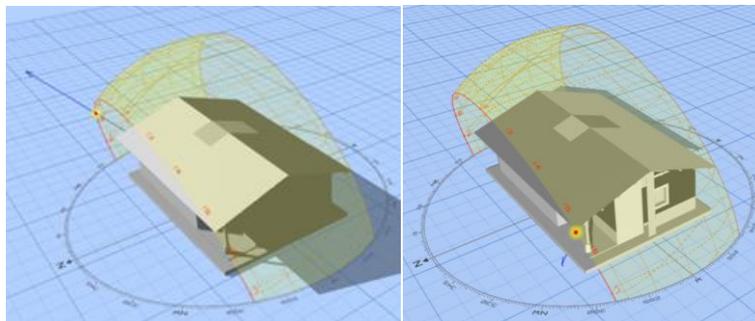
Nota: Extraído del programa (AutoCAD, 2021).

### Orientación oeste (no adecuado)

Las viviendas orientadas hacia el oeste reciben menos radiación solar directa durante el día. Esta orientación es menos favorable en climas fríos, ya que puede llevar a temperaturas interiores más bajas, especialmente durante las noches, el dormitorio N° 1 no recibe radiación solar durante todo el año como se observa en la Figura 33 y 34.

### Figura 33

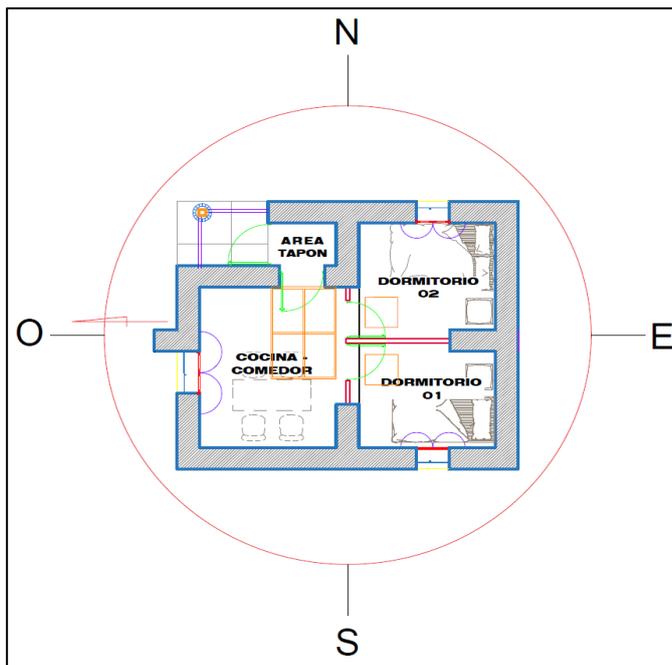
*Trayectoria solar orientación oeste a las 8:30am*



Nota: Extraído del programa SketchUp Pro (2021) adaptado en 3 Sun-Path.

### Figura 34

*Orientación oeste*



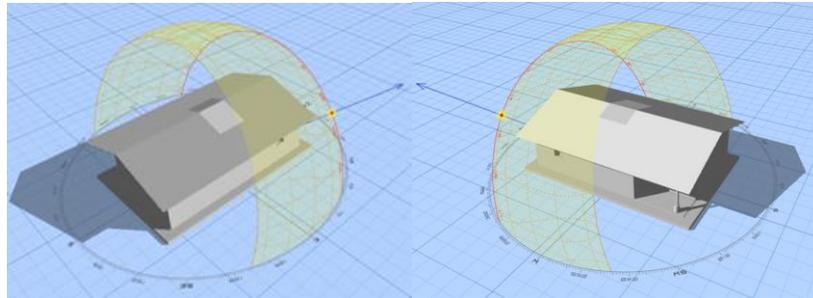
Nota: Extraído del programa (AutoCAD, 2021).

### Orientación sur (poco adecuado)

La orientación hacia el sur de la vivienda *Sumaq Wasi* se considera medianamente adecuada, ya que no permite una captación completa de radiación solar a través de las ventanas. Al amanecer, únicamente la ventana del dormitorio uno recibe luz solar proveniente del este, mientras al atardecer, el dormitorio N° 2 el que se beneficia de la radiación solar (ver Figura 35 y 36).

### Figura 35

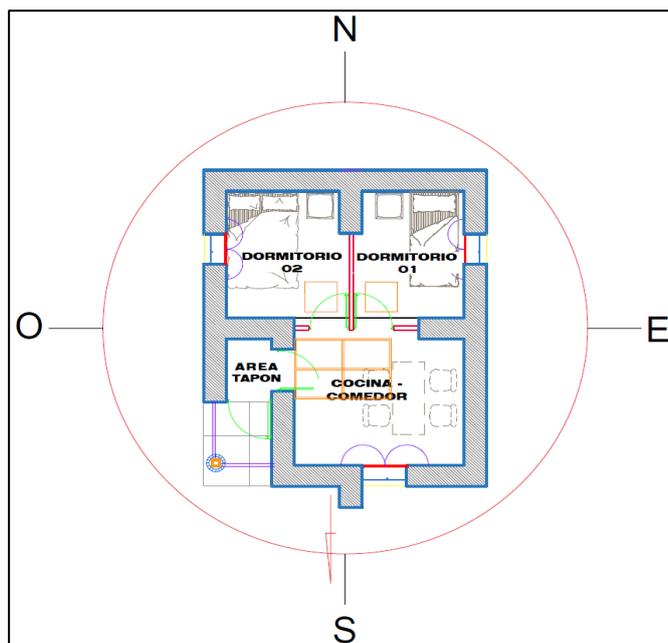
*Traectoria solar orientación sur a las 8:30am*



Nota: Extraído del programa SketchUp Pro (2021) adaptado en 3 Sun-Path.

### Figura 36

*Orientación sur*



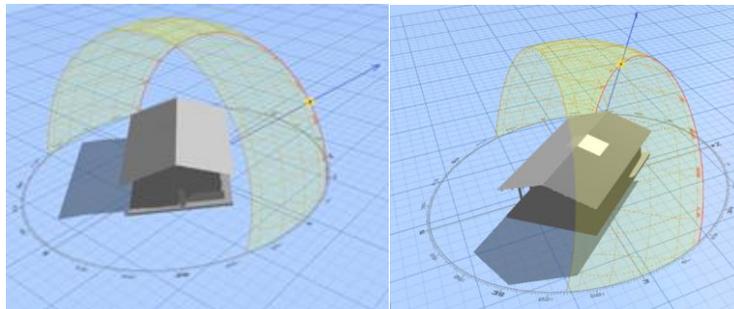
Nota: Extraído del programa (AutoCAD, 2021).

### Orientación sureste (no adecuado)

Al amanecer, únicamente la ventana del dormitorio uno recibe radiación solar directa desde el este, mientras que la sala apenas capta una cantidad mínima de luz solar. Sin embargo, al atardecer, la situación mejora ligeramente, ya que solo el dormitorio N° 2 recibe una escasa radiación solar proveniente del oeste (ver Figuras 37 y 38).

#### Figura 37

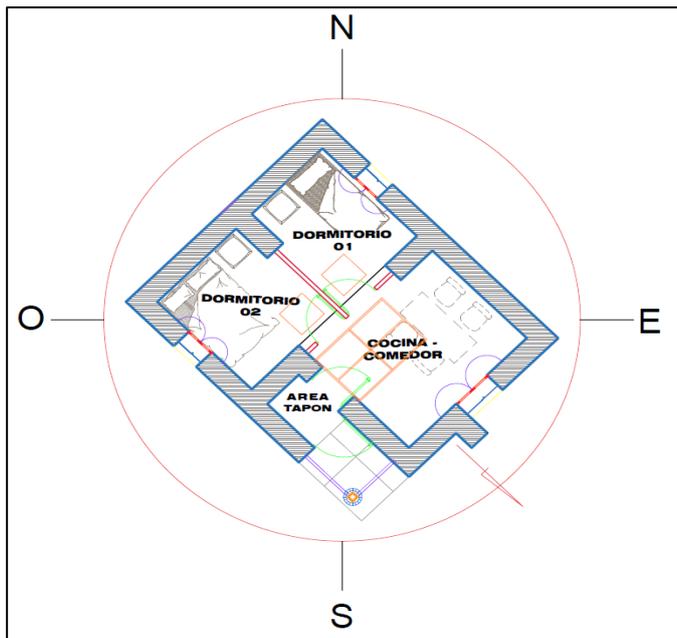
*Trayectoria solar orientación sureste a las 8:30am y 2:00pm*



Nota: Extraído del programa SketchUp Pro (2021) adaptado en 3 Sun-Path.

#### Figura 38

*Orientación sureste*



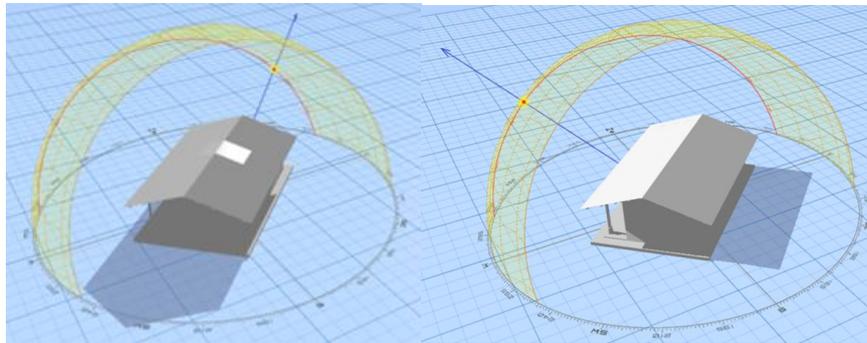
Nota: Extraído del programa (AutoCAD, 2021).

### Orientación suroeste (poco adecuado)

Es poco adecuada, ya que no permite una captación completa de radiación solar a través de las ventanas. Al amanecer, solo la ventana del dormitorio dos recibe radiación solar desde el este, mientras al atardecer, el dormitorio uno obtiene una cantidad mínima de luz solar (ver Figura 39 y 40).

#### Figura 39

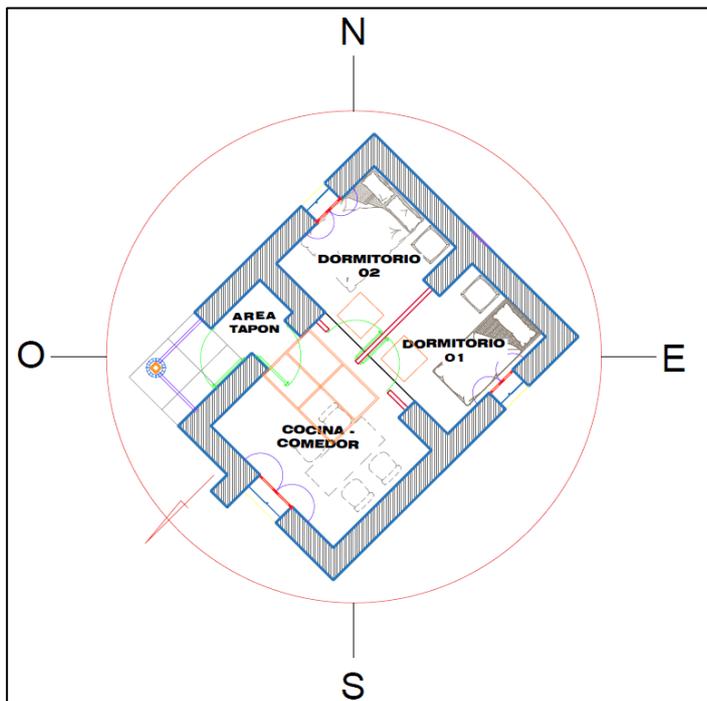
*Trayectoria solar orientación suroeste a las 8:30am y 2:00pm*



Nota: Extraído del programa SketchUp Pro (2021) adaptado en 3 Sun-Path.

#### Figura 40

*Trayectoria solar orientación suroeste a las 2:00pm*

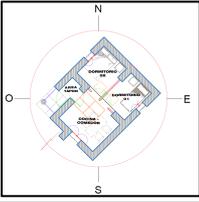


Nota: Extraído del programa (AutoCAD, 2021).

**Tabla 25**

*Resumen de Orientaciones*

Orientación	Nivel	Planta
Norte	Adecuado	
Noreste	Medianamente adecuado	
Noroeste	Medianamente adecuado	
Este	No adecuado	
Oeste	No adecuado	
Sur	Medianamente adecuado	
Sureste	Medianamente adecuado	

Orientación	Nivel	Planta
Suroeste	Medianamente adecuado	

Nota: Elaborado por el tesista de la investigación.

En la Tabla 25 se visualiza el resumen de las orientaciones y el criterio de evaluación de las viviendas *Sumaq Wasi* en los centros poblados Pucrí y Challamayo Pata.

#### 4.1.7.1 Simulación de la orientación en escala 1/10

**Tabla 26**

*Resultado de la temperatura del prototipo.*

HORA	ESTE	NORTE	SUR
00:00	6.90	7.00	7.03
01:00	6.57	6.60	6.63
02:00	6.07	6.10	6.10
03:00	5.50	5.53	5.53
04:00	3.50	4.80	5.17
05:00	3.27	3.60	3.47
06:00	3.50	5.43	4.73
07:00	6.73	9.73	9.07
08:00	11.43	11.70	11.67
09:00	12.40	14.73	13.47
10:00	15.20	17.50	16.07
11:00	18.90	23.63	20.93
12:00	22.47	25.50	23.37
13:00	24.30	25.60	23.93
14:00	24.13	24.83	23.23
15:00	21.97	22.90	21.73
16:00	19.23	19.03	19.00
17:00	17.23	17.20	17.20
18:00	13.43	13.27	13.40
19:00	10.47	10.40	10.60
20:00	9.73	9.63	9.93
21:00	8.33	8.37	8.53
22:00	7.63	7.57	7.80

HORA	ESTE	NORTE	SUR
23:00	7.20	7.23	7.40
<b>Promedio</b>	11.92	12.83	12.33
<b>T. Máxima</b>	24.30	25.60	23.93
<b>T. Mínima</b>	3.27	3.60	3.47

Nota: Evaluación de las orientaciones con el prototipo Sumaq Wasi a escala 1/10.

El análisis de las orientaciones respecto al sol del prototipo a escala 1/10 de las viviendas *Sumaq Wasi* revela información crucial sobre su desempeño térmico y la efectividad de su diseño en relación con el asoleamiento natural como se observa la Figura 41.

En este estudio, se evaluaron las orientaciones de los módulos de vivienda en un prototipo a escala 1/10, considerando su impacto en la captación solar y el confort térmico. Se identificó que un porcentaje significativo de las viviendas presenta orientaciones que favorecen la entrada de luz solar directa durante las horas críticas del día.

### Figura 41

*Prototipo Orientado hacia el este*



Nota: Elaborado por el tesista de la investigación.

**Figura 42**

*Prototipo Orientado hacia el sur*



Nota: Elaborado por el tesista de la investigación.

**Figura 43**

*Prototipo Orientado hacia el norte*



Nota: Elaborado por el tesista de la investigación.

En particular, las viviendas orientadas hacia el norte lograron una exposición óptima al sol, lo que permite una adecuada ganancia térmica durante el invierno, contribuyendo a mantener temperaturas interiores confortables. Las viviendas orientadas hacia el oeste reciben menos radiación solar directa durante el día. Esta orientación es menos favorable en climas fríos, ya que puede llevar a temperaturas interiores más bajas, especialmente durante las noches, el dormitorio no recibe radiación solar durante todo el año, se evaluó las orientaciones de las viviendas *Sumaq Wasi* donde se muestran en la Tabla 26.

**Tabla 27**

*Orientación de las viviendas Sumaq Wasi*

<b>variable / indicador</b>	<b>Criterios bioclimáticos</b>	<b>Orientación</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Viviendas Sumaq Wasi</b>	<b>Adecuado (N)</b>	8	32.00%
	<b>Medianamente adecuado (NE-NO-S)</b>	6	24.00%
	<b>No adecuado (E-O-SE-SO)</b>	11	44.00%
	<b>Total</b>	25	100.00%

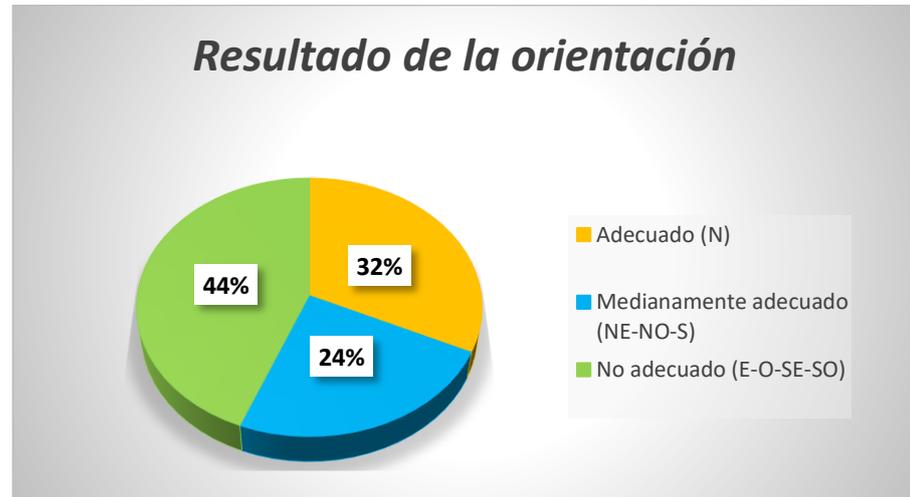
Nota: Evaluación de las orientaciones de las viviendas Sumaq Wasi

El análisis de un total de 25 hogares, que representa el 100% de la muestra en el estudio de *Sumaq Wasi*, reveló que ocho viviendas (32%) tienen una orientación adecuada hacia el norte, seis viviendas (24%) cuentan con una orientación medianamente adecuada hacia el sur, noreste y noroeste, además 11 vivienda (44%) presentan una orientación no adecuada como se visualiza en la Figura 44, orientándose hacia el sureste, noroeste, este y oeste. Estos hallazgos subrayan la importancia de la orientación en el diseño de viviendas, ya que influye de manera

considerable en el confort térmico y la eficiencia energética de los hogares analizados.

#### Figura 44

##### *Orientación de las viviendas Sumaq Wasi*



Nota: Evaluación de las orientaciones de las viviendas Sumaq Wasi

Se identificó que un porcentaje significativo de las viviendas presenta orientaciones que favorecen la entrada de luz solar directa durante las horas críticas del día. En particular, las viviendas orientadas hacia el norte lograron una exposición óptima al sol, lo que permite una adecuada ganancia térmica durante el invierno, contribuyendo a mantener temperaturas interiores confortables. medianamente adecuada hacia el sur, noreste y noroeste también obtuvieron beneficios moderados en términos de asoleamiento, aunque no alcanzaron la eficiencia térmica óptima observada en las orientaciones más favorables. Las viviendas con orientaciones poco adecuadas hacia el sureste y suroeste presentaron desafíos adicionales, ya que su diseño no permite una adecuada protección contra la radiación solar directa en las horas más calurosas del día. En conclusión, los resultados del análisis indican que la orientación solar es



un factor determinante en el diseño de las viviendas *Sumaq Wasi*. Para maximizar el confort térmico y la eficiencia energética.

#### 4.1.8 Comparación de la vivienda Sumaq Wasi y una típica de la zona

**Tabla 28**

*Cuadro comparativo de temperaturas internas*

HORA	Temperatura exterior	Temperatura Vivienda techo de paja	Temperatura Vivienda techo de calamina	Temperatura vivienda Sumaq Wasi
00:00	-2.10	7.70	7.90	10.17
00:30	-2.37	7.50	7.70	9.77
01:00	-2.63	6.70	6.30	9.53
01:30	-3.00	5.30	5.10	9.30
02:00	-3.40	5.00	4.60	9.20
02:30	-3.63	4.20	4.20	8.97
03:00	-3.57	3.70	3.70	8.67
03:30	-4.33	3.50	3.50	8.30
04:00	-4.57	3.30	3.30	7.77
04:30	-4.93	4.80	3.10	7.47
05:00	-4.40	5.10	4.90	7.30
05:30	-3.60	6.60	6.30	7.03
06:00	-2.47	7.20	7.00	7.43
06:30	1.07	7.30	7.40	7.90
07:00	2.50	7.50	7.50	8.57
07:30	3.53	8.40	8.40	9.40
08:00	7.87	9.00	9.00	9.93
08:30	8.80	9.60	9.60	10.50
09:00	10.80	10.10	10.10	11.30
09:30	13.03	10.60	10.60	12.03
10:00	16.80	11.70	12.80	12.93
10:30	18.37	12.80	13.20	14.17
11:00	20.57	13.20	14.10	15.60
11:30	21.60	15.40	16.30	16.23
12:00	23.20	17.30	17.90	17.30
12:30	24.53	18.10	19.10	18.17
13:00	23.83	18.20	20.70	18.77
13:30	22.80	18.50	21.50	19.37
14:00	21.13	18.30	19.40	17.63
14:30	17.87	18.00	18.60	17.27
15:00	16.33	17.90	17.30	16.73
15:30	14.77	17.70	16.80	16.60

HORA	Temperatura exterior	Temperatura Vivienda techo de paja	Temperatura Vivienda techo de calamina	Temperatura vivienda Sumaq Wasi
16:00	13.70	17.60	16.50	16.13
16:30	13.53	17.50	16.30	14.87
17:00	12.33	17.30	16.10	14.53
17:30	11.57	17.10	15.70	14.00
18:00	10.87	16.00	14.80	13.60
18:30	10.57	12.80	12.80	13.23
19:00	10.17	12.70	12.70	13.00
19:30	9.40	12.50	12.50	12.70
20:00	8.40	12.30	12.30	12.47
20:30	7.33	12.00	12.00	11.63
21:00	6.43	11.80	11.70	12.07
21:30	4.83	11.70	11.30	11.57
22:00	3.13	10.50	10.30	11.03
22:30	1.20	10.00	10.10	10.73
23:00	0.17	9.50	9.40	10.53
23:30	-0.87	8.50	8.10	10.27
<b>promedio</b>	7.65	11.25	11.26	12.16
<b>T. Máxima</b>	24.53	18.50	21.50	19.37
<b>T. Mínima</b>	-4.93	3.30	3.10	7.03

Nota: Elaboración propia (memoria de cálculo ver en Anexo 2)

El análisis comparativo de las temperaturas internas entre una vivienda de adobe con techo de paja como se visualiza de en la Tabla 27, una vivienda de adobe con techo de calamina como se observa en la Figura 46 y la vivienda *Sumaq Wasi* revela diferencias significativas en su comportamiento térmico. En este estudio, se midieron las temperaturas internas bajo condiciones climáticas controladas, lo que permitió evaluar la eficacia de cada sistema constructivo en la regulación térmica.

Las viviendas de adobe con techo de paja como se visualiza en la Figura 45 mostraron un rendimiento térmico limitado, con temperaturas internas que superaron los 18°C durante las horas pico y disminuye su temperatura por debajo de los 4°C, lo que indica una incapacidad para mantener condiciones confortables. Por su parte, las viviendas de adobe con techo de calamina presentaron un

comportamiento similar, pero con un incremento adicional en la temperatura interna debido a la alta conductividad térmica del material metálico, que favorece el sobrecalentamiento.

### Figura 45

*Vivienda típica de paja evaluada*



Nota: Elaborado por el tesista de la investigación

### Figura 46

*Vivienda tradicional techo de calamina*



Nota: Elaborado por el tesista de la investigación

## Figura 47

### Vivienda N° 6 Sumaq Wasi



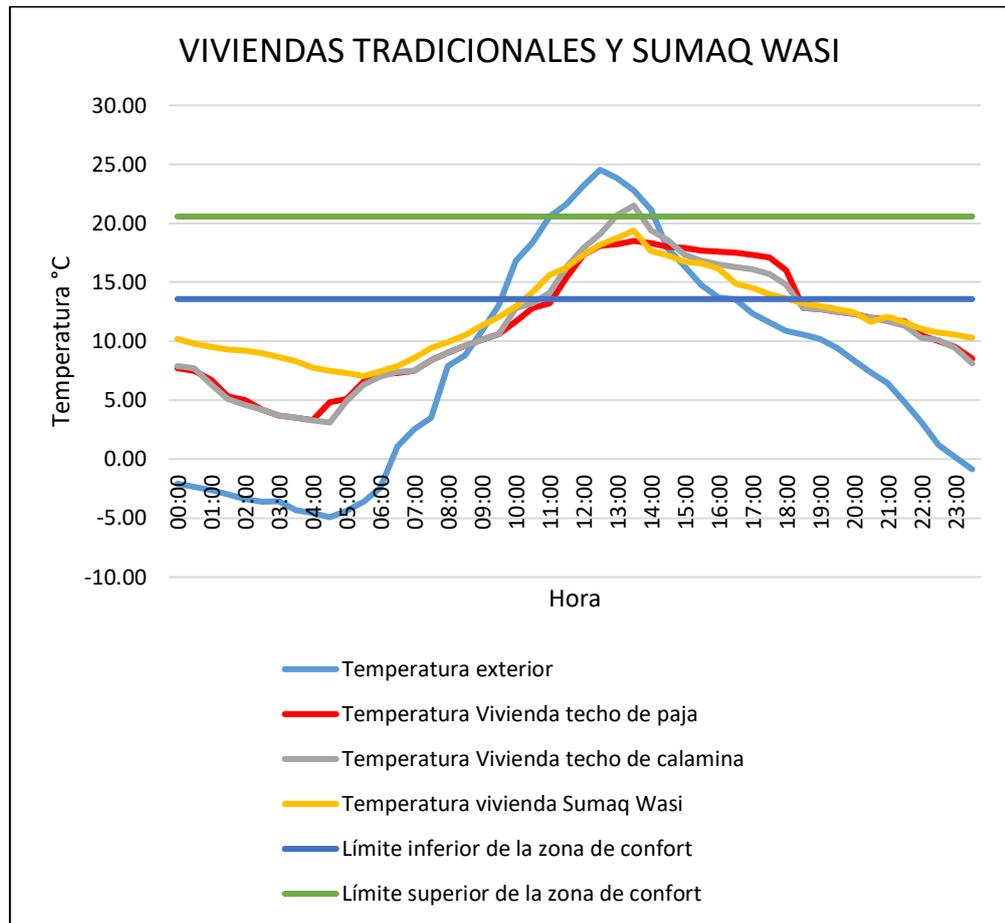
Nota: Elaborado por el tesista de la investigación

En contraste, la vivienda *Sumaq Wasi* como se muestra en la Figura 47 en la orientación más desfavorable demostró una capacidad superior para regular las temperaturas internas, manteniendo un promedio de 19.37 °C durante horas picos, incluso durante condiciones climáticas adversas. Esto se atribuye a su diseño bioclimático, que incorpora materiales aislantes que optimizan la captación solar y minimizan las pérdidas térmicas.

En la Figura 48 se observa que la vivienda *Sumaq Wasi* se encuentra en la zona de confort entre las 10:00 a.m. y las 6:00 p.m. Por otro lado, la vivienda con techo de paja mantiene condiciones de confort desde las 11:00 a.m. hasta las 6:00 p.m. En cuanto a la vivienda con techo de calamina, esta se sitúa en la zona de confort de 10:30 a.m. a 1:00 p.m. y de 2:00 p.m. a 6:00 p.m., mientras que entre la 1:00 p.m. y las 2:00 p.m. experimenta un sobrecalentamiento.

**Figura 48**

*Comparación de viviendas tradicionales y Sumaq Wasi*



Nota: Elaborado por el tesista de la investigación

## 4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

### 4.2.1 Prueba de normalidad

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se utiliza para evaluar la normalidad de la distribución en conjuntos de datos que contienen menos de 50 observaciones. Para un nivel de confianza del 95 %, se establecen las siguientes hipótesis.

Ho: Las variables tienen distribución normal

Ha: Las variables no tienen distribución normal

**Tabla 29***Prueba de normalidad*

Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk			
Descripción	Estadístico	gl	Sig.
Vivienda techo de paja	0.930	48	0.007
Vivienda techo de calamina	0.967	48	0.195
Vivienda Sumaq Wasi	0.950	48	0.039

Nota: Elaborado por el tesista de la investigación

Según los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk realizada en esta investigación, ver Tabla 29, la significancia de la vivienda de adobe con techo de calamina es superior al 5% (0.05), por lo cual se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ). Por tanto, el resultado cumple con la normalidad requerida y se procede con la prueba t de Student, por otro lado la vivienda de adobe con techo de paja y la *Sumaq Wasi* es inferior al 5% (0.05), por lo cual no se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ). Por los resultados no cumple con la normalidad requerida.

#### 4.2.2 Prueba de t de Student

Para comprobar la eficiencia de las viviendas *Sumaq Wasi* en comparación con las viviendas tradicionales, se puede aplicar la **prueba t de Student**, Se trata de una herramienta estadística que permite evaluar si existen diferencias significativas entre las medias de dos grupos. En este análisis, se examinarán las variaciones en el confort térmico y la eficiencia energética entre las viviendas *Sumaq Wasi* y las construcciones tradicionales de adobe.

$H_0$ = Las viviendas Sumaq Wasi no muestran un rendimiento térmico superior en comparación con las viviendas tradicionales construidas de adobe y techadas con paja.

$H_1$  = Las viviendas Sumaq Wasi presentan un mejor rendimiento térmico en comparación con las viviendas tradicionales construidas artesanalmente.

**Tabla 30**

*Prueba t-Student para vivienda de techo de paja*

Descripción	Media	N	Desviación estándar	t	gl	Sig. (bilateral)
Vivienda techo de paja.	11.25	48	4.84	-3.26	47	0.002
Vivienda Sumaq Wasi	12.16	48	3.47			

Nota: Prueba t-Student entre la vivienda rural típica de techo de paja y la vivienda Sumaq Wasi

Los resultados de la prueba t de Student indican que el valor p es menor que 0.05, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que las viviendas *Sumaq Wasi* presentan un rendimiento superior en términos de confort térmico en comparación con las construcciones tradicionales de adobe con techo de paja. Este hallazgo resalta la efectividad del diseño bioclimático implementado en las viviendas *Sumaq Wasi*. En contraste, las construcciones tradicionales, aunque históricamente utilizadas, no logran mantener condiciones térmicas óptimas, especialmente en climas extremos, lo que afecta negativamente el confort de sus ocupantes. Por lo tanto, estos resultados no solo validan la superioridad del modelo *Sumaq Wasi*, sino que también subrayan la importancia de adoptar enfoques innovadores en el diseño de viviendas para mejorar la calidad de vida en zonas rurales (ver Tabla 30).

$H_0$  = Las viviendas Sumaq Wasi no muestran un rendimiento térmico superior en comparación con las viviendas tradicionales construidas de adobe y techadas con calamina.

$H_1$  = Las viviendas Sumaq Wasi presentan un mejor rendimiento térmico en comparación con las viviendas tradicionales construidas artesanalmente.

**Tabla 31***Prueba t-Student para vivienda de techo de calamina*

<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>
Vivienda techo de calamina	11.26	48	5.09	-3.20	47	0.002
Vivienda Sumaq Wasi	12.16	48	3.47			

Nota: Prueba t-Student entre la vivienda rural típica de techo de calamina y la vivienda Sumaq Wasi

Los resultados de la prueba t de Student indican que el valor p es menor que 0.05, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que las viviendas *Sumaq Wasi* presentan un rendimiento superior en términos de confort térmico en comparación con las construcciones tradicionales de adobe con techo de calamina (ver Tabla 31).

#### 4.3 PERCEPCIÓN DEL USUARIO.

La evaluación del confort térmico en las viviendas *Sumaq Wasi* se llevó a cabo mediante una encuesta en los centros poblados Pucrí y Challamayo Pata que permitió recoger la percepción de los usuarios respecto a las condiciones térmicas de sus hogares (ver Anexo 12). A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 32***Resultados de la encuesta*

<b>Número de vivienda</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Muy frío	3	12.00%	12.00%
Frio	2	8.00%	20.00%

Número de vivienda	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Confort adecuado	17	68.00%	88.00%
Cálido	2	8.00%	96.00%
Muy cálido	0	0.00%	96.00%
No responde	1	4.00%	100.00%
TOTAL	25	100.00%	

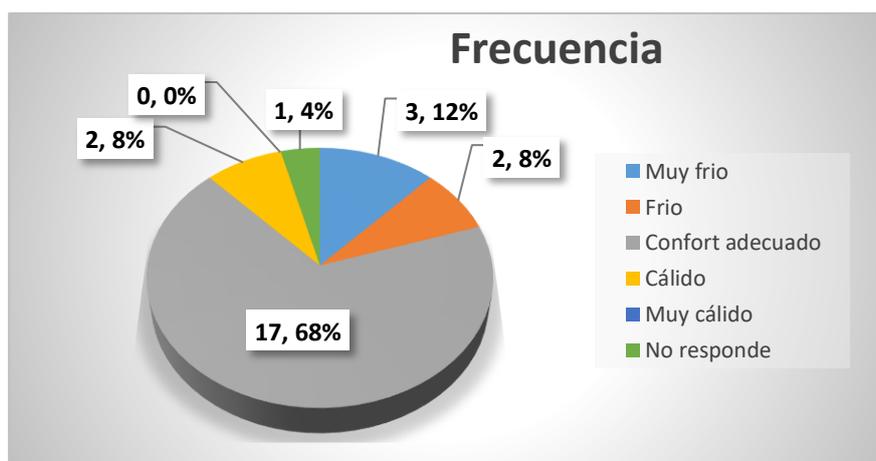
Nota: Resultados de la encuesta sobre la percepción del usuario.

**Frío Extremo:** Un 12% de los encuestados, equivalente a tres usuarios, considera que la vivienda *Sumaq Wasi* presenta condiciones de mucho frío. Esto sugiere que un segmento significativo de la población experimenta incomodidad térmica severa, lo que podría estar relacionado con deficiencias en el aislamiento térmico o el diseño arquitectónico.

**Frío Moderado:** Un 8%, correspondiente a dos usuarios, opina que hace frío en sus viviendas. Este grupo también refleja una percepción negativa sobre el confort térmico, aunque en menor medida que el anterior.

### Figura 49

*Percepción del usuario*



Nota: Resultados de la encuesta sobre la percepción del usuario.

**Confort Térmico Adecuado:** La mayoría, un 68% que equivale a 17 usuarios, considera que existe un *confort térmico* aceptable en sus viviendas. Este



dato es alentador y sugiere que, aunque hay áreas de mejora, una parte significativa de los habitantes se siente cómoda en sus hogares.

**Cálido:** Un 8%, es decir, dos usuarios, perciben la vivienda como *cálida*. Este grupo representa una pequeña proporción de los encuestados, indicando que hay quienes encuentran condiciones térmicas favorables.

**No Respondió:** Finalmente, un 4% de los encuestados, equivalente a un usuario, optó por no participar en la encuesta y no proporcionó su opinión sobre el confort térmico.

#### 4.4 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que, en algunas ocasiones, las viviendas *Sumaq Wasi* alcanzan temperaturas internas dentro del rango de confort térmico de 21°C a 26°C establecido por Givoni. Sin embargo, este rango no se mantiene de manera constante a lo largo del día y las estaciones del año. Durante los meses más cálidos, se registraron temperaturas internas que se acercan a los límites superiores de esta zona, lo que sugiere que las estrategias bioclimáticas implementadas, como la orientación adecuada y el uso de materiales térmicamente eficientes, contribuyen a mejorar el confort térmico. Por otro lado, al aplicar el método adaptativo propuesto por Humphreys, se determinó que el rango de confort térmico se sitúa entre 13.57 °C y 20.57 °C. Este modelo considera la capacidad de adaptación de los ocupantes a las variaciones climáticas y sugiere que las personas pueden tolerar temperaturas más bajas en invierno si están adecuadamente vestidas o si tienen acceso a métodos de calefacción pasiva.

La investigación de Garín (2021) sobre el modelado y análisis térmico en viviendas MEVIR destaca la creciente relevancia de la eficiencia energética en el sector residencial uruguayo, que representó el 18% del consumo energético final en 2018. Este



estudio subraya la importancia de las decisiones de diseño y construcción, ya que las edificaciones tienen una larga vida útil y un alto potencial de consumo energético. Utilizando simulaciones térmicas con CYPETHERM Eplus, se evaluaron diversas estrategias de mejora en la envolvente de una vivienda social, revelando que el uso de poliestireno expandido y la correcta **orientación de las aberturas pueden aumentar significativamente el confort térmico**. Por otro lado, Díaz (2011) aplicó el software STAR CCM+ para analizar el comportamiento térmico de un aula en la Universidad Politécnica de Madrid, considerando factores como la radiación solar y los flujos de calor, Se llevaron a cabo dos simulaciones: una con la fachada principal orientada al norte (orientación real) y otra con la fachada orientada al sur (orientación ficticia). lo que permitió identificar deficiencias en el diseño inicial y proponer modificaciones antes de su construcción. Asimismo, Para la evaluación de la orientación se hizo un prototipo de una vivienda *Sumaq Wasi* a escala 1/10 y los resultados indican que cada orientación tiene sus ventajas y desventajas dependiendo del contexto climático específico. La correcta elección de la orientación adecuada para la vivienda *Sumaq Wasi* que mejora significativamente el confort térmico y la calidad de vida de los ocupantes es la orientación hacia el norte.

Según Molina (2017), los resultados obtenidos indican que, con una adecuada operatividad de las técnicas bioclimáticas implementadas, el modelo de vivienda evaluado puede alcanzar incrementos de temperatura promedio de 9.45 °C, llegando hasta 16.62 °C en momentos críticos, como durante las horas de la madrugada, cuando las temperaturas exteriores descienden a -7.09 °C. Estos hallazgos destacan la efectividad de las estrategias bioclimáticas en la mejora del confort térmico en condiciones extremas. Al comparar estos resultados con los obtenidos en las viviendas *Sumaq Wasi*, se observa que ambas soluciones comparten un enfoque similar en la utilización de estrategias

bioclimáticas para optimizar el confort térmico; Los resultados para *Sumaq Wasi* indican una temperatura promedio mínima de 6.57 °C, una temperatura promedio máxima de 16.87 °C y una temperatura media de 11.10 °C, con una temperatura exterior mínima de -9.20 °C. A pesar de estas condiciones, las viviendas *Sumaq Wasi* cuentan con características adicionales que mejoran su rendimiento térmico.

**Tabla 33**

*Resultados de la vivienda en SFR*

Descripción		28/05/14	29/05/14	30/05/14
Temperatura exterior [°C]	Máximo	17.11	17.11	16.58
	Mínimo	-1.56	-1.9	-0.79
	Promedio	6.95	7.6	7.68
Temperatura dormitorio norte [°C]	Máximo	28.31	28.31	28.31
	Mínimo	10.21	10.99	11.38
	Promedio	16.65	17.14	16.95
Temperatura dormitorio 2 [°C]	Máximo	14.47	14.09	14.47
	Mínimo	6.62	7.43	7.83
	Promedio	8.98	10.13	10.73
Temperatura sala [°C]	Máximo	26.04	26.04	24.85
	Mínimo	8.97	9.09	9.63
	Promedio	14.62	15.24	15.18
Temperatura cocina [°C]	Máximo	20.15	20.15	19.39
	Mínimo	8.62	8.74	9.29
	Promedio	12.64	13.38	13.42
Temperatura invernadero [°C]	Máximo	44.91	44.29	44.44
	Mínimo	-0.06	0.36	0.85
	Promedio	15.08	15.99	15.86

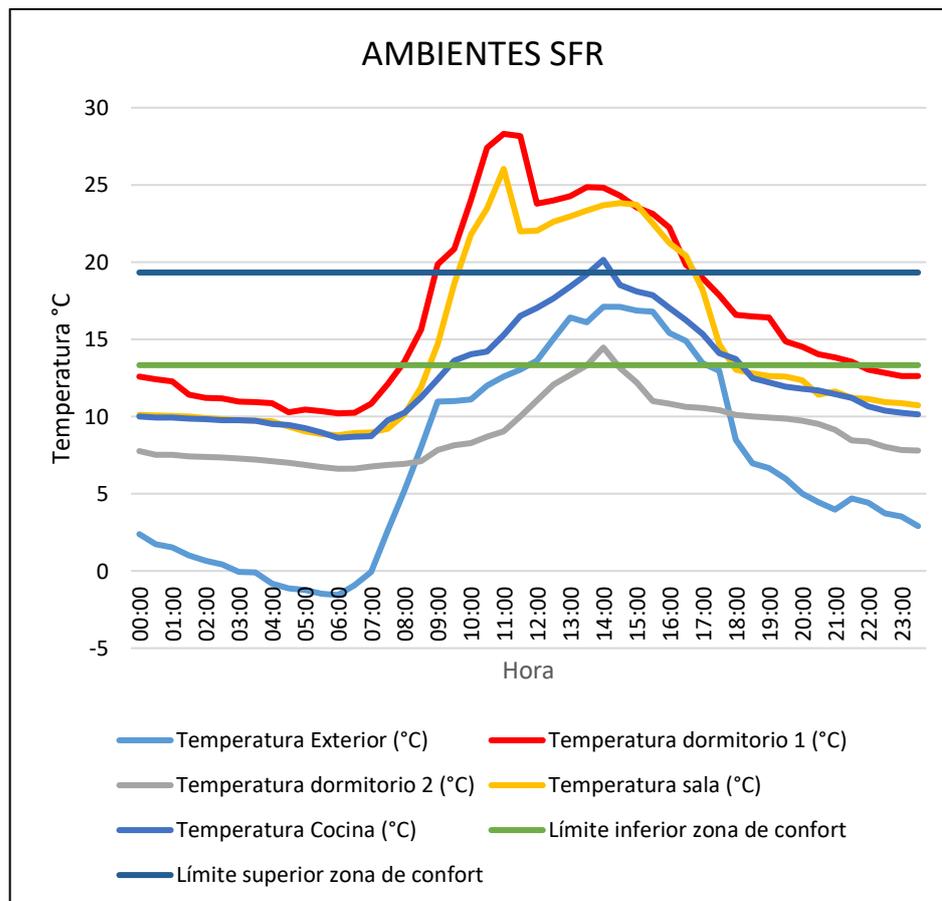
Nota: elaborado por (Molina, 2016)

La orientación de los módulos *Sumaq Wasi* en el contexto de la investigación de Molina (2016), pone de manifiesto la relevancia de las estrategias bioclimáticas en el diseño y construcción de viviendas en entornos altoandinos. Este estudio, que se centra en la interacción entre los habitantes y las técnicas bioclimáticas implementadas, proporciona un marco valioso para examinar de qué manera una orientación adecuada puede impactar de forma significativa en el confort térmico y la eficiencia energética como se visualiza la Tabla 33.

Los módulos *Sumaq Wasi*, al igual que la vivienda evaluada en San Francisco de Raymina, deben ser orientados estratégicamente para maximizar la captación solar y minimizar las pérdidas térmicas. En este sentido, se ha observado que las viviendas orientadas hacia el norte son más efectivas para aprovechar la radiación solar durante el día, lo que contribuye a elevar las temperaturas internas, especialmente durante los meses fríos. Este hallazgo es consistente con los resultados obtenidos por Molina (2016), donde se destaca que la correcta orientación permite mantener temperaturas interiores comparables o superiores a las exteriores y también se analiza la zona de confort de SFR en la Figura 50.

**Figura 50**

*Temperaturas de los ambientes SFR*



Nota: elaborado por el tesista

En la figura se puede observar que los ambientes, como el dormitorio uno y la sala, experimentan sobrecalentamiento desde las 9:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. Por otro lado, la cocina mantiene condiciones de confort térmico durante el mismo horario, es decir, de 9:00 a.m. a 5:00 p.m. En cuanto al dormitorio dos, este se encuentra dentro de la zona de confort térmico durante una hora de 1.00 pm a 2.00 pm.

En el centro poblado de Pucrí (ver Tabla 34), la temperatura exterior mínima registrada es de  $-5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras que en San Francisco de Raymina se observa una temperatura de  $-1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En cuanto a las condiciones interiores, la vivienda *Sumaq Wasi* presenta una temperatura mínima de  $6.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en comparación con los  $6.62\text{ }^{\circ}\text{C}$  de la vivienda en San Francisco de Raymina (SFR).

Por otro lado, la temperatura máxima interior en *Sumaq Wasi* alcanza los  $22.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras que en la vivienda SFR se eleva a  $28.31\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Es importante destacar que la vivienda SFR cuenta con un invernadero que actúa como sistema de calefacción pasiva, lo que contribuye a mantener temperaturas más elevadas en su interior. En contraste, la vivienda *Sumaq Wasi* está desfavorablemente orientada respecto al sol, lo que limita su capacidad para aprovechar la radiación solar y, por ende, su confort térmico que experimenta sobrecalentamiento como se muestra en la Figura 50.

**Tabla 34**

*Resultados de la vivienda Sumaq Wasi*

Descripción		28/05/24	29/05/24	30/05/24
Temperatura exterior [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Máximo	24.5	24.4	24.7
	Mínimo	-5.2	-5.9	-3.9
	Promedio	7.73	7.53	8
Temperatura dormitorio 1 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Máximo	18.5	18.5	18.5
	Mínimo	7.0	7.0	7.0
	Promedio	11.73	11.73	11.73

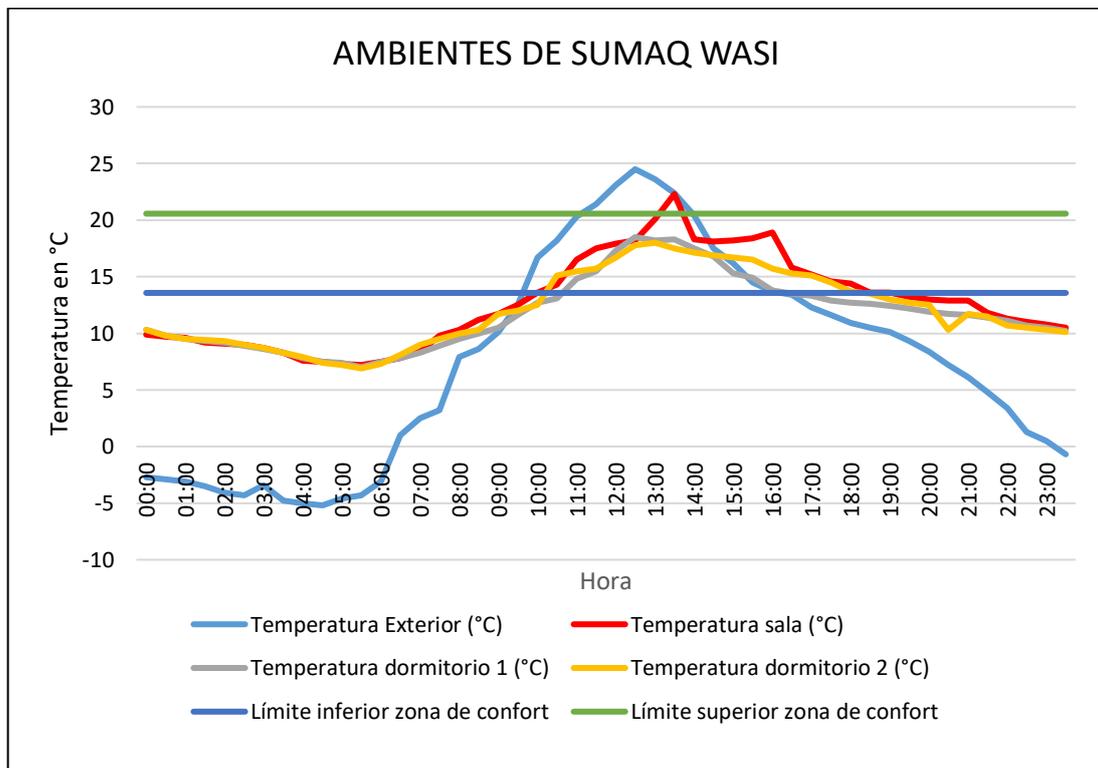
Descripción		28/05/24	29/05/24	30/05/24
Temperatura dormitorio 2 [°C]	Máximo	18	18	18
	Mínimo	6.9	6.9	6.9
	Promedio	12.06	12.06	12.06
Temperatura sala [°C]	Máximo	22.3	22.3	22.3
	Mínimo	7.2	7.2	7.2
	Promedio	12.69	12.69	12.69

Nota: elaborado por el tesista

Por otro lado, la temperatura máxima interior en *Sumaq Wasi* alcanza los 22.3 °C, mientras que en la vivienda SFR se eleva a 28.31 °C. Es importante destacar que la vivienda SFR cuenta con un invernadero que actúa como sistema de calefacción pasiva, lo que contribuye a mantener temperaturas más elevadas en su interior. En contraste, la vivienda *Sumaq Wasi* está desfavorablemente orientada respecto al sol, lo que limita su capacidad para aprovechar la radiación solar y, por ende, su confort térmico que experimenta sobrecalentamiento como se muestra en la figura 50.

## Figura 51

*Temperaturas de los ambientes Sumaq Wasi*



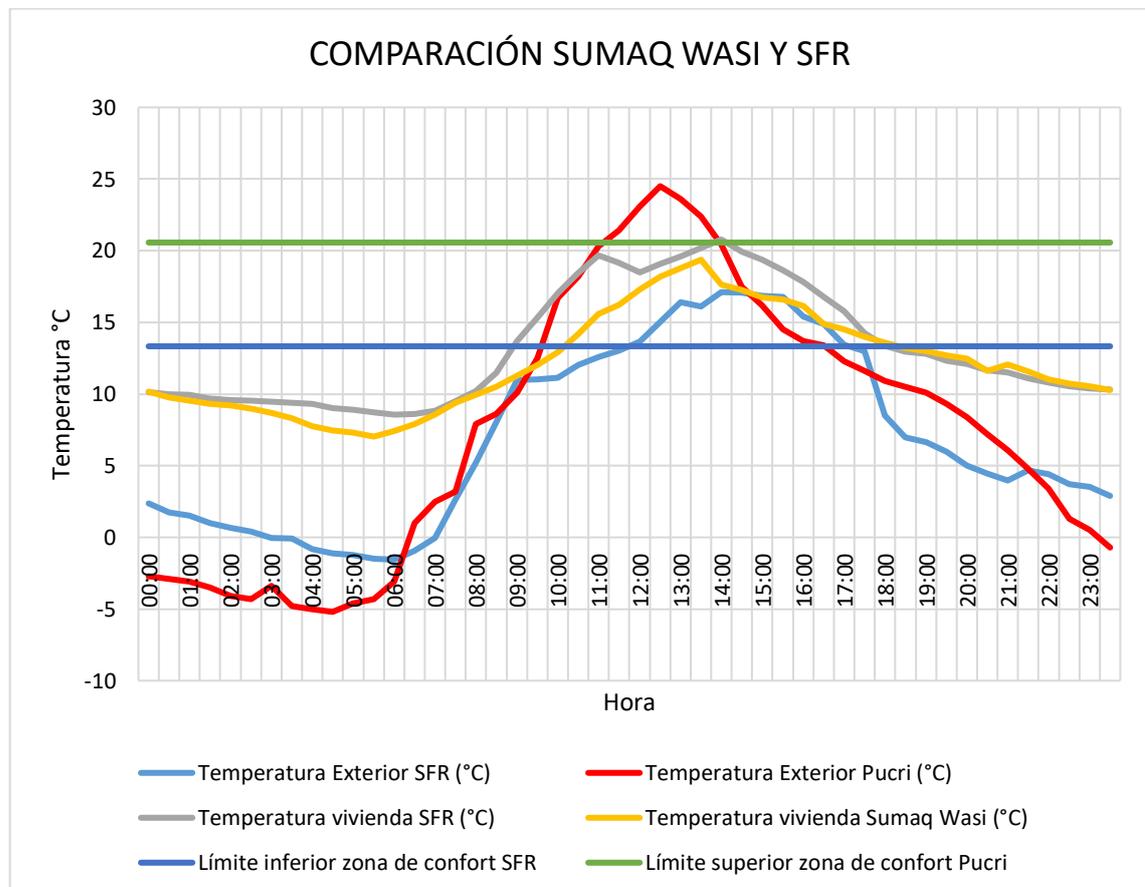
Nota: elaborado por el tesista

La vivienda *Sumaq Wasi* se encuentra en la zona de confort térmico desde las 10:00 a.m. hasta las 6:00 p.m. Fuera de este horario, las condiciones térmicas no son adecuadas para el confort, también experimenta un sobre calentamiento de 1.00pm a 1.30 pm como se visualiza en la Figura 51.

El análisis de las temperaturas presentadas en la Figura 52 revela que la vivienda SFR se mantiene en un rango de confort térmico durante un período más amplio en comparación con la vivienda *Sumaq Wasi*. Específicamente, la vivienda SFR se encuentra en la zona de confort desde las 9:00 a.m. hasta las 6:30 p.m., mientras que la vivienda *Sumaq Wasi* lo está desde las 10:30 a.m. hasta las 6:30 p.m.

**Figura 52**

*Promedio de temperatura Sumaq Wasi y SFR*



Nota: elaborado por el tesista

Además, se observa que las temperaturas exteriores en el centro poblado Pucrí, en la región de Puno, presentan extremos más pronunciados, oscilando entre  $-5.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $24.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En contraste, las temperaturas en la vivienda SFR varían de  $-1.56\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $17.11\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ver Figura 52).

La vivienda *Sumaq Wasi*, situada en el anexo Misquipata (Junín), ha sido concebida con un sistema estructural de columnas y vigas de concreto, complementado por un doble muro de ladrillo con un acabado caravista en su exterior. Asimismo, los muros interiores están revestidos con yeso y cuentan con aislamiento térmico de polietileno expandido. Esto contrasta con las viviendas *Sumaq Wasi* construidas de adobe y revestidas con yeso, tal como se analizó en el estudio de Huamani et al. (2021).

**Tabla 35**

*Comparación de viviendas Sumaq Wasi*

Lugar	Sumaq Wasi de muro de adobe C.P. Pucrí (Puno)		Sumaq Wasi de muro de ladrillo del anexo Misquipata (Junín)	
	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Febrero	20.27	12.13	19.4	8.8
Marzo	20.6	9.3	19	8.5
Abril	20.47	8.13	19.7	9.3
Mayo	18.67	7.6	18.2	10.4
Junio	18	6.7	18.5	5.7
Julio	18.27	6.87	18.2	4.1
Agosto	18.5	7.7	18.5	2.5
Setiembre	21.75	9.9	19.6	7.2
Octubre	22.23	11.17	18.6	5.8
Noviembre	23.6	12.27	19.7	8.1
Diciembre	21.73	13.0	17.5	9.0

Nota: Comparación de la vivienda *Sumaq Wasi* de muro de adobe del C. P. Pucrí (Puno) y la vivienda *Sumaq Wasi* de muro de ladrillo del anexo Misquipata (Junín)

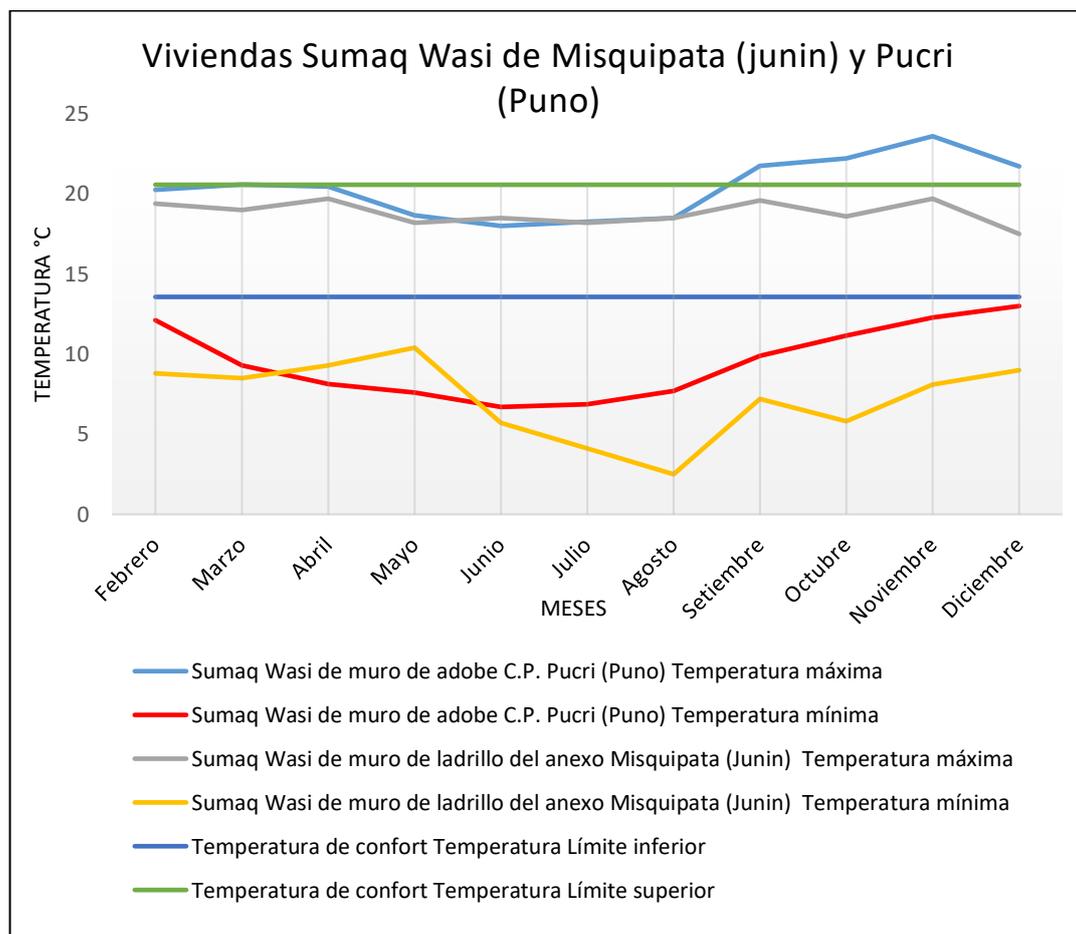
En comparación de las viviendas *Sumaq Wasi*, se observa en la Tabla 35 que aquellas construidas con muro de adobe presentan una temperatura mínima interior de

6.7 °C y una temperatura máxima de 23.6 °C. En contraste, las viviendas *Sumaq Wasi* construidas con muro de ladrillo tienen una temperatura mínima interior de 2.5 °C y una temperatura máxima de 19.7 °C. Estos datos indican que las viviendas *Sumaq Wasi* de adobe ofrecen un rendimiento térmico superior en términos de confort, manteniendo temperaturas interiores más adecuadas y estables.

En la Figura 53 se observa que la vivienda *Sumaq Wasi* en Misquipata, Junín, no presenta sobrecalentamiento, a diferencia de las viviendas *Sumaq Wasi* ubicadas en el centro poblado Pucrí, Puno, que sí experimentan este fenómeno durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

**Figura 53**

*Comparación grafica de viviendas Sumaq Wasi*



Nota: Elaborado por el tesista

La capacidad del adobe para regular la temperatura se debe a su baja conductividad térmica, lo que permite que el calor se mantenga en el interior durante las noches frías y se evite el sobrecalentamiento durante el día. Esto resulta en un ambiente más confortable para los ocupantes, especialmente en climas extremos. En resumen, la utilización del adobe como material principal no solo optimiza el confort térmico, sino que también favorece la sostenibilidad y la eficiencia energética en la construcción de viviendas en áreas altoandinas.

#### **4.5 CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS**

Para formular las conclusiones, es esencial evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos, validar los datos y llevar a cabo las pruebas de hipótesis necesarias que respalden los resultados obtenidos. En esta sección, se detallan y justifican estos elementos.

##### **4.5.1 Cumplimiento de objetivos**

###### **Evaluación de la influencia de la temperatura y humedad relativa:**

Se llevaron a cabo mediciones para evaluar el comportamiento térmico de las viviendas *Sumaq Wasi*, utilizando instrumentos como termohigrómetros. Estas mediciones de temperatura y humedad se realizaron durante diferentes estaciones del año, lo que permitió determinar la eficiencia energética y el nivel de confort térmico interno como se puede observar en las Tablas 10, 11 y 12. En el mes más frío, La temperatura interior más baja registrada fue de 6.57 °C, mientras que la temperatura más alta alcanzó los 23.83 °C. Según el método adaptativo, el rango de confort térmico para la zona se sitúa entre 13.57 °C y 20.57 °C, lo que indica que durante las horas de la mañana y un porcentaje de la noche, las viviendas no alcanzan este nivel de confort. Además, se observó que entre las 11:30 y las 14:00

horas, las viviendas experimentan un sobrecalentamiento en los meses de setiembre, octubre, noviembre, diciembre, febrero y marzo. Por otro lado, la carta bioclimática de Givoni establece que el confort térmico ideal se encuentra entre 21 °C y 26 °C. Según los resultados que se pueden observar en las Figuras 21, 22 y 23, las viviendas *Sumaq Wasi* se encuentran raramente dentro de esta zona de confort. En la Figura 49 La percepción del usuario revela que un 68% considera que el confort térmico es adecuado, un 8% lo califica como cálido, otro 8% como frío, un 12% como muy frío y un 4% optó por no participar en la encuesta. En resumen, los resultados indican que las viviendas *Sumaq Wasi* mantienen temperaturas interiores medianamente adecuadas.

#### **Identificación de elementos constructivos, materiales y orientación:**

- Se llevó a cabo un análisis de los elementos constructivos y materiales utilizados en las viviendas *Sumaq Wasi*, como el adobe con una conductividad térmica de 0.9 W/m°C para las paredes, poliestireno expandido con una conductividad térmica de 0.033W/m°C y policarbonato alveolar con 0.20W/m°C que cumplen con el aislamiento térmico en diferencia del yeso que tiene una conductividad térmica de 0.3W/m°C, aunque no es un aislante térmico puede contribuir a la regulación de la humedad y mejorar la sensación térmica al mantener las paredes secas, la calamina que tiene una alta conductividad térmica de 237 W/m°C que no es bueno como aislante térmico que al ser colocados junto con el poliestireno expandido minimiza la pérdida de calor y la madera 0.1W/m°C con para las puertas y contraventanas. Además, el balance energético de las viviendas *Sumaq Wasi* es de 2315.28W/m<sup>2</sup>C, lo que está por debajo del límite establecido por la norma EM 110 de 3758.77W/m<sup>2</sup>C, indicando que estas viviendas cumplen los requisitos normativos para garantizar un ambiente interior confortable,

cumpliendo con los requisitos de los lineamientos establecidos en la norma EM. 110 del Reglamento Nacional de Edificaciones se centran en el confort térmico y lumínico (ver Tabla 19).

#### **Identificación de la orientación más adecuada:**

Por otro lado, se evaluó que la orientación más adecuada de asoleamiento es hacia el norte y las medianamente adecuadas son hacia el noreste, noroeste, sur y las no adecuadas son las orientadas hacia el este, oeste, sureste y suroeste, obteniendo los siguientes resultados 32% adecuados, 24% medianamente adecuados y 44% no adecuados tal como se muestra en la Figura 40.

#### **Comparación del confort térmico:**

- Se realizó una comparación exhaustiva entre el confort térmico de las viviendas *Sumaq Wasi* y las viviendas tradicionales construidas artesanalmente reveló diferencias significativas en cuanto a pérdidas y ganancias térmicas. En comparación con las viviendas tradicionales, las *Sumaq Wasi* presentan temperaturas mínimas de 7.03 °C y máximas de 19.37 °C, logrando 8.5 horas de confort térmico, mientras que las viviendas de adobe con techo de paja tienen temperaturas mínimas de 3.30 °C y máximas de 18.50 °C, con solo 7.5 horas de confort, y aquellas con techo de calamina alcanzan mínimas de 3.10 °C y máximas de 21.50 °C, con 8 horas de confort. Esto indica que las *Sumaq Wasi* no solo mantienen temperaturas más estables, sino que también proporcionan un mejor rendimiento térmico. Además, los resultados de la prueba t de Student evidencian que las viviendas *Sumaq Wasi* superan en eficiencia térmica a las construcciones tradicionales (ver Figura 48).



## V. CONCLUSIONES

- La influencia de la temperatura y la humedad relativa al interior de las viviendas *Sumaq Wasi* en los centros poblados de Pucrí y Challamayo Pata, Tiquillaca, es significativa para el confort térmico de sus habitantes. Según los datos analizados, las temperaturas interiores varían entre un mínimo de  $6.70^{\circ}\text{C}$  en junio y un máximo de  $23.60^{\circ}\text{C}$  en noviembre. En términos de confort térmico, el rango adaptativo se establece entre  $13.57^{\circ}\text{C}$  y  $20.57^{\circ}\text{C}$ , mientras que la carta bioclimática de Givino establece un rango más amplio de  $21^{\circ}\text{C}$  a  $26^{\circ}\text{C}$ . Durante los meses más fríos (junio a agosto), las temperaturas interiores se mantienen dentro del rango adaptativo, pero no alcanzan el confort óptimo definido por Givino. En cambio, durante los meses más cálidos (noviembre y diciembre), las temperaturas interiores superan el rango de confort adaptativo y se acercan al rango óptimo, sugiriendo que la temperatura exterior influye directamente en el confort térmico, especialmente en la capacidad de las viviendas para retener el calor durante las noches frías y proporcionar un ambiente cálido durante el día y la percepción del usuario revela que un 68% considera que el confort térmico es adecuado, un 8% lo califica como cálido, otro 8% como frío, un 12% como muy frío y un 4% optó por no participar en la encuesta. En resumen, los resultados indican que las viviendas *Sumaq Wasi* mantienen temperaturas interiores medianamente adecuadas.
- La investigación identificó que los elementos constructivos y los materiales empleados en las viviendas *Sumaq Wasi*, como el adobe con una conductividad térmica de  $0.9 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  para las paredes, poliestireno expandido con una conductividad térmica de  $0.033\text{W/m}^{\circ}\text{C}$  y policarbonato alveolar con  $0.20\text{W/m}^{\circ}\text{C}$  que cumplen con el aislamiento térmico en diferencia del yeso que tiene una



conductividad térmica de  $0.3W/m^{\circ}C$ , aunque no es un aislante térmico puede contribuir a la regulación de la humedad y mejorar la sensación térmica al mantener las paredes secas, la calamina que tiene una alta conductividad térmica de  $237 W/m^{\circ}C$  que no es bueno como aislante térmico que al ser colocados junto con el poliestireno expandido minimiza la pérdida de calor y la madera  $0.1W/m^{\circ}C$  con para las puertas y contraventanas. Además, el balance energético de las viviendas *Sumaq Wasi* es de  $2315.28W/m^{2^{\circ}C}$ , lo que está por debajo del límite establecido por la norma EM 110 de  $3758.77W/m^{2^{\circ}C}$ , indicando que estas viviendas cumplen los requisitos normativos para garantizar un ambiente interior confortable.

- Por otro lado, se evaluó que la orientación más adecuada de asoleamiento es hacia el norte y las medianamente adecuadas son hacia el noreste, noroeste, sur y las no adecuadas son las orientadas hacia el este, oeste, sur este y suroeste, obteniendo los siguientes resultados 32% adecuados que equivale a ocho viviendas, 24% medianamente adecuados equivalente a seis viviendas y 44% no adecuados equivalente a 11 viviendas. Junto con una orientación adecuada, son fundamentales para mejorar el confort térmico interno.
- Finalmente, la comparación entre el confort térmico de las viviendas *Sumaq Wasi* y las viviendas tradicionales construidas artesanalmente reveló diferencias significativas en cuanto a pérdidas y ganancias térmicas. En comparación con las viviendas tradicionales, las *Sumaq Wasi* presentan temperaturas mínimas de  $7.03^{\circ}C$  y máximas de  $19.37^{\circ}C$ , logrando 8.5 horas de confort térmico, mientras que las viviendas de adobe con techo de paja tienen temperaturas mínimas de  $3.30^{\circ}C$  y máximas de  $18.50^{\circ}C$ , con solo 7.5 horas de confort, y aquellas con techo de calamina alcanzan mínimas de  $3.10^{\circ}C$  y máximas de  $21.50^{\circ}C$ , con 8 horas de confort. Esto



indica que las *Sumaq Wasi* no solo mantienen temperaturas más estables, sino que también proporcionan un mejor rendimiento térmico. Además, los resultados de la prueba t de Student evidencian que las viviendas *Sumaq Wasi* superan en eficiencia térmica a las construcciones tradicionales.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda optimizar el diseño bioclimático de las viviendas *Sumaq Wasi*, incorporando estrategias adicionales que mitiguen el impacto de las variaciones climáticas extremas. También se sugiere realizar un análisis continuo de las condiciones internas mediante sensores de temperatura y humedad, lo que permitirá ajustar las estrategias de diseño y uso según las necesidades cambiantes de los habitantes. Esto incluye la implementación de muros trombe y invernaderos que puedan actuar como reguladores térmicos, mejorando así el confort interno durante los meses más fríos.
- Se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo del confort térmico en las viviendas *Sumaq Wasi* para evaluar su desempeño a lo largo del tiempo. se recomienda considerar la incorporación de materiales de construcción más eficientes y la mejora en la disposición de los elementos existentes. Aunque el adobe y el poliestireno expandido ofrecen un buen aislamiento térmico, se sugiere evaluar la posibilidad de utilizar materiales adicionales que puedan complementar y mejorar aún más las propiedades aislantes, así como el machimbrado para pisos que puede ser un buen aislante térmico gracias a su baja conductividad térmica, asegurando que las temperaturas internas se mantengan en niveles óptimos para la habitabilidad.
- Implementar un diseño que favorezca la orientación hacia el norte, y en su defecto hacia el noreste y noroeste, puede maximizar la captación de luz solar durante el día y mejorar la calidad térmica del interior. Así mismo realizar capacitaciones para los constructores y habitantes sobre técnicas constructivas adecuadas que maximicen el rendimiento térmico de las viviendas. Esto incluye la correcta orientación de las viviendas.



- Fomentar la investigación continua en el ámbito de la construcción bioclimática y el confort térmico en contextos rurales. Esto incluye la evaluación de nuevas tecnologías y materiales que puedan ser utilizados en futuras construcciones para mejorar aún más las condiciones habitacionales.



## VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Askeland, D. R., & Wright, W. J. (2016). *The science and engineering of materials* (Seventh edition). Cengage Learning.
- AutoCAD. (2021). *Orientación de las viviendas Sumaq Wasi* [Software].
- Beteta, E. P., & Reyes, S. D. (2023). *Inadecuada ejecución del programa Sumaq Wasi del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para mejorar la situación de vivienda de poblaciones rurales en riesgo ante heladas y friaje* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/26301>
- Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa. Un enfoque práctico* (Tercera edición). MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*.
- del Toro, E. M. (2019). *Amortiguamiento y desfase térmico*. <https://blog.deltoroantunez.com/2019/07/amortiguamiento-y-desfase-termico.html>
- Díaz, A. (2011). *Análisis de una herramienta de simulación para el estudio del comportamiento térmico de una edificación por radiación solar* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/9716/>
- EM. 110. (2014). *NORMA TÉCNICA EM.110, ENVOLVENTE TÉRMICA DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*. <https://doi.org/chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3453611/Texto%20EM110%20Norma%20vCPARNE%20VF%2026.07.2022.pdf.pdf>
- Felices, R. (2017). *Influencia de las estrategias pasivas de la envolvente en el confort térmico de un edificio bioclimático*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.48351>



- Flores, M. M. (2023). *Condiciones de confort térmico en viviendas rurales en el centro poblado de Quenafaja Acora, Puno*. [Tesis de pre grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21006>
- García, M. D. (2011). *Viviendas bioclimáticas en Galicia* (Segunda edición).
- Garín, L. (2021). *Modelado y análisis térmico en viviendas MEVIR* [Tesis de maestría, Universidad de la Republica Uruguay]. [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://les.edu.uy/tesis/master\\_lucia-garin.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://les.edu.uy/tesis/master_lucia-garin.pdf)
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. John Wiley & Sons.
- Gómez, L. G., bojórquez, G., & Ruiz, R. P. (2007). *El confort térmico: Dos enfoques teóricos enfrentados*. 45-57. <https://www.researchgate.net/publication/285832706>
- Google Earth Pro. (2024). *Ubicación de las viviendas Sumaq Wasi* [Software].
- Herencia, P. M., & Palomino, P. E. (2022). *Evaluación comparativa de los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi, según la norma EM.110* [Tesis de pre grado, Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/5544>
- Hernández, R., Fernández, C., & del Pilar Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta edición).
- Huamani, F. E., Taipe, Y. W., & Ugarte, J. S. (2021). *Análisis del confort térmico en las viviendas "Sumaq Wasi", Misquipata, distrito de San Juan de Jarpa, provincia Chupaca, región Junín* [Tesis de pre grado, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11483>
- Incropera, F. P., & Witt, D. P. de. (2009). *Fundamentos de transferencia de Calor* (4a ed). Prentice Hall.
- Kern, D. Q. (1999). *Procesos de Transferencia de Calor* (trigésima Primera).



- Manzano, F., Montoya, F. G., Sabio, A., & García, A. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 736-755. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.095>
- Maristany, A., & Angiolini, S. (2017). *Calor, envolventes y eficiencia energética*.
- Mercado, M. V., Esteves, A., Filippín, C., & Flores, S. (2009). *Sistema de calefacción radiante solar pasivo. Diseño, construcción de un prototipo y obtención de resultados*. 9, 53-61. <https://www.researchgate.net/publication/284286456>
- Molina, J. O. (2017). *Evaluación sistemática del desempeño térmico de un módulo experimental de vivienda alto andina para lograr el confort térmico con energía solar* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14755>
- Molina, J. R. (2016). *Evaluación bioclimática de una vivienda rural alto andina de la comunidad de San Francisco de Raymina de Ayacucho* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/5327>
- Morillón., D., Saldaña, R., Castañeda, I., & Miranda, U. (2002). *Atlas Bioclimático de la República Mexicana*. 10, 57-62, 2002. <https://doi.org/10.14350/rig.32435>
- Mosquera, P. (2013). *Medida de la conductividad térmica con el método de la aguja térmica, basado en la fuente lineal de calor transitorio, para su aplicación en los cerramientos de adobes y bloques de tierra comprimida* [PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.21903>
- Nikolopoulou, M., Baker, N., & Steemers, K. (1999). *THERMAL COMFORT IN URBAN SPACES: DIFFERENT FORMS OF ADAPTATION*.
- Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernández, A., Basteiro, J., & García-Cueto, E. (2014). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar? *Universitas Psychologica*, 14(1), 245-254. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy14-1.pbad>
- Planas, C. (2007). *Incidencia de la inercia térmica en edificios de uso intermitente*. <http://hdl.handle.net/2099.1/4546>



- PNVR. (2021). *Sistema constructivo para viviendas rurales*. 29.
- Poma, L. G. (2020). *Propuesta de arquitectura bioclimática aplicada a viviendas unifamiliar para mejorar el confort térmico de sus habitantes en el distrito de Pucará* [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6150>
- Rojas, M. A., & Altamirano, R. (2023). *Thermal Comfort in Two Housing Typologies in the Andean Region of Ecuador: Cotopaxi Province*. 13, 4. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/6138>
- Silva, M., Depaz, R., & Alva, O. (2017). Mejoramiento del confort térmico de vivienda en uso en la ciudad de Huaraz con el aprovechamiento de la energía solar pasiva. *APORTE SANTIAGUINO*, 9(1), 37. <https://doi.org/10.32911/as.2016.v9.n1.211>
- SketchUp Pro. (2021). *Modelado de Vivienda Sumaq Wasi* [Software].
- Supo, J., & Zacarias, H. (2024). *Metodología de la Investigación Científica: Niveles de Investigación* (Cuarta Edición). BIOESTADISTICO EEDU Eirl.
- Torres, J. L. (2010). *Climatización considerando el ahorro de energía y el confort térmico de las personas en ambientes dedicados a tareas de oficina* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica Nacional]. [chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.edutecne.utn.edu.ar/tesis/Torres\\_climatizacion.pdf](chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.edutecne.utn.edu.ar/tesis/Torres_climatizacion.pdf)
- Umán, S. J. (2019). *Estrategias de climatización pasiva y confort térmico en la vivienda de adobe en la zona rural de Anta—Cusco, 2017* [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2860>
- Valiente, A. (2013). *Ingeniería del calor*.
- Vilca, H. H. (2023). *Propuesta de una vivienda rural bioclimática para mejorar las condiciones de habitabilidad del sector Ccarmi Antauta* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20477>



- Vilca, M., Coaquira, E. A., & Quispe, D. Y. (2022). *Análisis del comportamiento de las viviendas Sumac Wasi por efectos del viento* [Tesis de pre grado, Universidad Peruana Unión]. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/5720>
- Vitulas, Y. T. (2022). *Guía para la Elaboración del Proyecto de Tesis*.
- Wei, D., Yang, L., Zhao, G., & Liu, S. (2022). *Indoor thermal comfort in a rural dwelling in southwest China*. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1029390>
- Wiki, F. (2023, julio 27). *Puno, puno, Perú—Genealogía—FamilySearch Wiki*. *FamilySearch Wiki*.  
[[https://www.familysearch.org/es/wiki/Puno,\\_Puno,\\_Per%C3%BA\\_-\\_Genealog%C3%ADa](https://www.familysearch.org/es/wiki/Puno,_Puno,_Per%C3%BA_-_Genealog%C3%ADa)]. FamilySearch.
- Yarke, E. (Ed.) (with Seoane, M. P.). (2015). *Ventilación natural en edificios*. Nobuko.



## ANEXOS

**ANEXO 1:** Ubicación de provincia por zona bioclimática y características climáticas de cada zona bioclimática del Perú

**ANEXO 2:** Metodología de Cálculo para obtener balance térmico.

**ANEXO 3:** Lista de características higrométricas de los materiales de Construcción

**ANEXO 4:** Metodología para el cálculo

**ANEXO 5:** Matriz de consistencia

**ANEXO 6:** Especificaciones Técnicas de equipo de medición

**ANEXO 7:** Temperaturas Estación Mañazo (SENAMHI)

**ANEXO 8:** Datos de temperaturas de las viviendas Sumaq Wasi

**ANEXO 9:** Datos de temperaturas de las viviendas rurales típicas

**ANEXO 10:** Datos procesados de temperatura del prototipo Sumaq Wasi a escala 1/10

**ANEXO 11:** Carta bioclimática de Givoni

**ANEXO 12:** Ficha técnica y encuestas

**ANEXO 13:** Panel fotográfico



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo FREY ALBERTO PACHA MAHANI,  
identificado con DNI 46348765 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉCNICO EN LAS VIVIENDAS  
RURALES SUMAQ WASI EN LOS CENTROS POBLADOS PUCRI  
Y CHALLAMAYO PATA, TIQUILLACA, PUNO - 2023 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 12 de DICIEMBRE del 2024

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo FREDDY ALBERTO PACHA MAHANI identificado con DNI 46348765 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

" EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN LAS VIVIENDAS RURALES SUMAQ WASI EN LOS CENTROS POBLADOS PUCRI Y CHALAMAYO PATA, TIQUILLACA, PUNO - 2023 "

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 12 de DICIEMBRE del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella