



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍAS RENOVABLES



**“CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA
HEXAGONAL UTILIZANDO AISLANTES TÉRMICOS
PARA MEJORAR SU CONFORT, EN EL ANEXO
CHAQUENA CJULUYO DEL DISTRITO DE
CHECCA - CUSCO - 2023”**

ALEX CHOQUEPUMA GUTIERREZ
KELI EPIFANIA JUDITH ALDAZABAL CUEVAS

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

ASESOR: Dr. WASHINGTON MIGUEL SONCCO VILCAPAZA



JULIACA, PERÚ

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EN ENERGÍAS RENOVABLES**



**“CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA
HEXAGONAL UTILIZANDO AISLANTES TÉRMICOS
PARA MEJORAR SU CONFORT, EN EL ANEXO
CHAQUENA CJULUYO DEL DISTRITO DE
CHECCA - CUSCO - 2023”**

**Alex Choquepuma Gutierrez
Keli Epifania Judith Aldazabal Cuevas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

Asesor: Dr. Washington Miguel Soncco Vilcapaza



**JULIACA, PERÚ
2024**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES



**“CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA
HEXAGONAL UTILIZANDO AISLANTES TÉRMICOS PARA
MEJORAR SU CONFORT, EN EL ANEXO CHAQUENA
CJULUYO DEL DISTRITO DE CHECCA - CUSCO - 2023”**

Alex Choquepuma Gutierrez
Keli Epifania Judith Aldazabal Cuevas

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

Asesor: Dr. Washington Miguel Soncco Vilcapaza

Juliaca, 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Choquepuma, A., & Aldazabal, K. (2024). *Construcción de una vivienda bioclimática hexagonal utilizando aislantes térmicos para mejorar su confort, en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca– Cusco – 2023*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Bach. ALEX CHOQUEPUMA GUTIERREZ Y

KELI EPIFANIA JUDITH ALDAZABAL CUEVAS

TÍTULO: Construcción de una vivienda bioclimática hexagonal utilizando aislantes térmicos para mejorar su confort, en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca– Cusco - 2023

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2024

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (132 pp)

CÓDIGO: 02-000022-02/CH75

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: Dr. WASHINGTON MIGUEL SONCCO VILCAPAZA

PALABRAS CLAVE: Aislante térmico, Confort térmico, Poliestireno, vidrio y yeso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA HEXAGONAL
UTILIZANDO AISLANTES TÉRMICOS PARA MEJORAR SU CONFORT,
EN EL ANEXO CHAQUENA CJULUYO DEL DISTRITO DE CHECCA -
CUSCO - 2023”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

Presentada por:

**ALEX CHOQUEPUMA GUTIERREZ
KELI EPIFANIA JUDITH ALDAZABAL CUEVAS**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Vilma Sarmiento Mamani



PRESIDENTE DE JURADO

Dr. Ubaldo Yancachajlla Tito



JURADO (Secretario)

2° MIEMBRO

Mg. Alex Mario Lerma Coaquira



JURADO (Vocal)

3° MIEMBRO



Dr. Washington Miguel Soncco Vilcapaza
ASESOR DE TESIS

NOMBRE DEL TRABAJO

CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA BIO CLIMÁTICA HEXAGONAL UTILIZANDO A ISLANTES TÉRMICOS PARA MEJORAR S U CONFORT, EN EL ANEXO CHAQUENA CJULUYO DEL DISTRITO DE CHECCA- C USCO - 2023

AUTOR

ALEX CHOQUEPUMA GUTIERREZ KELI E PIFANIA JUDITH ALDAZABAL CUEVAS

RECUENTO DE PALABRAS

17777 Words

RECUENTO DE CARACTERES

91340 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

75 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

20.4MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 6, 2024 8:49 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 6, 2024 8:50 PM GMT-5**● 8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Amelia Cuevas Gonzales y Felix Aldazabal Pinedo y a mi hermano Anderzon Carlos Aldazabal Cuevas; por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio inigualable. A mi familia y amigos, por su aliento y comprensión a lo largo de este camino. A mis profesores y mentores, por su guía invaluable y conocimientos compartidos. A todos aquellos que de una forma u otra han contribuido a mi formación académica y personal.

Keli Epifania Judith Aldazabal Cuevas

Dedico esta tesis con profundo amor y gratitud a mis invaluablees padres, Susana Gutierrez Roque y Víctor Hilarión Choquepuma Rado. Vuestra presencia constante ha sido mi mayor guía y fortaleza. Me guiaron con reglas que forjaron mi carácter y brindaron la libertad que dio forma a mis sueños académicos. El sacrificio que hicieron ha sido una llama constante que avivó mi motivación. A mis queridos hermanos, Edy Yaneth, Ronal y Roxana, les agradezco desde lo más profundo de mi ser. Su amor incondicional y apoyo constante han sido el motor que impulsó cada paso en este desafiante trayecto académico. Vuestra inspiración ha sido mi motor, y este logro es compartido con cada uno de ustedes.

Alex Choquepuma Gutierrez

AGRADECIMIENTO

"Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo. En primer lugar, agradezco A mi asesor de tesis, Washington M. Soncco Vilcapaza por su orientación, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso. Sus consejos y la retroalimentación fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

Asimismo, mi profundo agradecimiento se extiende al Arquitecto Luis Fernando Espinoza Castillo y a la Ing. Margolith Chilicasepa Zuta por su valiosa contribución, ya sea brindando recursos, asistencia técnica o apoyo intelectual.

No puedo pasar por alto el respaldo inquebrantable de mi familia y amigos, quienes me brindaron su comprensión, ánimo y motivación en los momentos más desafiantes. Su apoyo incondicional fue un pilar fundamental durante esta travesía académica.

Finalmente, a todos aquellos que, de una manera u otra, contribuyeron con su tiempo, conocimientos y experiencia, les estoy profundamente agradecida. Este logro no habría sido posible sin su generosidad y apoyo constante. ¡Gracias a todos por ser parte de este importante capítulo en mi vida académica!"

Keli Epifania Judith Aldazabal Cuevas

A mis padres, quienes han sido mi fuente inagotable de apoyo y amor, les dedico mi más profundo agradecimiento. Gracias a su respaldo incondicional, pudo alcanzar cada uno de mis objetivos personales y académicos.

A mi asesor, Washington M. Soncco Vilcapaza, le expreso mi gratitud sincera. Su dedicación y guía han sido fundamentales en este viaje académico. Sin sus palabras precisas y correcciones, no habría alcanzado esta etapa tan anhelada.

A mi compañera de tesis, Keli, le agradezco por el valioso tiempo y dedicación compartidos en este proceso. Hemos sido cómplices, compartiendo no solo horas de trabajo conjunto, sino también experiencias inolvidables que han enriquecido este camino.

De manera especial, agradezco a la Ing. Margolith Chilicasepa Zuta y al Arquitecto Luis Fernando Espinoza Castillo por su paciencia y apoyo incondicional. Su respaldo ha sido crucial para seguir adelante con este proyecto de tesis.

Y finalmente, agradezco a la universidad y a mi escuela profesional de Ingeniería en Energías Renovables que, si bien me ha exigido mucho, también me ha brindado las condiciones para alcanzar mi ansiado título.

Alex Choquepuma Gutierrez

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTO.....	8
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	9
ÍNDICE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	14
RESUMEN.....	19
ABSTRACT.....	20
INTRODUCCIÓN.....	21
CAPITULO I.....	22
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.1. Formulación del problema.....	23
1.1.1. Pregunta general.....	23
1.1.2. Preguntas específicas.....	24
1.2. Objetivos de la investigación.....	24
1.2.1. Objetivo general.....	24
1.2.2. Objetivos específicos.....	24
1.3. Formulación de hipótesis.....	24
1.3.1. Hipótesis general.....	24
1.3.2. Hipótesis específicas.....	24
CAPITULO II.....	26
REVISIÓN DE LITERATURA.....	26
2.1. Antecedentes de la investigación.....	26
2.1.1. Internacionales.....	26
2.1.2. Nacionales.....	27
2.1.3. Regionales.....	28
2.2. Bases Teóricas de la investigación.....	29
2.2.1. Aislantes térmicos.....	29
2.2.2. Propiedades de los aislantes.....	31

2.2.3.	Tipos de aislantes	32
2.2.4.	Vivienda bioclimática.....	34
2.2.5.	Condiciones mínimas para que una casa sea bioclimática	35
2.2.6.	Confort ambiental en viviendas	36
2.2.7.	Representación de la trayectoria solar	38
CAPÍTULO III		41
MATERIALES Y MÉTODOS.....		41
3.1.	Ámbito de estudio	41
3.2.	Tipo de investigación.....	42
3.3.	Enfoque de la investigación	42
3.4.	Diseño de la investigación	42
3.5.	Población y muestra de la investigación.....	42
3.5.1.	Población	42
3.5.2.	Muestra	42
3.6.	Procedimiento para la recopilación de los datos.....	42
3.6.1.	Construcción de la vivienda	42
3.6.2.	Determinación de la variación de la temperatura y humedad relativa utilizando el poliestireno, yeso y madera y vidrio a doble capa.	45
3.6.3.	Metodología de cálculo para el confort térmico.....	51
3.6.4.	Cálculo de pérdidas de calor.....	55
3.6.5.	Simulación térmica de la vivienda bioclimática hexagonal	56
CAPÍTULO IV		59
RESULTADOS Y DISCUSIONES		59
4.1.	Variación de la temperatura y humedad relativa al utilizar el poliestireno en una vivienda bioclimática hexagonal en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco.	59
4.2.	Incremento de la temperatura y humedad relativa empleando el yeso y madera en la vivienda bioclimática hexagonal en el en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco.	63

4.3. Cambio de la temperatura y humedad relativa al instalar el vidrio a doble capa en la vivienda bioclimática hexagonal en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco.	66
4.4. Mejora del confort térmico de una vivienda bioclimática hexagonal utilizando aislantes térmicos en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco.....	69
CAPITULO V	105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
5.1. Conclusiones	105
5.2. Recomendaciones	107
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	108

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de área de los componentes de la vivienda bioclimática	44
Tabla 2. Capacidad térmica de los materiales en común.....	52
Tabla 3. Coeficiente de conductividad térmica	53
Tabla 4. Transmisión térmica en techo de la primera fase	81
Tabla 5. Transmisión térmica en pared de la primera fase	82
Tabla 6 . Transmisión térmica en ventana de la primera fase	82
Tabla 7. Transmisión térmica en puerta de la primera fase	83
Tabla 8. Transmisión térmica en techo de la segunda fase.....	83
Tabla 9. Transmisión térmica en pared de la segunda fase	84
Tabla 10. Transmisión térmica en piso de la segunda fase.....	84
Tabla 11. Transmisión térmica en ventana de la segunda fase.....	85
Tabla 12. Transmisión térmica en puerta de la segunda fase	85
Tabla 13. Transmisión térmica en techo de la tercera fase.....	86
Tabla 14. Transmisión térmica en pared de la tercera fase.....	86
Tabla 15. Transmisión térmica en de la tercera fase	87
Tabla 16. Transmisión térmica en ventana de la tercera fase	87
Tabla 17. Transmisión térmica en puerta de la tercera fase	88
Tabla 18. Variación de la temperatura.....	88
Tabla 19. Área de la vivienda	89
Tabla 20. Volumen de la vivienda.....	89
Tabla 21. Pérdida por transmisión en la primera fase	90
Tabla 22. Perdida por transmisión en la segunda fase.....	90
Tabla 23. Perdida por transmisión en la tercera fase	91
Tabla 24. Perdidas por infiltración en las tres fases	91
Tabla 25.	92

Tabla 26. Escala de la TE estandariza a la escala ASHRAE a través del Tp y el rango de oscilación	92
Tabla 27. Vivienda bioclimática de poliestireno	93
Tabla 28. Vivienda bioclimática de yeso y madera.....	93
Tabla 29. Vivienda bioclimática de vidrio a doble capa	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conducción de calor a través de una pared plana grande de espesor Δx y área A.	30
Figura 2. Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección .	30
Figura 3. La mayor cantidad de radiación que puede desprenderse de una superficie a una temperatura dada se conoce como radiación de cuerpo negro..	31
Figura 4. Imagen del Poliestireno.....	32
Figura 5. Pared de yeso cuyo espesor es de 5cm.....	33
Figura 6. Piso de madera.	33
Figura 7. Ilustración de vidrio a doble capa	34
Figura 8. Diagrama de confort según B. Givoni	37
Figura 9. Trayectoria del sol (hemisferio sur)	38
Figura 10. Trayectoria del sol proyectada en planta para equinoccios y solsticios.....	38
Figura 11. Diagrama de trayectoria del sol para latitud.	39
Figura 12. Angulo de posición del sol.....	39
Figura 13. Ubicación del ámbito de estudio para construcción de la vivienda bioclimática	41
Figura 14. Vista en 3D de la vivienda bioclimática hexagonal.....	44
Figura 15. Vista frontal en 3D de la vivienda hexagonal.	45
Figura 16. Barra de menu	46
Figura 17. Menú principal del software	46
Figura 18. Ventana DOWNLOAD (descargar) para iniciar la transferencia de lecturas ..	48
Figura 19. Ventana de guardar el archivo	49
Figura 20. Ventana de view para descargar.....	49
Figura 21. Gráfico de datos.	50
Figura 22. Datos de la construcción de la vivienda para la simulación	56

Figura 23. Ganancia y perdida anuales por zonas térmicas para la vivienda (vivienda bases y vivienda hexagonal mejorada	56
Figura 24. Ubicación de la estación meteorológica Sausaya y Ubicación de la vivienda hexagonal	57
Figura 25. Grados día de calefacción y enfriamiento según ASHRAE 169 para las ciudades peruanas	58
Figura 26. Temperatura y humedad diaria de la vivienda exterior en la primera fase.	59
Figura 27. Temperatura y humedad diaria de la vivienda interior en la primera fase.....	60
Figura 28. Temperatura y humedad diaria en el interior y exterior de la primera fase	61
Figura 29. Temperatura y humedad de acuerdo al horario en la vivienda interior y exterior.	62
Figura 30. Temperatura y humedad diaria en la vivienda exterior de la segunda fase.	63
Figura 31. Temperatura y humedad diaria en la vivienda interior de la segunda fase.....	63
Figura 32. Temperatura y humedad diaria en la vivienda interior y exterior de la segunda fase.....	64
Figura 33. Temperatura y humedad de acuerdo al horario en la vivienda interior y exterior de la segunda fase.	65
Figura 34. Cambio de temperatura y humedad diaria en la vivienda exterior de la tercera fase.....	66
Figura 35. Cambio de temperatura y humedad diaria en la vivienda interior de la tercera fase.....	67
Figura 36. Cambio de la temperatura y humedad diaria en la vivienda interior y exterior de la tercera fase.	67
Figura 37. Cambio de la temperatura y humedad de acuerdo al horario en la vivienda interior y exterior de la tercera fase.....	68
Figura 38. Aplicación de diagrama psicométrico de Givoni	69
Figura 39. Vista frontal de la vivienda bioclimática hexagonal.	70
Figura 40. Vista lateral derecho de la vivienda bioclimática hexagonal.....	70

Figura 41. Vista lateral izquierdo de la vivienda bioclimática.....	71
Figura 42. Plano en planta.	71
Figura 43. Vista de las ventanas.	72
Figura 44. Planta de cimiento.....	72
Figura 45. Vista de corte A-A, sección de cimiento y sobrecimiento.....	73
Figura 46. Corte B-B, sección de cimiento y sobrecimiento en ingreso.	73
Figura 47. Detalles de moldes para adobes enteros (adobera).	74
Figura 48. Detalles del techo	75
Figura 49. Detalles de aislantes en techo.....	75
Figura 50. Detalle del muro interior y exterior de la vivienda	76
Figura 51. Detalles tijerales en planta	76
Figura 52. Detalles de tijerales secundarios	77
Figura 53. Orientación del sol- temperatura vivienda interior -primera fase	77
Figura 54. Orientación del sol – temperatura vivienda exterior- primera fase.....	78
Figura 55. Orientación del sol – temperatura vivienda interior- segunda fase.....	78
Figura 56. Orientación del sol – temperatura vivienda exterior- segunda fase.....	79
Figura 57. Orientación del sol – temperatura vivienda interior- tercera fase.....	80
Figura 58. Orientación del sol – temperatura vivienda exterior- tercera fase	80
Figura 59. Escala de sensación térmica	92
Figura 60. Datos reales de temperatura en la primera fase.....	94
Figura 61. Simulación de la temperatura en la primera fase	95
Figura 62. Datos reales de temperatura en la segunda fase.....	96
Figura 63. Simulación de temperatura en la segunda fase.	96
Figura 64. Datos reales de temperatura en la tercera fase.	97
Figura 65. Simulación de la temperatura en la tercera.	98

Figura 66. Ganancia por las ventanas en las zonas térmicas – vivienda hexagonal base y mejorada.	99
Figura 67. Criterios de confort – Grados Hora de calefacción 16°C – Horas fuera de confort – 7152 horas (Vivienda base) y (vivienda hexagonal mejorada).	99
Figura 68. Relación de los grados hora de calefacción requeridos (16°) y la ganancia por ventana en relación con el área del espacio) (vivienda hexagonal base) y (vivienda hexagonal mejorada).	100
Figura 69. Temperatura operativa de la casa hexagonal en frecuencia media diaria.	101
Figura 70. Temperatura operativa de la casa hexagonal en frecuencia medida horaria...	102
Figura 71. Temperatura bulbo seca del distrito Checca, Cusco y de la estación del SENAMHI 2023 de Sausaya, Cusco.	103
Figura 72. Relación de las condiciones de temperatura y las estrategias bioclimáticas...	103
Figura 73. Grados de calefacción y enfriamiento acorde a ASHRAE 169 SENAMI 2023 por meses	104
Figura 74. Delimitación del terreno para la construcción de la vivienda bioclimática hexagonal.....	120
Figura 75. Excavación del terreno para la construcción.....	120
Figura 76. Colocación del muro con adobe.....	121
Figura 77. Armado del techo de la vivienda.....	121
Figura 78. Medición de la temperatura y humedad relativa.	122
Figura 79. Vista interior de la vivienda.	122
Figura 80. Vista exterior de la vivienda bioclimática.	123
Figura 81. Vista exterior de la vivienda bioclimática con revoque de yeso en el exterior e interior.	123

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Vista frontal, lateral izquierdo y derecho de la vivienda bioclimática hexagonal	111
Anexo 2. Vista del plano en planta	113
Anexo 3. Vista del cimientto	114
Anexo 4. Detalle de moldes para adobes enteros	116
Anexo 5. Detalles del techo.....	117
Anexo 6. Detalles de tijerales.....	119
Anexo 7. Panel fotográfico.....	120
Anexo 8. Temperatura interna de la primera fase	124
Anexo 9. Humedad interna de la primera fase	125
Anexo 10. Temperatura externa de la primera fase.....	126
Anexo 11. Humedad externa de la primera fase	127
Anexo 12. Temperatura interna de la segunda fase.....	128
Anexo 13. Humedad interna de la segunda fase	129
Anexo 14. Temperatura externa de la segunda fase.....	130
Anexo 15. Humedad externa de la segunda fase.....	131
Anexo 16. Temperatura interna de la tercera fase.....	132
Anexo 17. Humedad interna de la tercera fase.....	133
Anexo 18. Temperatura externa de la tercera fase	134

RESUMEN

El presente estudio, tuvo como objetivo principal determinar el nivel de mejora del confort térmico de una vivienda bioclimática hexagonal utilizando diferentes aislantes térmicos en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco. La metodología se basó en la medición de la temperatura y humedad en el exterior e interior de la vivienda, realizada en tres fases: la primera, como aislante el Poliestireno (tecnopor) en los muros y techo, sin aislamiento en el piso y vidrio simple en las ventanas; en la segunda fase, se incluye un acabado de yeso sobrepuesto en la pared interior y exterior, techo con Poliestireno (tecnopor) y triplay, en el piso madera sobre durmiente entre aire y en la tercera fase, vidrio doble en las ventanas. Obteniendo como resultado, que para la primera fase; en la vivienda interior T_{Med} de $12.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una H_{Med} 74.2% ; en la vivienda exterior una T_{Med} de $11.08\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una H_{Med} de 69.73% ; en la segunda fase de la vivienda interior T_{Med} de $9.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una H_{Med} 97.2% ; en la vivienda exterior una T_{Med} de $8.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una H_{Med} de 60% y en la tercera fase de la vivienda interior T_{Med} de $10.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una H_{Med} 54.6% ; en la vivienda exterior una T_{Med} de $7.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una H_{Med} de 44.1% ; así también, en la primera fase, se ha obtenido una variación de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una pérdida total de 192.03 W . En la segunda fase se ha obtenido una variación de $1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una pérdida total de 230.44 W . En la tercera fase, se ha obtenido una variación $2.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una pérdida total de 556.86 W . Del cual se concluye que en la vivienda bioclimática hexagonal necesita de ganancia interna, calefacción solar pasiva y alta masa térmica.

Palabras clave: Aislante térmico, Confort térmico, Poliestireno, vidrio y yeso.

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the level of improvement of the thermal comfort of a hexagonal bioclimatic dwelling using different thermal insulators in the Chaquena Cjulyo annex of the Checca-Cusco district. The methodology was based on the measurement of temperature and humidity outside and inside the house, carried out in three phases: the first, as an insulator the Polystyrene (technopor) in the walls and ceiling, without insulation in the floor and simple glass in the windows; In the second phase, a plaster finish is included on the interior and exterior wall, ceiling with polystyrene (technopor) and plywood, on the floor wood on sleeper between air and in the third phase, double glazing in the windows. As a result, for the first phase; in indoor housing T_Med 12.8 °C and a H_Med 74.2%; in the outdoor dwelling a T_Med of 11.08 °C and a H_Med of 69.73%; in the second phase of indoor housing T_Med 9.7 °C and a H_Med 97.2%; in the outdoor dwelling a T_Med of 8.5 °C and a H_Med of 60 % and in the third phase of the interior dwelling T_Med 10.4 °C and a H_Med 54.6 %; in outdoor housing, a T_Med of 7.5 °C and a H_Med of 44.1%; Also, in the first phase, a variation of 1 °C and a total loss of 192.03 W have been obtained. In the second phase, a variation of 1.2 °C and a total loss of 230.44 W have been obtained. In the third phase, a variation of 2.9 °C and a total loss of 556.86 W have been obtained. From which it is concluded that the hexagonal bioclimatic house needs internal gain, passive solar heating and high thermal mass.

Keywords: Thermal insulation, thermal comfort, polystyrene, glass and plaster.

INTRODUCCIÓN

Según las estimaciones, al menos 500 personas (entre niños y ancianos) fallecen de neumonía en las regiones altoandinas de Perú, esto sucede cada año entre mayo y octubre. Una de las causas es la temperatura de aire en el interior de las viviendas, puesto que, están construidas principalmente con adobe y la temperatura desciende hasta 2° C (Huaylla, 2010).

Las heladas y el frío son un problema recurrente en la sierra y la selva de Perú, debido que provoca pérdidas materiales y víctimas mortales. La población carece de los recursos necesarios para confrontar esta situación, puesto que, las viviendas construidas no cumplen las normas mínimas de habitabilidad y no disponen económicamente para mejorarla. Como consecuencia, son los mismos pobladores que construyen sus casas sin ninguna especificación técnica y sin recibir ayuda del gobierno (Peña et al., 2017).

Dado que la población andina pasa la mayor parte de su vida expuesta a condiciones climáticas frías, existe una notable ausencia de investigación suficiente y de información veraz sobre las circunstancias climáticas en las que viven las comunidades rurales andinas. Esto incluye información sobre las condiciones de confort térmico vinculadas a la población andina. La tasa de mortalidad por enfermedades respiratorias, la restricción de las actividades nocturnas, la depresión y otros problemas, son sólo algunos de los numerosos problemas que conlleva vivir en condiciones de frío intenso (Espinoza et al., 2009).

Hoy en día, nos esforzamos por utilizar la energía, el agua y otros recursos naturales de forma eficiente, reduciendo al mismo tiempo los residuos y la contaminación ambiental; por ello, se busca emplear materiales sostenibles (reutilizados, reciclados o renovables) en la creación de estructuras. Por eso es especialmente importante tener en cuenta la durabilidad, estética y reciclabilidad de materiales renovables como la piedra, la madera y poliestireno (Lopez et al., 2022).

Los materiales aislantes son aquellos que presentan una fuerte resistencia al paso del calor, por lo que minimizan la transferencia de éste a su cara opuesta. Como resultado, podemos afirmar que protegen tanto del frío como del calor. Por otro lado, se sabe que el aislamiento térmico ayuda a la eficiencia energética, lo que implica reducir el consumo de energía sin sacrificar el confort (Palomo, 2017).

Teniendo en cuenta lo mencionado en la presente investigación se planteó como objetivo principal el nivel de mejora del confort térmico de una vivienda bioclimática hexagonal utilizando aislantes térmicos en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la actualidad, tanto a nivel global como específicamente en las regiones montañosas, las heladas son eventos que impactan significativamente en la calidad de vida de las personas. Este impacto se ve agravado por las condiciones precarias de las viviendas en áreas rurales, lo que deja a las comunidades vulnerables sin las estructuras necesarias para mantener una temperatura confortable y hacer frente a este fenómeno natural. Como consecuencia, las heladas pueden desencadenar enfermedades respiratorias graves, como la neumonía, e incluso provocar pérdidas humanas (Peña, Roman y Quispe, 2017); a nivel mundial, existen diversas tecnologías disponibles para mejorar el confort térmico en los hogares, como sistemas de calefacción y materiales aislantes, los cuales pueden ser utilizados en conjunto o de manera independiente según las condiciones locales y las necesidades térmicas. Sin embargo, la falta de una economía sostenible por parte de las familias dificulta la implementación de estas mejoras en sus viviendas (Lopez et al., 2022).

En Perú, especialmente en las zonas serranas, más de 6 millones de ciudadanos enfrentan condiciones climáticas extremadamente frías en regiones del sur, centro y norte del país. Estas condiciones se presentan específicamente en los departamentos de Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, La Libertad, Moquegua, Pasco, Puno y Tacna. Los niños y las personas mayores son los grupos de mayor riesgo en estas circunstancias, lo que se traduce en altos índices de mortalidad, enfermedades respiratorias y desnutrición. Algunas de las causas de estos índices son la mala alimentación, la falta de viviendas adecuadas, la vestimenta inapropiada, el desconocimiento de la población sobre conceptos isotérmicos, la ventilación y el aprovechamiento de la energía solar, entre otros (Huaman, Huanancayo y Baca, 2010).

De igual manera en el distrito de Checca; perteneciente a la región de Cusco, no escapa de esta realidad; debido a que aún no se ha tocado en profundidad el tema de viviendas bioclimáticas en las zonas rurales; el cual está sujeto a condiciones de clima frío durante casi toda su vida de los pobladores; siendo el causal por la vivencia de ambientes extremadamente fríos; restricción de actividades nocturnas, problemas respiratorios, e incluso la muerte en el peor de los casos.

Ante ello para seguir manteniendo el confort térmico interior de los edificios, los materiales aislantes han trabajado incansablemente para reducir el elevado consumo de energía. Uno de los aspectos clave de la sostenibilidad es la eficiencia energética, que pretende equilibrar la demanda y el consumo manteniendo un cierto nivel de confort y consiguiendo al mismo tiempo un ahorro de energía. Debemos preocuparnos por cuestiones como los intercambios de energía entre el interior y el exterior, ya que somos más conscientes de la importancia de la sostenibilidad en la arquitectura. Estas fluctuaciones climáticas dan lugar a ganancias y pérdidas de energía que provocan un aumento de la demanda y, por tanto, un mayor consumo de energía. Esto se traduce en un mayor costo económico y va en detrimento de la sostenibilidad. Todas estas cuestiones son cruciales y deben tenerse en cuenta a la hora de realizar un buen diseño arquitectónico. Se han introducido mejoras en el confort térmico tanto en las nuevas construcciones como en las viviendas existentes, incluyendo la instalación de conductos solares, techos inclinados, suelos aislados, paredes tipo trombe que sirven de calefactores para el invierno, cocinas mejoradas y, lo que es más importante, el fortalecimiento de instituciones sociales como las familias y las organizaciones vecinales (Huaman, 2010).

1.1. Formulación del problema

1.1.1. Pregunta general

¿Es posible mejorar el nivel del confort térmico de una vivienda hexagonal utilizando aislantes térmicos en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco - 2023?

1.1.2. Preguntas específicas

- ¿Cuál es la variación de la temperatura y humedad relativa al utilizar el poliestireno en la vivienda bioclimática hexagonal?
- ¿Cuál es el aumento registrado en la temperatura y la humedad relativa al utilizar materiales como el yeso y la madera en la construcción de la vivienda bioclimática de estudio?
- ¿Cuál es el cambio de la temperatura y humedad relativa al incorporar el vidrio a doble capa en la misma vivienda?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Determinar el nivel de mejora del confort térmico de una vivienda bioclimática hexagonal utilizando aislantes térmicos en el anexo Chaquena Cjulyo del distrito de Checca-Cusco - 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- Establecer la alteración en la temperatura y humedad relativa al implementar el poliestireno en la construcción de una vivienda bioclimática de diseño hexagonal.
- Determinar el incremento de la temperatura y humedad relativa empleando el yeso y madera en la vivienda mencionada.
- Evaluar la variación en la temperatura y humedad relativa al incorporar vidrio de doble capa en la edificación de la vivienda bioclimática.

1.3. Formulación de hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

El confort de la vivienda bioclimática hexagonal obtendrá una mejora considerable utilizando aislantes térmicos en el anexo Chaquena Cjulyo del distrito de Checca-Cusco - 2023.

1.3.2. Hipótesis específicas

- La incorporación de poliestireno influye en la variación de la temperatura y humedad relativa en la vivienda.
- La utilización de yeso y madera posibilitará el incremento de la temperatura y en la variación de la humedad relativa de la construcción.

- La instalación de vidrio de doble capa provocará un cambio en la temperatura y humedad relativa de la vivienda mencionada anteriormente.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación económica

Los costos energéticos son gastos de funcionamiento, y se pueden ahorrar cantidades significativas de energía utilizando el aislamiento térmico sólo con una pequeña parte del presupuesto de construcción (alrededor del 5%). Esto no sólo reduce los costos de funcionamiento, sino también los costos iniciales de los equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado, ya que reduce el tamaño de los equipos necesarios (Garza, 2016).

1.4.2. Justificación ambiental

La utilización de aislantes térmicos permite ahorrar costos de funcionamiento, lo que beneficia al medio ambiente y, en consecuencia, reduce la dependencia de los sistemas mecánicos y los contaminantes que generan (Garza, 2016).

1.4.3. Justificación social

La presente investigación se justifica debido a que el desarrollo del presente trabajo de investigación pretende dar solución a esta situación de confort en las viviendas rurales; proponiendo mejorar las condiciones de confortabilidad de las familias de la localidad; diseñando una vivienda rural bioclimática en el Anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca; para su posterior construcción; y conocer las condiciones de mejora del confort térmico de las cuales beneficiara directamente a las personas que habitan en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco, el cual les garantizara una vivienda con condiciones climáticas ideales para su vivencia.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Gama (2023) analizó el comportamiento térmico a través de la ejecución de un modelo informático tridimensional de la envolvente arquitectónica conforme a sus condiciones, así como las diversas alternativas de estrategias bioclimáticas, como las ganancias indirectas, directas e internas, que se basan en la correcta selección de los materiales y sus propiedades térmicas. Analizó el modelo informático tridimensional mediante dos herramientas, Design Builder 6.0 y Revit con su complemento insight 360, con el objetivo de determinar si esta última es igual de eficaz que el Design Builder 6.0. En los resultados indica que todos los meses se observó una variación térmica constante y notable de la temperatura de la temperatura exterior, que el SC podía reducir normalmente hasta en un 50%. Sin embargo, esta temperatura operativa fue incapaz de mantenerse dentro de la zona de confort.

Hernández, (2018) propuso una estrategia que busca establecer una conexión adecuada entre la Arquitectura y el entorno circundante. Para lograr este equilibrio, se enfoca en comprender tanto el contexto como el edificio en sí, utilizando simulaciones en software especializados que se basan en la arquitectura existente. Esta metodología se apoya en el estándar del ASHRAE 55, con el objetivo de generar datos cuantitativos que faciliten una intervención efectiva en la problemática, desarrollando así estrategias de diseño pasivas. En su estado actual, compone de dos materiales usados con frecuencia en la construcción, el cristal en 80% aplicado en la fachada externa y el concreto en 20% como componente estructural y divisorio.

Es su estudio determino, primer material, fachada (bahareque) particiones internas (ladrillo de arcilla) cubierta (tejas de barro) acabado de entrepiso (cerámica), dando un porcentaje de confort de 87.9%. Segundo material, fachada (muro de ladrillo), particiones internas (drywall (muro falso)), cubierta (tejas de barro), acabado de entrepiso (tablón de arcilla), dando un porcentaje de confort de 83.8%. Tercer material, fachada (muro de bloque), particiones internas(madera), cubierta (tejas de barro), acabado (piedra natural), dando un porcentaje de confort 76.3%.

Mecott, (2007) en su estudio diseño una vivienda bioclimática con paneles modulares de ferrocemento y evaluó por medio de simulación térmica dinámica las ventajas de uso potencial como aislante del olotecemento y el vidrio volcánico-cemento, como alternativa para lograr condiciones de confort térmico y ahorro energético en la ciudad de Oaxaca, Oax. Los resultados señalan que el uso de vidrio volcánico como aislante térmico conlleva un ahorro energético aproximado del 9.7% en comparación con el uso de olote, y del 17.87% en comparación con el aire combinado con tablaroca en la cara interior. La combinación de diseño bioclimático y la implementación de un sistema constructivo que incluye muros y cubiertas de paneles modulares de ferrocemento y vidrio volcánico-cemento resulta en un ahorro energético del 47%, en contraste con una vivienda estándar que utiliza muros de bloque de cemento y cubiertas de concreto reforzado aligeradas con casetones de poliestireno.

2.1.2. Nacionales

Lopez et al., (2022) examinaron la efectividad de emplear planchas de corcho como revestimiento en el interior de viviendas prefabricadas. El estudio se llevó a cabo en el AA. HH Ticlio Chico, una zona caracterizada por bajas temperaturas, alta humedad relativa cercana al 100% y una sensación térmica promedio de aproximadamente 8.5°C. Se desarrolló un ensayo experimental utilizando tres prototipos de vivienda a escala reducida, cada uno con diferentes grosores de planchas de corcho, los cuales fueron sometidos a variaciones de temperatura. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis térmico dinámico del modelo numérico del prototipo. Finalmente, se compararon los registros de temperatura obtenidos tanto experimental como numéricamente, lo que permitió determinar la eficacia del uso de planchas de corcho como revestimiento. Este estudio representa una contribución significativa para mejorar el confort térmico en viviendas.

Peña, Roman & Quispe, (2017) Se elaboró una propuesta sustentable de aislamiento térmico para las viviendas en la comunidad de Cupisa, basada en tecnologías de aislamiento con el objetivo de mitigar los efectos de las heladas y mejorar el confort térmico. Anteriormente (sin aislamiento), la temperatura en el interior fluctuaba entre 3°C y 12°C desde las 4:30 am hasta las 6:00 pm, mientras que en el exterior oscilaba entre -10°C y 10°C. Posteriormente (con aislamiento), la temperatura en el interior se mantuvo entre 8°C y 14°C durante el mismo período, mientras que en el exterior se mantuvo entre -10°C y 10°C. Se observa que la temperatura dentro de la vivienda aumentó con el uso del aislamiento, lo que constituye una medida que ayudará a reducir la incidencia de enfermedades, especialmente la neumonía, así como el número de personas afectadas y las muertes relacionadas. El aislamiento utilizado consistió en fibras, cola sintética, aserrín y geomallas.

Silv, Depaz & Alva, (2017) en su estudio se plantearon mejorar las condiciones de confort térmico en una vivienda en uso en la ciudad de Huaraz, con el aprovechamiento de la energía solar pasiva. Donde determinaron las características de temperatura y humedad relativa. Usaron como aislante térmico y acústico, usaron un vidrio aislante como cerramiento del balcón, de dimensiones 3.92 m de ancho por 2.20 m de alto, con estructura de soporte metálica. En su resultado obtuvieron, en la sala la humedad relativa antes de la intervención llegaba 43%, mientras que después muestra valores hasta 33%. La temperatura interior antes llegaba a 17.9°C, mientras que después de la intervención llega a 21.6°C. En el comedor, la humedad relativa antes de la intervención llegaba a 43%, mientras que después muestra valores hasta 33%. La temperatura interior antes llegaba a 17.9°C, mientras que después de la intervención llega a 21.6°C. Dormitorio, la humedad relativa antes de la intervención era de 50%, mientras que después llegaba a 46%.

2.1.3. Regionales

Wieser, Rodríguez y Onnis (2021) idearon, edificaron y confirmaron, en colaboración con los habitantes locales, un modelo bioclimático y resistente a los terremotos en la comunidad de Orduña, Puno, Perú. Este informe se enfoca en las estrategias pasivas bioclimáticas implementadas en el prototipo, demostrando la viabilidad de alcanzar confort térmico en condiciones extremas mediante el uso mayoritario de materiales locales y naturales. Con las medidas adoptadas, la temperatura interior aumenta en 5°C en comparación con la etapa inicial y, de manera significativa,

alcanza mínimos de 10°C durante los períodos más fríos, aproximadamente 15°C más cálidos que las condiciones exteriores. Los materiales aislantes utilizados fueron piedra (con un grosor de 30 cm) y adobe (con un grosor de 42 cm).

Espinoza et al., (2009) en su investigación, emplearon diferentes materiales como aislantes térmicos para los pisos y techos de los ambientes estudiados. Para los pisos, utilizaron una combinación de cama de piedra (con un espesor de 15 cm), aire (con un espesor de 6 cm) y tablas de madera (con un espesor de 2 cm). Para los techos, implementaron una configuración tipo sándwich compuesta por calamina metálica, paja y planchas de fibrocemento. En la vivienda modificada, se registraron mínimas de temperatura del aire en el dormitorio 1 y en la cocina de aproximadamente 9°C y 11°C respectivamente, en promedio. Estos valores representaron un aumento de aproximadamente 6°C para el dormitorio 1 y 8°C para la cocina en comparación con los registros del año 2008. Se concluyó que es factible elevar la temperatura del aire en el interior de las viviendas rurales en las zonas altoandinas desde condiciones infrahumanas (mínimos de 3°C) hasta condiciones adecuadas para el medio (mínimos de 11°C), utilizando para ello materiales constructivos apropiados y aprovechando la energía solar como fuente de calentamiento.

2.2. Bases Teóricas de la investigación

2.2.1. Aislantes térmicos

Podemos decir que protegen tanto del calor como del frío, ya que tienen una gran resistencia a la transferencia de calor, lo que disminuye la cantidad de calor que se transfiere a la cara opuesta. Un material se considera aislado térmicamente si su resistencia es superior a 0.25 m²K/W y su conductividad térmica inferior a 0.050 W/mK. Los parámetros de diseño serán, en general, los especificados para una temperatura de 10°C y un contenido de humedad que corresponda al equilibrio con un ambiente de 23°C y una humedad relativa del 50%, salvo que se justifique lo contrario (Palomo, 2017). Existen tres métodos diferentes para transferir este calor de un lugar a otro.

Conducción: Hasta que se alcanza el equilibrio térmico, el calor se transfiere de zonas de alta temperatura a regiones de baja temperatura dentro del mismo material o entre sólidos adyacentes en contacto (Palomo, 2017).

En la figura 1, se ilustra la conducción de calor a través de una pared plana grande de espesor Δx y área A .

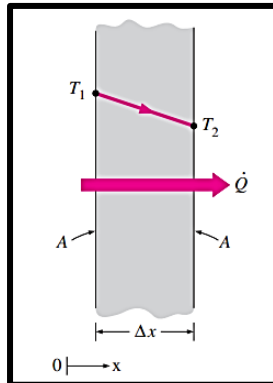


Figura 1. Conducción de calor a través de una pared plana grande de espesor Δx y área A (Cengel, 2007).

Convección: la transmisión de calor se produce por los movimientos de la masa de un fluido.

En la figura 2, se ilustra la transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección

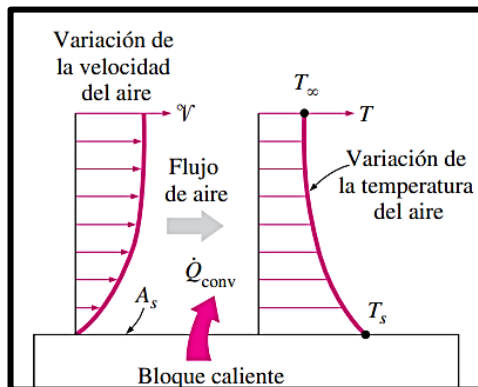


Figura 2. Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección (Cengel, 2007)

Radiación: es la liberación de energía por ondas electromagnéticas que se crea en cualquier cuerpo cuando alcanza una temperatura determinada. No es necesario que el emisor y el receptor entren en contacto (Palomo, 2017).

La radiación máxima que puede desprender una superficie a una temperatura determinada se muestra como radiación de cuerpo negro en la figura 3.

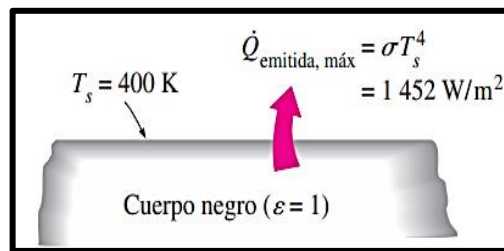


Figura 3. La mayor cantidad de radiación que puede desprenderse de una superficie a una temperatura dada se conoce como radiación de cuerpo negro. (Cengel, 2007).

2.2.2. Propiedades de los aislantes

Los materiales aislantes se clasifican según las características que los distinguen de la competencia y los hacen ideales para una determinada solución constructiva (Palomo, 2017). Podemos acercarnos a la comprensión y al objetivo del estudio examinando las características compartidas de estos materiales, así como las cualidades que los hacen únicos entre el grupo de los aislantes.

Estos materiales tienen la propiedad común de tener aire en sus cavidades internas o algún tipo de gas seco encapsulado en estado inerte y quieto, lo que unido a su baja conductividad térmica les hace merecedores de la denominación de materiales aislantes. Cada material aislante presentará circunstancias diferentes. Como hemos indicado anteriormente, cada uno presentará unos valores mínimos o máximos dentro del rango de consideración del aislante térmico para baja conductividad térmica (Palomo, 2017). Otras de las cualidades a destacar de estos elementos:

- Transmitancia térmica (U): Característica física que mide cuánta energía se transporta a través de un elemento en un tiempo y una superficie determinados.
- Factor de resistencia a la difusión del vapor agua (μ): Es especialmente común en los aislamientos diseñados para mantener una superficie fría; si el aislamiento deja que la humedad del aire entre en contacto con la superficie fría, puede condensarse y humedecer todo el aislamiento, provocando problemas de pérdida de aislamiento.
- Densidad (ρ): Masa de material que existe por unidad de volumen.

- Calor específico (c_p): capacidad de un material para almacenar energía por unidad de masa.
- Resistencia térmica (R_t): La relación entre el espesor del material y su conductividad térmica; cuanto mayor sea el número, mayor capacidad aislante.

2.2.3. Tipos de aislantes

a) Poliestireno

Dado que el poliestireno extruido tiene una estructura celular cerrada al 95%, ofrece unas propiedades únicas de adaptación a la humedad que no se encuentran en ningún otro material. Cuya conductividad térmica es 0.043 W/mK. El policarbonato celular es uno de los materiales que satisface las especificaciones sugeridas, pero por su diseño puede no tenerse en cuenta. Este material es más utilizado en otro tipo de cubiertas, donde puede facilitar el paso regulado de la luz y dar una idea alternativa de los espacios.

En la figura 4, se ilustra la imagen del Poliestireno

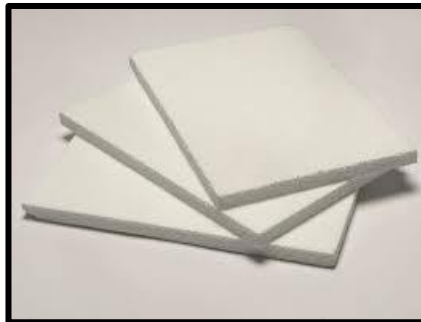


Figura 4. Imagen del Poliestireno (Cengel, 2007)

b) Yeso

Este mineral, compuesto por sulfato de calcio, está distribuido por toda la superficie terrestre. A veces se encuentra en forma de masas compactas o rocas blandas, y otras veces adopta la forma de masas terrosas. Se produce cuando la piedra de yeso o Aljez se deshidrata parcial o totalmente. Su conductividad térmica es de 0.49 W/mK (Diaz, 2020).

En la figura 5, se ilustra la pared de yeso cuyo espesor es de 5cm



Figura 5. Pared de yeso cuyo espesor es de 5cm

c) Madera

Conjuntos de células tubulares paralelas al tronco, material natural, flexible y resistente con el que generan sus troncos los diversos tipos de árboles conocidos, materia prima abundante, renovable económica y fácil de trabajar, que procesada de la manera correcta puede resistir al embate del tiempo durante muchos años, tiene una conducción térmica de $0.17 \text{ kW/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (Mier, 2013).

En la figura 6, se ilustra el piso de madera



Figura 6. Piso de madera (TECNOCORTE, 2018).

d) Vidrio (doble capa)

Combinación de las capas de vidrio y el gas denso permiten que la ventana pueda resistir con solvencia el paso del calor y frío, así también las unidades de vidrio retienen rayos solares que general calor. Económicamente es beneficioso directamente, pues se tiene un ahorro en calefacción, ventilación, aire acondicionado entre otros aparatos de vaporización (CONFORT, 2021).

En la figura 7, se ilustra el vidrio a doble capa

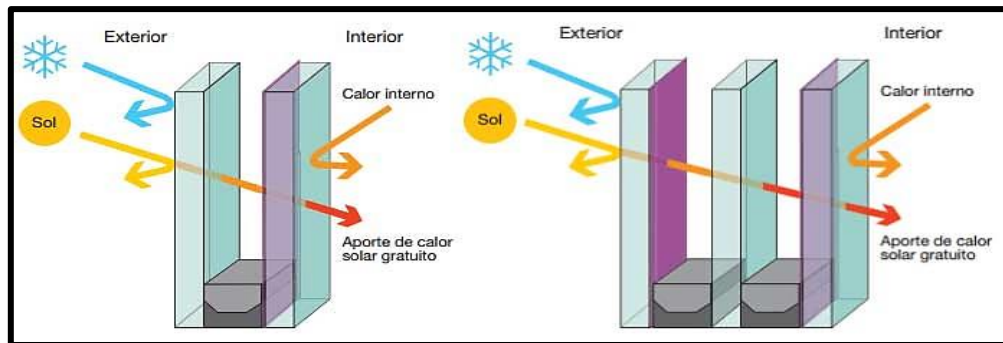


Figura 7. Ilustración de vidrio a doble capa (Ventanasinfo, 2019).

2.2.4. Vivienda bioclimática

Un entorno diseñado para proteger a sus ocupantes frente a su ambiente exterior. Dicho de otro modo, el objetivo era proporcionar confort térmico humano mediante la interacción activa con el entorno exterior (Garzón, 2007).

El estudio y la aplicación de la vivienda bioclimática, que se basa en un diseño en el que se genera un edificio con un impacto ambiental significativamente reducido sin comprometer el confort térmico humano mediante el uso adecuado de los recursos naturales disponibles y el clima local, ha ganado popularidad en los últimos años (Mestanza, 2021).

Una vivienda es un lugar donde las personas residen físicamente y pasan una parte importante de su vida. Sirve de escenario para recuperar fuerzas, crear actividades que mejoren las conexiones socioafectivas y fortalecer a la familia. La vivienda es una construcción social y cultural formada por una variedad de sistemas interrelacionados que se combinan para crear entornos vitales únicos (Vilca & Ticona, 2022).

La vivienda, según Vilca y Ticona (2022), es algo más que un lugar donde resguardarse del mal tiempo. La definición de vivienda debe tener en cuenta el nivel de avance de la sociedad en términos tanto materiales (tecnológicos y científicos) como espirituales (culturales). La vivienda debe ser un lugar adecuado, limpio y seguro donde las personas puedan realizar sus objetivos y actividades de forma coherente con la evolución de la sociedad.

El edificio que más influye en la calidad de vida de los residentes es la vivienda; una vivienda de mala calidad repercute en la educación y la salud. Si

lo anterior es cierto, vivir en una vivienda inestable e insegura repercutirá en el bienestar físico y emocional de las personas, especialmente de los grupos más vulnerables, como los ancianos y los niños. Por consiguiente, la vivienda tiene que ofrecer calor, comodidad, seguridad, cercanía y relajación y bienestar, además de confort térmico, ya que, en palabras de Morin (1999), es un lugar para la "humanización del hombre" desde los inicios de la existencia humana.

2.2.5. Condiciones mínimas para que una casa sea bioclimática

Para ofrecer una mayor calidad de vida, la vivienda también debe ser sostenible y construirse utilizando normas y métodos respetuosos con el medio ambiente que beneficien a la comunidad local (Garzón, 2007). Si un edificio cumple los siguientes criterios, es bioclimático (con confort térmico):

- a. Proyecto bioclimático.** La casa debe cumplir los fundamentos de la arquitectura bioclimática, que incluyen el almacenamiento y la captación de energía natural, el aislamiento térmico y un sistema de protección contra la alta radiación solar estival. Para alcanzar estos objetivos, la casa debe aprovechar los recursos locales y las fuentes de energía renovables, como la ventilación y el sol (EADIC, 2012).
- b. Ventilación cruzada.** Para mantener un caudal de aire exterior suficiente y la extracción y expulsión del aire contaminado por agentes contaminantes, la residencia debe disponer de ventilación natural cruzada entre fachadas opuestas (Código Técnico de Edificación Documento Básico – HS 3).
- c. Iluminación natural.** Cada vivienda debe diseñarse con sus estancias dispuestas de forma que se maximice la entrada de luz natural y se utilicen materiales de construcción que maximicen la cantidad de sol que entra en el edificio. Las zonas de servicio deben estar en segundo orden, y los espacios residenciales en el exterior (Harman, 2010).
- d. Materiales.** Los materiales de construcción deben tener efectos negativos mínimos sobre el medio ambiente; son preferibles los materiales de origen natural (Harman, 2010).

2.2.6. Confort ambiental en viviendas

El rango de condiciones ambientales consideradas aceptables dentro de un lugar habitable, donde las personas realizan sus actividades cotidianas, puede definirse operacionalmente como confort ambiental. La falta de confort connota una sensación de dolor o incomodidad provocada, entre otras cosas, por el frío, el calor, la luminosidad, el ruido excesivo, los malos aromas y la iluminación inadecuada (Garzón, 2007).

El confort ambiental es una idea complicada porque depende de una serie de variables cuya combinación e interacción determinan si se puede alcanzar o no. Ahora es más importante que nunca tener en cuenta las normas de eficiencia energética cuando se trata de lograr el confort (Vilca, 2022).

Además de la isoterma que se alcance, el confort térmico en un hogar saludable viene determinado por una estrategia global que incluye la conservación del calor, la ventilación adecuada de las estancias de la casa, el aprovechamiento de la energía solar para obtener calor y luz, la distribución de la casa, la regulación de la humedad interior, la eliminación del humo de las cocinas, la mejora de la alimentación de la familia con un invernadero familiar y la mejora de la resistencia de la familia a las inclemencias del tiempo mediante un buen uso de sus viviendas.

A. Parámetros de influencia

Se pueden utilizar tres categorías para separar los factores que afectan al confort ambiental en general:

- a. Características físicas. como la temperatura ambiente del aire, la temperatura radiante media de las superficies del ambiente interior, la humedad relativa del aire, la presión atmosférica, el color y el olor de las superficies, la intensidad y calidad de la luz, y la cantidad de ruido (EADIC, 2012).
- b. Dimensiones humanas. como la edad, la orientación sexual y los rasgos únicos de cada persona. Las características relacionadas con la cultura, como dónde ha nacido una persona y dónde ha pasado la mayor parte de su vida, pueden influir mucho en lo cómoda que se sienta (Caudrado & Ochoa, 2021).

- c. Variables externas. El tipo de ejercicio físico en relación con la actividad metabólica, el tipo de ropa y las normas o prácticas sociales y culturales son algunos ejemplos (Caudrado & Ochoa, 2021).

B. Diagrama de Confort

Además de tener en cuenta los procesos de intercambio de calor, la formulación de los límites mostrados en esta imagen también tiene en cuenta un límite superior (75%) para evitar la condensación en los componentes ambientales más fríos. En la imagen se representa la zona de confort, tal como se especifica en la carta psicrométrica de B. Givone. La persona sentada se encuentra en una vivienda donde la temperatura del aire no se desvía considerablemente de la temperatura de la pared (menos de 1.0°C). Debe tenerse en cuenta una zona de confort (zona $V=0$) para velocidades del aire comprendidas entre cero y un máximo de $0,2\text{ m/s}$.

La zona de confort puede ampliarse para incluir zonas con un flujo de aire más rápido (al menos 1 m/s).

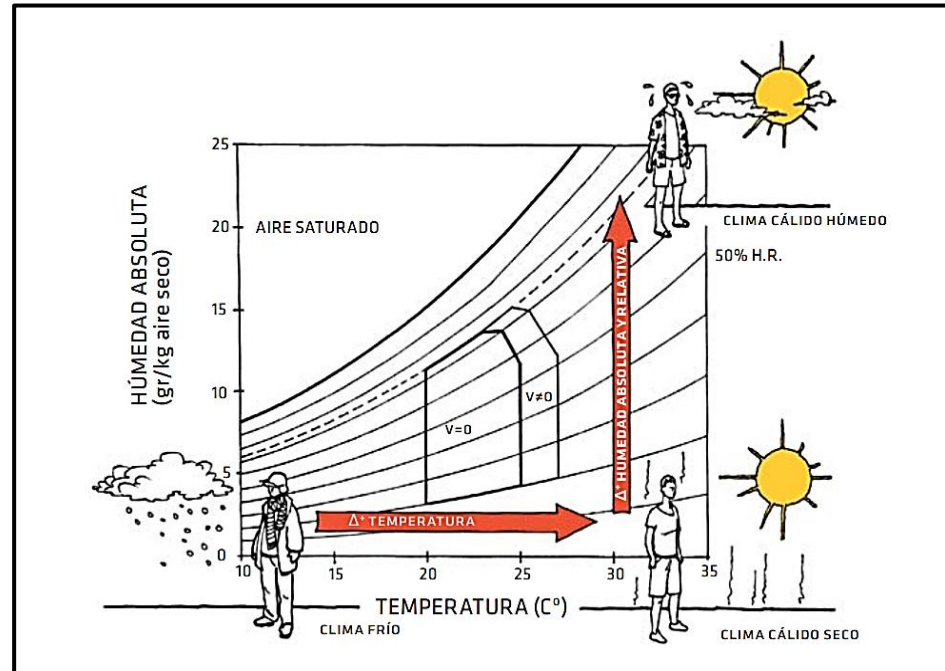


Figura 8. Diagrama de confort según B. Givoni (Givoni, 1998).

2.2.7. Representación de la trayectoria solar

La figura 9, muestra las trayectorias del Sol en relación con el planeta. La época del año influye en esta trayectoria. El solsticio de verano presenta el mayor ángulo en relación con la horizontal, mientras que el de invierno es el menor. Entre estos solsticios, el sol recorre su ruta a lo largo de todos los días. La latitud de un lugar determina los ángulos de los solsticios de invierno y verano. En la figura 9 se representan estos ángulos al mediodía solar vistos en cortes.

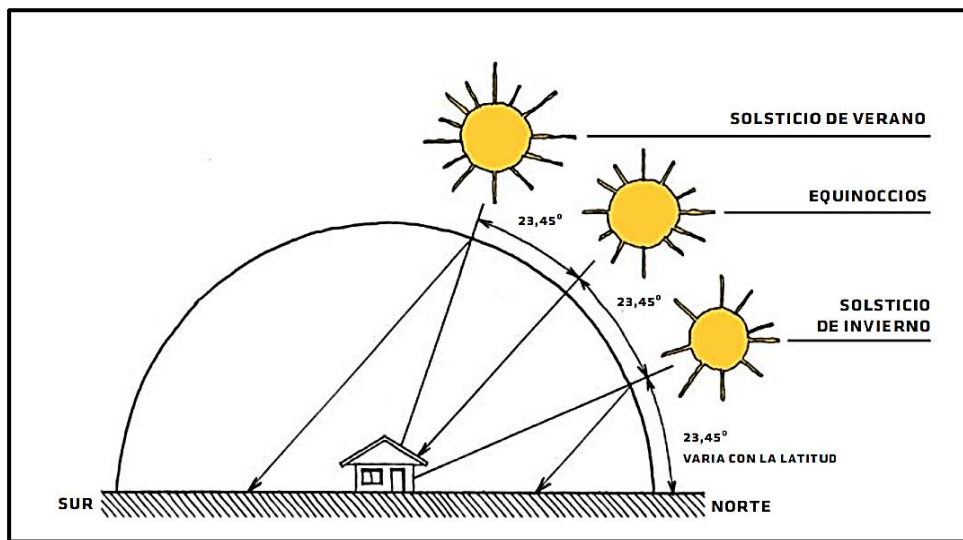


Figura 9. Trayectoria del sol (hemisferio sur) (Bustamante et al., 2009).

El curso del sol en una posición específica proyectada sobre el plano horizontal de la tierra (con una determinada latitud).

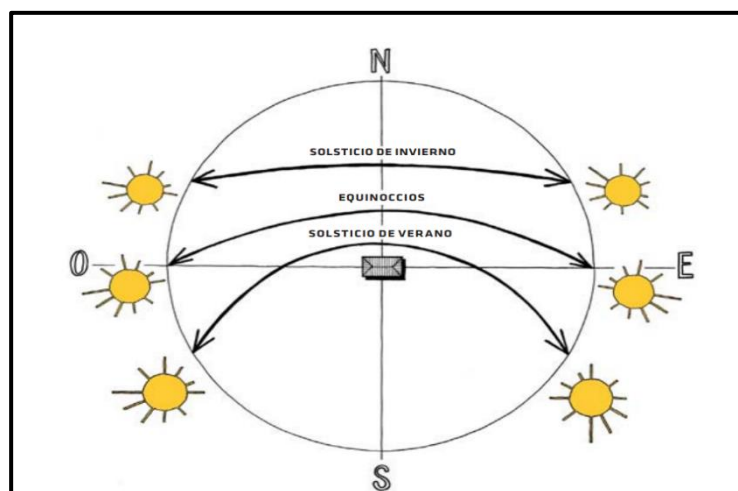


Figura 10. Trayectoria del sol proyectada en planta para equinoccios y solsticios (Bustamante et al., 2009)

El diagrama de la trayectoria solar para varias latitudes muestra cómo es la trayectoria del sol en varios días del año. Este diagrama muestra la ubicación del sol a cualquier hora y día para cualquier latitud. Los círculos concéntricos y las líneas representan el acimut y la altura solar, respectivamente.

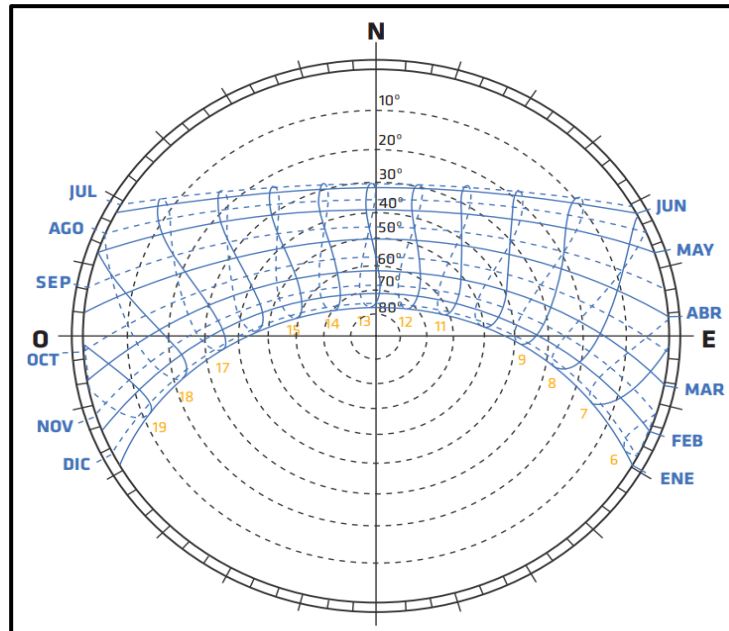


Figura 11. Diagrama de trayectoria del sol para latitud (Bustamante et al., 2009).

El horizonte (ángulo solar 0° con respecto a la horizontal) está representado por el círculo exterior. Un ángulo de 90° en la altura solar está representado por el punto central (Vilca, 2022).

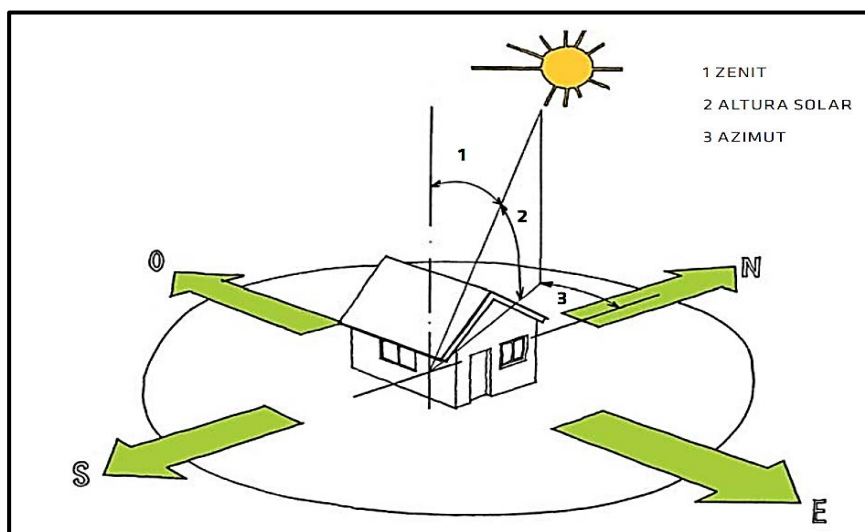


Figura 12. Ángulo de posición del sol (Bustamante et al., 2009).

La lectura de la hora del día en la que se encuentra el sol desde el amanecer en el este hasta la puesta del sol en el oeste también es posible a partir del diagrama del recorrido solar. El diagrama se ha creado sin tener en cuenta la presencia de elementos geográficos (montañas, por ejemplo). Si se conoce la posición de los distintos puntos del perfil con respecto al observador, estos elementos pueden representarse en el diagrama. Con este planteamiento, las decisiones sobre cómo distribuir las habitaciones interiores de una casa, el tamaño y la ubicación de las ventanas, la protección solar, la colocación de los sistemas de aprovechamiento y otras cosas pueden tomarse conociendo la trayectoria del sol para un sitio determinado (Vilca, 2022).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de estudio

El presente proyecto a investigar se desarrolló en el anexo Chaquena Cjuluyo, distrito de Checca – Cusco. Esto se detalla en la figura 13.

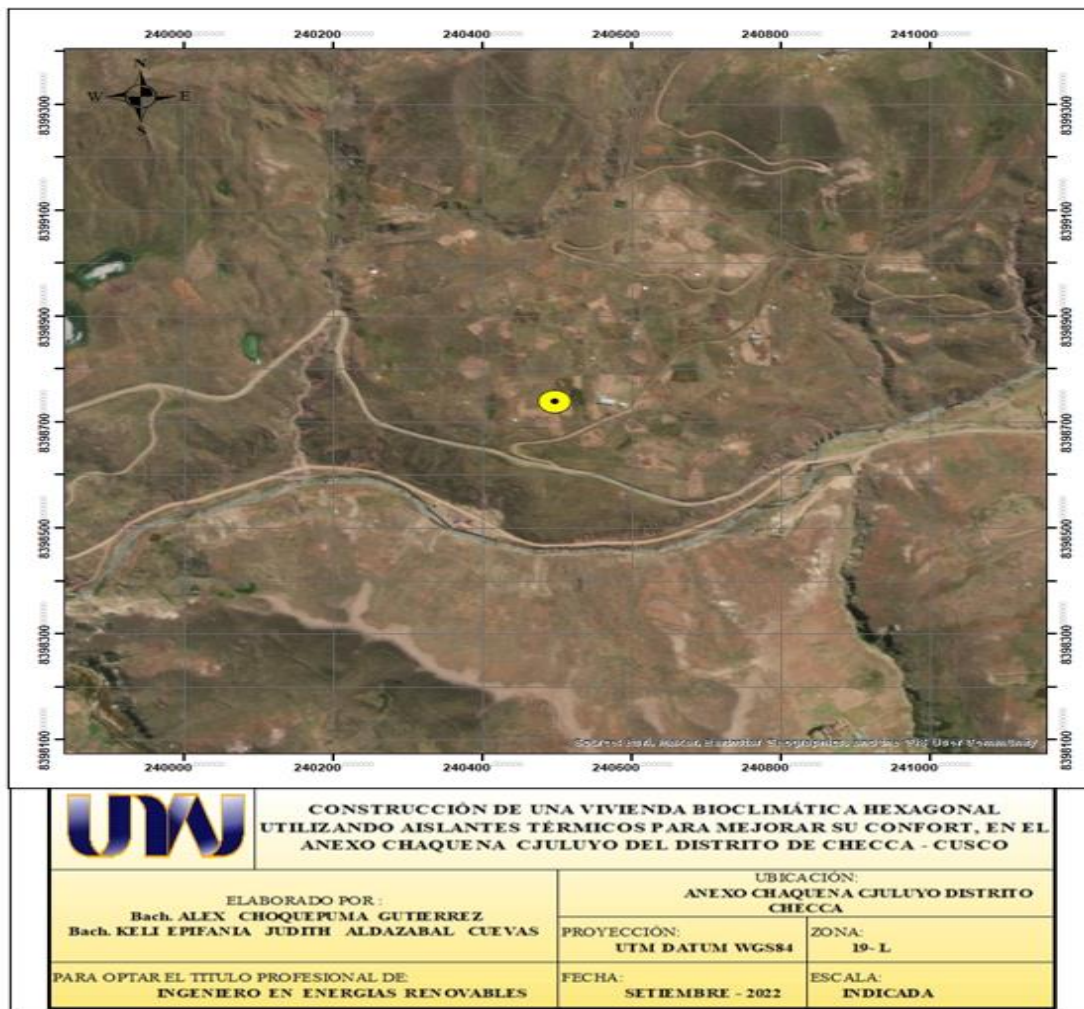


Figura 13. Ubicación del ámbito de estudio para construcción de la vivienda bioclimática (Google Earth, 2023).

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es **aplicativo** por que se buscó emplear los conocimientos referentes para la elaboración de una infraestructura de vivienda bioclimática con aislantes térmico que garantice el confort térmico de las familias (Lozada, 2016).

3.3. Enfoque de la investigación

La presente investigación es cuantitativo, puesto que se recopiló datos numéricos de las mediciones que obtuvieron (Hernández y Mendoza, 2018).

3.4. Diseño de la investigación

De tipo **experimental** ya que manipuló deliberadamente la variable independiente siendo en este caso el tipo de aislante térmico (Poliestireno, yeso y madera, vidrio a doble capa), en donde existió la intervención del investigador , de las cuales se obtuvo información primaria (Hernández y Mendoza, 2018).

3.5. Población y muestra de la investigación

3.5.1. Población

La población de la presente investigación estuvo conformada por el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco.

3.5.2. Muestra

La muestra de estudio estuvo conformada por la construcción de una vivienda bioclimática hexagonal utilizando aislantes térmicos para mejorar su confort, en el Anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco.

3.6. Procedimiento para la recopilación de los datos

3.6.1. Construcción de la vivienda

A continuación, se detalla el procedimiento de la construcción de la vivienda bioclimática hexagonal:

1. Elección de la ubicación del lugar a construir: Anexo Chaquena, distrito Checca, Provincia de Canas, ubicada en el Departamento de Cusco, cuyas coordenadas de la vivienda hexagonal bioclimática son: UTM: E 240497, N 8398739, zona 19 L.

2. Marcado del terreno: se realizó el marcado hexagonal en el terreno el 01 de diciembre del 2022 para la cimentación, con las siguientes medidas: 3 m cada lado (06 lados).
3. Recolección de piedras: se recolecto piedras de diferentes tamaños de mencionado lugar para la cimentación el 03 y 04 de diciembre del 2022.
4. Traslado de adobe: se trasladó adobe al lugar de trabajo el 06 de diciembre del 2022.
5. Se realizo la zanja de cimentación: se hizo la excavación con 50 cm de profundidad y un ancho de 40 cm el 07 y 08 de diciembre del 2022.
6. Se realizo la colocación de piedras para la cimentación con barro y se niveló la cimentación para el levantamiento del muro el 09 de diciembre del 2022.
7. Construcción de muro con adobe: para el levantamiento de los muros (06 lados) se utilizó 1200 adobes, la medida de los adobes son: 30 x 40 cm con una altura de 12 cm, la construcción se realizó del 10 al 16 de diciembre del 2022.
8. Armado de techo: el proceso de armado del techo tuvo una duración de 2 días, se hizo tijerales para cada lado de la vivienda, lo cual se realizó el 22 y 23 de diciembre del 2022.
9. Techado con calamina: 24 de diciembre del 2022.
10. Instalación de accesorios para la toma de datos de la primera fase: Colocación de puerta con medidas de 1m × 1.85 cm, nivelado de piso, instalación de los vidrios a las ventanas de la vivienda (3) y por último se realizó la colocación del Poliestireno (tecnopor) a las paredes y techo junto al enmallado con alambre a la pared; actividades realizadas del 01 al 11 de marzo del 2023.
11. Toma de datos de humedad relativa y temperatura de la primera fase: del 15 de marzo al 17 de abril del 2023.
12. Tarrajeo de pared con yeso, colocación de piso machimbrado y colocación de triplay en el techo; del 18 al 30 de abril del 2023.
13. Toma de datos de humedad relativa y temperatura de la segunda fase: del 07 al 29 de mayo del 2023.
14. Colocación de la cámara de aire de las ventanas (ventana doble capa) 11 de junio del 2023.
15. Toma de datos de humedad relativa y temperatura de la tercera fase: del 21 de junio al 15 de agosto del 2023.

A continuación, se detalla las dimensiones de la casa bioclimática hexagonal en la tabla 2:

Tabla 1.

Dimensiones de área de los componentes de la vivienda bioclimática

Ambiente	Largo	Ancho	Área total m²
Pared de adobe	30.471		30.471
Ventanas	2.0145		2.0145
Puerta	1,85	1	1.85
Piso	16.8		16.8
Techo	16.8		16.8
	Área total de la vivienda		67.9355

La figura 14 y 15 muestran la vivienda bioclimática hexagonal que se construyó en el Anexo Chaquena, distrito Checca, Provincia de Canas, ubicada en el departamento de Cusco.

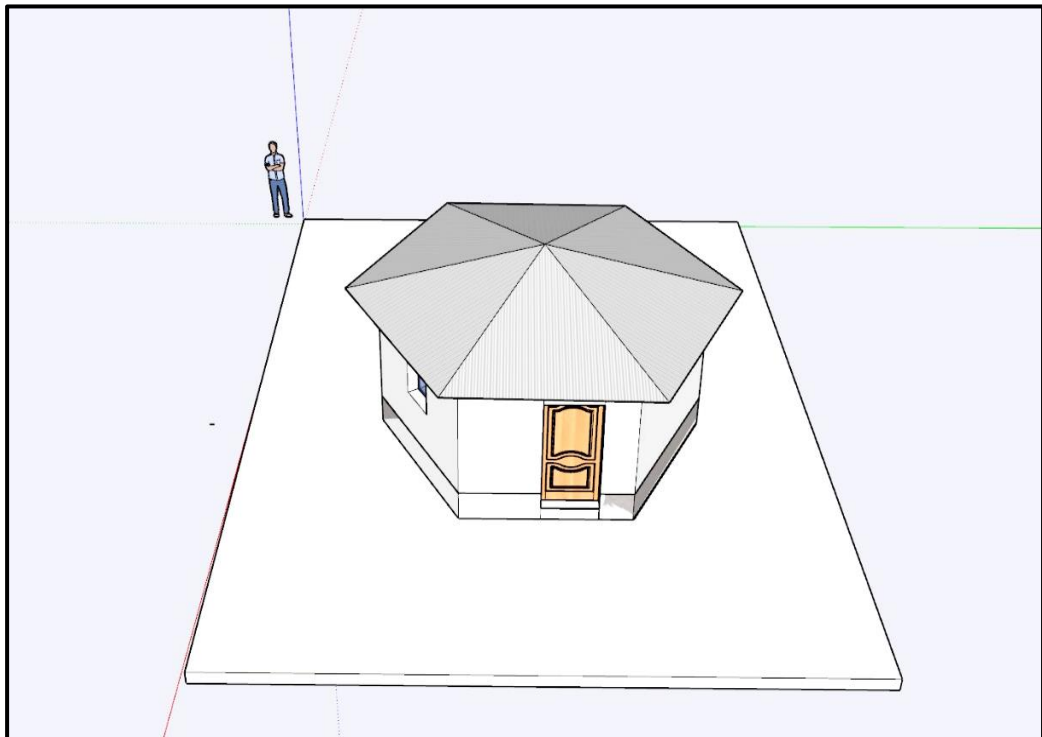


Figura 14. Vista en 3D de la vivienda bioclimática hexagonal en el programa SketchUp 3D.

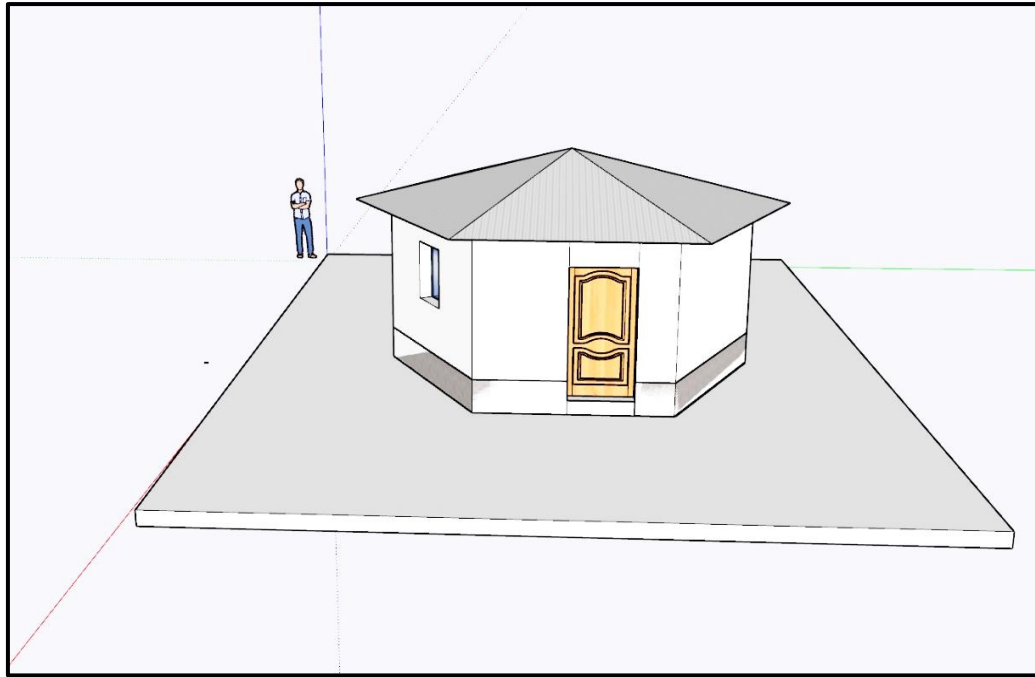


Figura 15. Vista frontal en 3D de la vivienda hexagonal hexagonal en el programa SketchUp 3D.

3.6.2. Determinación de la variación de la temperatura y humedad relativa utilizando el poliestireno, yeso y madera y vidrio a doble capa.

A. Instalación del software

- Se hizo la instalación del software de la data logger EXTECH INSTRUMENT RHT 10 GRAPH.
- Instalar el software de gráficos e instale el controlador USB suministrado PC Windows Software Datalogger colocando el programa suministrado en el disco del PC CD-ROM
- Instalación de software
Ejecute SETUP.up.exe y siga las opciones predeterminadas para instalar el RTH10
- Instalación del controlador USB
 1. Abra la carpeta raíz de la THR10.
 2. Abra la carpeta Driver\DriverUSBXPRESS y haga doble clic en USBXpressInstaller.exe.

Siga las opciones predeterminadas para cargar este controlador USBXpress.

B. Ejecución del software graficador

Con el RHT10 conectado al puerto USB de la PC, de doble clic en el icono de gráfica del registrador para ejecutar el programa. Se abre la pantalla principal de software con los iconos de la BARRA DE MENÚ descritos enseguida.

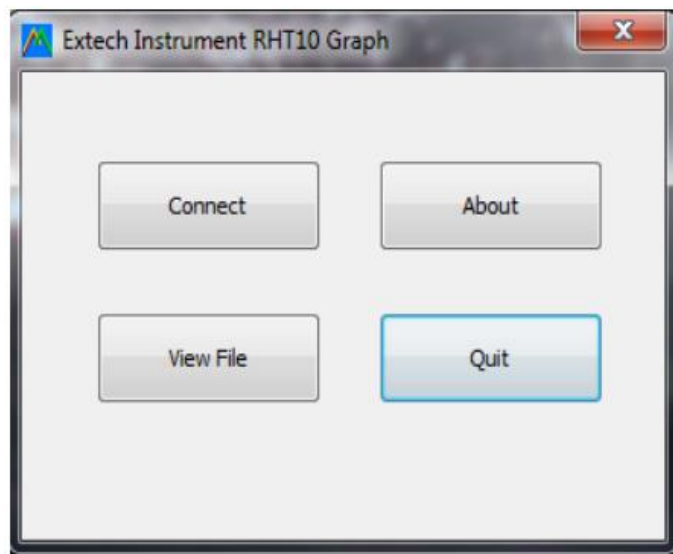


Figura 16. Barra de menu (Extech Instruments RHT10 Graph, 2023).

Pulse el botón "Connect" para abrir la pantalla principal

Pulse el botón "About" para ver el número de versión

Pulse el botón "View File" para abrir un archivo existente.

Pulse el botón "Quit" para cerrar el programa.

C. Descripción de la barra de menú

El menú principal del Software se ve de la siguiente manera:

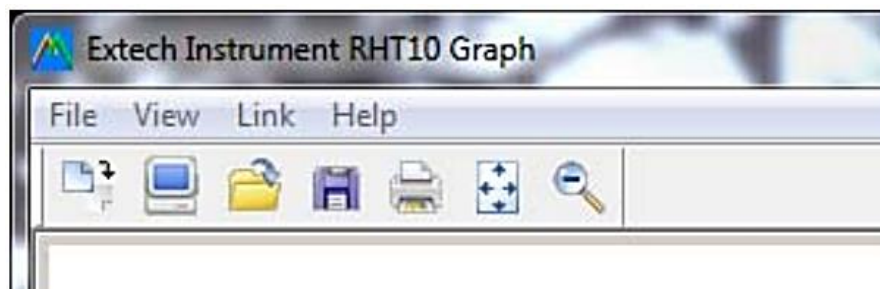


Figura 17. Menú principal del software (Extech Instruments RHT10 Graph, 2023)

De izquierda a derecha. los iconos de la barra de menú representan descargar datos, configurar registrador, abrir archivo, guardar archivo como, imprimir archivo, ver todos y zoom. además, están disponibles los menús desplegables archivo, ver, link (enlace) y ayuda. Todas estas funciones son descritas en los párrafos siguientes.

D. Configurar registrador (SETUP)

Haga clic en el icono de la computadora en la barra del menú (2do de la izquierda) o seleccione LOGGER SET del menú desplegable LINK. Se abre la ventana de configuración mostrada enseguida; directamente abajo de la ilustración encontrará las descripciones de cada campo de la ventana de configuración.

Una vez hechos los cambios, de clic en el botón SETUP para guardarlos. Presione el botón DEFAULT para ajustar el RHT10 a la configuración predeterminada de fábrica. Presione el botón CANCEL (cancelar) para interrumpir la configuración.

En este caso para la investigación se configuro de la siguiente manera:

E. Obtención de datos de T° exterior de la vivienda

La fecha por defecto está vinculada con el de la PC, y se configuro de la siguiente manera:

- Registro Nombre: T° Exterior
- DESDE: 15-03-2023 09:46:13 HASTA: 04 17-2023 07:46:13
- Puntos de muestra: 1581
- Frecuencia de muestreo: 1800 seg.
- Unidad de temperatura: Celsius
- Temperatura (LowAlarm:-20.0-HighAlarm:40.0)
- Humedad relativa (LowAlarm:35.0-HighAlarm:100.0)

F. Obtención de datos de T° interior de la vivienda

- Nombre de registro:T° INTERIOR
- DESDE:15-03-2023 09:44:28 HASTA:17-04-2023 08:14:28
- Puntos de muestra:1582
- Tasa de muestreo: 1800 seg.
- Unidad de temperatura: Celsius

- Temperatura (LowAlarm:-20.0 HighAlarm:40.0)
- Humedad relativa (LowAlarm:35.0 HighAlarm:100.0)

G. Descargar datos

Para transferir las lecturas guardadas en el RHT10 a la PC:

1. Conecte el RHT10 al mismo puerto USB usado al iniciar el RHT10.
2. Ejecute el programa de software graficador si no está operando aún.
3. Haga clic en el icono DOWNLOAD (1ro a la izquierda) o seleccione DOWNLOAD DATA en el menú desplegable LINK
4. Se abre la siguiente ventana. Presione DOWNLOAD (descargar) para iniciar la transferencia de lecturas.



Figura 18. Ventana DOWNLOAD (descargar) para iniciar la transferencia de lecturas (Extech Instruments RHT10 Graph, 2023).

Si las lecturas son transferidas correctamente, se abrirán las ventanas VIEW y SAVE (Ambas mostradas a continuación). En la pantalla SAVE (guardar), nombre el archivo y guarde en un lugar conveniente. Los datos se guardan en un archivo .rec para uso exclusivo en este programa. Más tarde, el usuario puede seleccionar SAVE AS y guardar los datos en un archivo Excel, texto o bitmap (explicado en la siguiente sección).

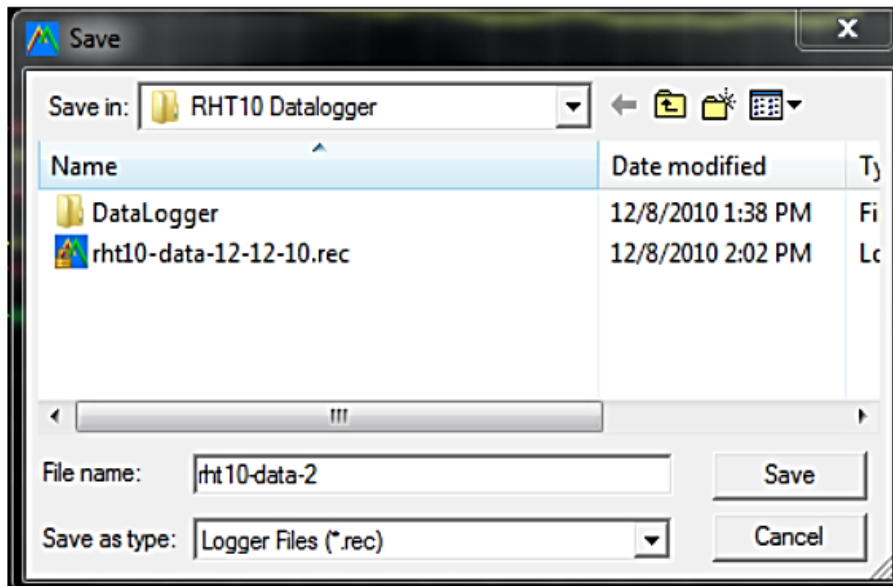


Figura 19. Ventana de guardar el archivo (Extech Instruments RHT10 Graph, 2023).

En la pantalla abajo presione VIEW (ver) para ver los datos gráficamente. Si actualmente no hay lecturas guardadas en el RHT10, el programa notificará al usuario en pantalla.



Figura 20. Ventana de view para descargar(Extech Instruments RHT10 Graph, 2023).

Al presionar VIEW se abre la ventana de Gráfico de datos. La ventana del Gráfico de datos presenta los datos transferidos en formato gráfico x-y con la Fecha/Hora representada en el eje horizontal temperatura / humedad relativa / punto de rocío / Grados por kg (con RHT10-SW opcional solamente) / límite de alarma en el eje vertical:

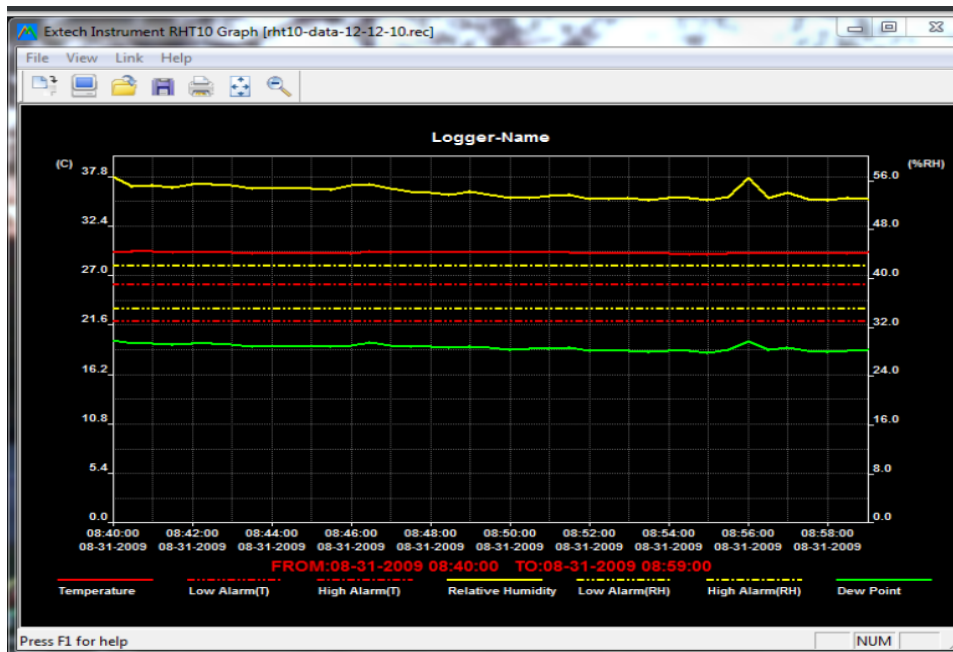


Figura 21. Gráfico de datos (Extech Instruments RHT10 Graph, 2023).

Para acercamiento (zoom) y alejamiento de las regiones de datos hay varias opciones:

1. Use el ratón para hacer clic y arrastrar una caja alrededor del área de datos para aumentar el área seleccionada.
2. Haga clic en el icono de la lupa en la barra del menú
3. Seleccione VIEW ALL (ver todos) o ZOOM OUT (alejarse) en el menú desplegable VIEW.

H. Abrir archivo, guardar archivo

Para guardar los datos transferidos en un formato diferente al formato propietario rec, haga clic en el icono "Guardar como" en la barra de menú (4to de la derecha) o seleccione Guardar como en el menú desplegable Archivo. Puede guardar los datos en los formatos siguientes:

Archivo de Texto (.txt)

Archivo de Excel (.xls)

Archivo de Mapa de Bits (.bmp)

Para abrir un archivo existente para ver en la ventana de gráfico de datos, haga clic en el icono ABRIR ARCHIVO en la barra de menú (3ro de la izquierda) o seleccione ABRIR ARCHIVO en el menú desplegable ARCHIVO. Cuando se le pida, seleccione un archivo .rec guardado previamente.

Para determinar la temperatura y humedad relativa se utilizó el termómetro en el interior y exterior de la vivienda construido con poliestireno, yeso y madera y vidrio a doble capa. Posteriormente se utilizó estos datos para determinar la variación de la temperatura y humedad, donde consistió en tabular los parámetros de temperaturas promedio máximas y mínimas, así como el promedio mensual, el promedio máximo y el promedio mínimo de la humedad relativa. Con esta información se determinó la zona de confort térmico de la vivienda del anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca- Cusco.

3.6.3. Metodología de cálculo para el confort térmico

A. Variación de temperatura

Para el cálculo de la variación de la temperatura debemos conocer los datos de la temperatura máxima y mínima registrada en la estación meteorológica ubicada en la zona de estudio (Ministerio de Fomento, 2015).

$$\Delta T = T. max. - T. min. \quad (1)$$

Donde:

$\Delta T =$ Variacion de Temperatura

$T. Max. =$ Temperatura maxima

$T. Min. =$ Temperatura Minima

B. Capacidad térmica de los materiales

Es la cantidad de calor que este puede almacenar por unidad de volumen, para elevar la temperatura en 1°C el cual se expresa de la siguiente Kcal /m³ °C ó Wh/ m³ °C, y la capacidad térmica de un material está representada con la letra “Y” está siendo equivalente al producto del calor específico por la densidad del material (Asencio, 1998).

Tabla 2.

Capacidad térmica de los materiales en común

Materiales	Calor Especifico	Densidad	Y
Adobe	0.22	1200	264
Tierra	0.21	2000	420
Arena	0.19	2000	380
Piedra	0.20	900	180
Agua	1.00	1.00	1.000
Madera	0.45	560	252
Yeso	0.31	1450	450
Vidrio	0.20	2700	540

Fuente: Acero (2016).

La capacidad de almacenaje térmico de un material se puede determinar por la siguiente formula (Asencio, 1998):

$$Q_{at} = V * Y * \Delta T \quad (2)$$

Donde:

Q_{at} = Capacidad de almacenaje térmico de un material

V = Volumen del material

Y = Capacidad Térmica

ΔT = Diferencia de la temperatura a la que están expuestos °C

C. Coeficiente de conductividad térmica (λ)

Se define como la cantidad de calor que atraviesa 01 m² del material estudiado con un espesor de 1.0 m, durante un tiempo de 1 hora y para una diferencia de temperatura de 1 °C entre las 2 caras.

Tabla 3.*Coefficiente de conductividad térmica*

	Materiales	λ (Kcal/m.h. °C)
Piedra	Granito	2.70 – 3.50
	Areniscas y arcillas	1.50
	Mármol	1.80 – 3.00
	Pizarra	1.80
	Grava de piedras grandes compactadas	2.50
	Arena seca	0.500
	Cerámicos	Ladrillo macizo
Ladrillo hueco		0.350
Teja común		0.260
Baldosa y azulejos corrientes		0.900
Concretos y Aglomerantes		Revoques de cemento
	Estuco de yeso	0.480
	Mortero de cemento	1.20
	Concreto armado	1.30
Metales	Zinc (calamina)	95.00
	Aluminio	175.00
	Hierro	45.00
	Plomo	30.00
Madera	Madera corriente	0.14 – 0.33
	Madera Pino	0.150
Materiales Téreos	Adobe	0.22
Materiales Aislantes	Corcho aglomerado	0.028 – 0.032
	Poliestireno (tecnopor)	0.028 – 0.041
	Cámara de aire	0.28

Fuente: (Asencio, 1998).

D. Coeficiente de resistencia térmica

Es la resistencia que opone cada material de paso del calor, la misma que es proporcional a su espesor (m) e inversamente proporcional a su conductividad expresado en W/m²·K. Empleando la fórmula encontrada en (Ministerio de Fomento, 2015).

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3)$$

Donde:

e = Espesor (m) en caso de un espesor variable de un material se considera el promedio.

λ = Coeficiente de conductividad térmica.

E. Resistencia térmica total (RT)

La resistencia térmica del componente constructivo por capas térmicamente homogéneas se calcula mediante la expresión (Ministerio de Fomento, 2015).

$$RT = R_{si} + R_1 + R_2 + R_n + \dots + R_{se} \quad (4)$$

Donde:

RT = Resistencia térmica Total del componente constructivo ($W/m^2 \cdot K$)

$R_1 + R_2 + R_n$ = Resistencias térmicas de cada capa de material definido

$R_{si} + R_{se}$ = Las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla 1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio.

Para calcular la resistencia térmica superficial interior (R_{si}) y resistencia térmica superficial externa (R_{se}), se utilizan los siguientes valores $R_{si}=0.06 W/m^2 \cdot K$ y $R_{se}=0.11 W/m^2 \cdot K$ (establecido en la norma EM.110 Confort térmico y lumínico).

F. Coeficiente de transmisión térmica (U)

Es la cantidad de energía calórica que pasa, en la unidad de tiempo (flujo), por grado de diferencia de temperatura que hay entre dos ambientes, separados por un elemento y por cada unidad de área. Es la inversa de la resistencia térmica total del cerramiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

$$U = \frac{1}{RT} \quad (5)$$

Donde:

U: Coeficiente de transmisión térmica ($W/m^2 \cdot K$)

e : espesor del material (m)

RT: Resistencia térmica total

3.6.4. Cálculo de pérdidas de calor

A. Pérdida por trasmisión

La causa fundamental que define estas pérdidas está dada por los materiales que componen los cerramientos exteriores (Asencio, 1998).

$$P_t = A \times U \times \Delta T \quad (6)$$

Donde:

Pt: Perdida por trasmisión

A: área en m²

U: coeficiente de trasmisión

ΔT = Diferencia de la temperatura a la que están expuestos °C

B. Perdidas por infiltración

Ocurre por intercambio y renovación de masas de aire entre el interior y el exterior. Es decir, cuando el aire frío del exterior penetra al interior de la vivienda por rendijas o diferencia de alturas en los vanos y su marco respectivo, el mínimo calor de infiltración es de 0.5 renovaciones / hora (Asencio, 1998).

$$P_{inf} = V \times C/H \times K \times \Delta T \quad (7)$$

Donde:

Pinf: Perdida de infiltración

V: Volumen de los ambientes m³

C/H: Cambios cada hora

K: Constante 0.29

ΔT = Diferencia de la temperatura a la que están expuestos °C

3.6.5. Simulación térmica de la vivienda bioclimática hexagonal

A. Datos generales del proyecto

a.1. Ubicación del proyecto

El proyecto queda ubicado dentro del distrito de Checca, provincia de Canas, ubicado en el departamento de Cusco. Tiene como coordenadas geográficas a 14°28'18.25"S y 71°24'26.53"O y se ubica a 3810 m.s.n.m.

a.2. Condiciones de evaluación

Se buscó calibrar el modelo por fases para que pueda servir cuando se le aplique otras cargas internas (personas y equipamiento) y usos más específicos.

a.3. Construcción de la vivienda hexagonal

Para la simulación se utilizó los datos que se detalla en la figura 22.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		Exterior Floor	Interior Floor	Exterior Wall	Exterior Roof	Interior Ceiling	Exterior Window	Exterior Door
Outside Layer		TIERRA	TECNOPOR	YESO	CALAMINA	TRIPLAY	Vidrio Corriente 4mm	Madera
Layer 2		Madera	TRIPLAY	ADOBE		TECNOPOR	Air 2cm	
Layer 3				TECNOPOR			Vidrio Corriente 4mm	
Layer 4				YESO				
Layer 5								
Layer 6								

Figura 22. Datos de la construcción de la vivienda para la simulación (EnergyPlus, 2023).

B. Análisis energético térmico del edificio

b.1. Determinación carga térmica

- Cálculo de las cargas térmicas

Se realizó por medio de una simulación en el programa Energy Plus.

- Plantillas grafica de carga térmica

A continuación, se presentan la plantilla que se utilizó para determinar las ganancias y pérdidas de calor en la vivienda hexagonal tanto para una vivienda base (sin aislamiento) como para la vivienda hexagonal mejorada.

	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
Vivienda hexagonal con aislamiento	0	0	0	375.355	-67.45	1025.252	-57.53	69.044	-1278.66	0.016	-66.01
Vivienda Hexagonal sin aislamiento (Base)	0	0	0	394.534	-136.79	0	0	7.584	-3747.59	3482.252	0

Figura 23. Ganancia y pérdida anuales por zonas térmicas para la vivienda (vivienda bases y vivienda hexagonal mejorada (EnergyPlus, 2023)).

b.2. Determinación y requisitos de confort térmico adaptivo

Sobre este aspecto procedimental, se tomó como base, cargas térmicas razonables para una ocupación promedio, así como datos meteorológicos del SENAMHI de la estación meteorológica más cercana.

Se utilizó la información de la estación meteorológica SAUSAYA obtenidos del SENAMHI, debido a que se ubica en una altitud similar.

Dado que no es posible usar el modelo de confort adaptativo ASHRAE 55:2020, puesto que la temperatura se encuentra por debajo de los 10° C se encontró la temperatura operativa horaria con el programa Energy Plus, y se verificó cuántos grados centígrados son necesario subir entre 1 de enero y 25 de octubre del 2023, bajo el precepto de una línea base de 16.

Para los climas más fríos (Heladas, y Sierra) se evalúa el riesgo de las bajas temperaturas, por tanto, se debe de confirmar que hay una mitigación adecuada. Según la evaluación realizada, se toma en cuenta los requisitos térmicos, se ha aplicado el cálculo de las cargas de calefacción y refrigeración mediante el uso del DTS (Dynamic Thermal Simulation) Energy Plus V.8.8. Se recalca, tal como se detalló en puntos anteriores que el modelo de confort térmico adaptativo no es aplicable a lugares donde la temperatura media se encuentre por debajo de 10°C, como sucede muchas horas en el año.

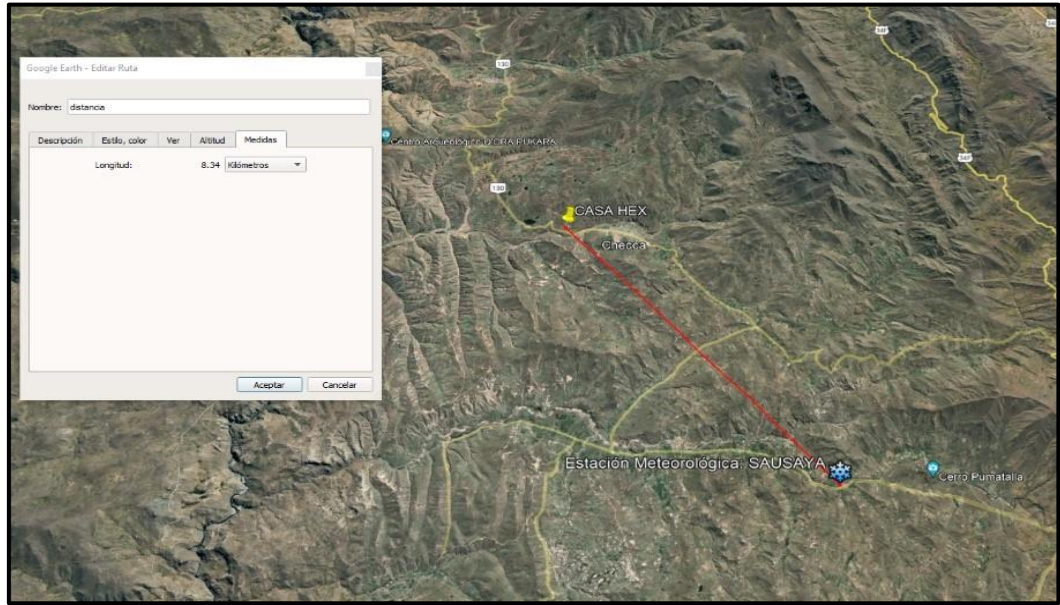


Figura 24. Ubicación de la estación meteorológica Sausaya y Ubicación de la vivienda hexagonal (Earth, 2023).

COSTA	SIERRA	SELVA	COSTA	SIERRA	CIUDAD	Altitud (mnm)	distancia al mar (kms)	Grado Día Enfriamiento Dia/Año (CDD10)	Grado Día Calentamiento Dia/Año (HDD18)	SEGÚN ASHRAE 169/2013
					BELLAVISTA	94		6486.0	0.0	0
					ANAZONAS-LORETO	113		6411.1	0.0	
					BAGUA CHECA	397		6349.1	0.0	
					POCALLPA	365		6229.7	0.0	
					MOROPOMI	240	109.0	6062.4	0.0	
					TARAPOTO	382		6059.0	0.0	
					PUERTO MALDONADO	209		6038.2	2.3	
					PIURA	34	43.0	5846.9	0.0	
					CHELUCANAS	89	94.2	5732.5	0.0	
					TUMBES	6	8.3	5517.2	0.0	
					JAEN	618		5513.4	0.0	
					QUILLABAMBA	1001		5266.6	0.0	
					PAITA	7	1.4	5234.8	0.1	
					TINAYONES	182		5048.9	2.9	
					POZUZO	746		5030.0	0.0	
					MOYOBAMBA	879		4962.4	0.0	
					PALPA	340	54.5	4703.1	32.7	
					ICA	407	48.0	4426.8	55.3	
					LAMBAYEQUE	118	27.6	4418.5	11.7	
					ILO	96	1.3	4220.4	107.4	
					CARUMAS - MOQUEGUA	3055		3929.3	20.7	
					CHINCHA	71	6.0	3893.7	140.9	
					LONJA UTCUBAMBA	1467		3863.9	78.7	
					ANTIQUOIA - LIMA	1516		3837.3	12.5	
					TRUJILLO	44	5.0	3779.5	31.6	
					HUANUCO	1947		3775.9	17.4	
					LIMA	123	6.6	3549.5	233.8	
					PARACOTO	1312		3365.2	60.3	
					CHAMANA	1228		3321.6	59.4	
					TACNA	538	38.7	3217.1	435.8	
					CHIRINOS SAN IGNACIO - CAJAMARCA	1772		3176.3	81.6	
					EMILIO VALDIZAN - HUANUCO	1672		3143.0	89.7	
					OXAPAMPA	1801		3043.8	156.0	
					AREQUIPA	2326		2638.7	451.7	
					WALLAPAMPA	2470		2601.4	580.9	
					CHOTA	2468		2329.4	701.7	
					URUBAMBA	2850		1949.1	1081.0	
					CAJAMARCA	2673		1946.2	1083.3	
					AYABACA	2648		1891.4	1138.1	
					CHAVIN	3140		1807.3	1222.3	
					CHACHAPOYAS	2442		1706.1	1323.5	
					CUTERVO	2668		1420.4	1611.1	
					VIQUES	3186		1125.8	1809.0	
					LIRICAY	3303		1125.8	1910.2	
					CUSCO	3214		1044.5	2014.5	
					RECUAY	3431		1021.7	2012.0	
					JULIACA	3838		300.3	3299.6	
					CERRO DE PASCO	4257		0.0	4515.3	

Figura 25. Grados día de calefacción y enfriamiento según ASHRAE 169 para las ciudades peruanas (SENAMHI-Energy Plus)

En la figura 25, se aplicaron los grados día de calefacción y enfriamiento conforme a la normativa ASHRAE 169, tomando como referencia la Ciudad de Juliaca, debido a la similitud observada entre el distrito de Checca. Este enfoque se adoptó con el propósito de establecer criterios prácticos que mejoren la precisión de la simulación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Variación de la temperatura y humedad relativa al utilizar el poliestireno en una vivienda bioclimática hexagonal en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco.

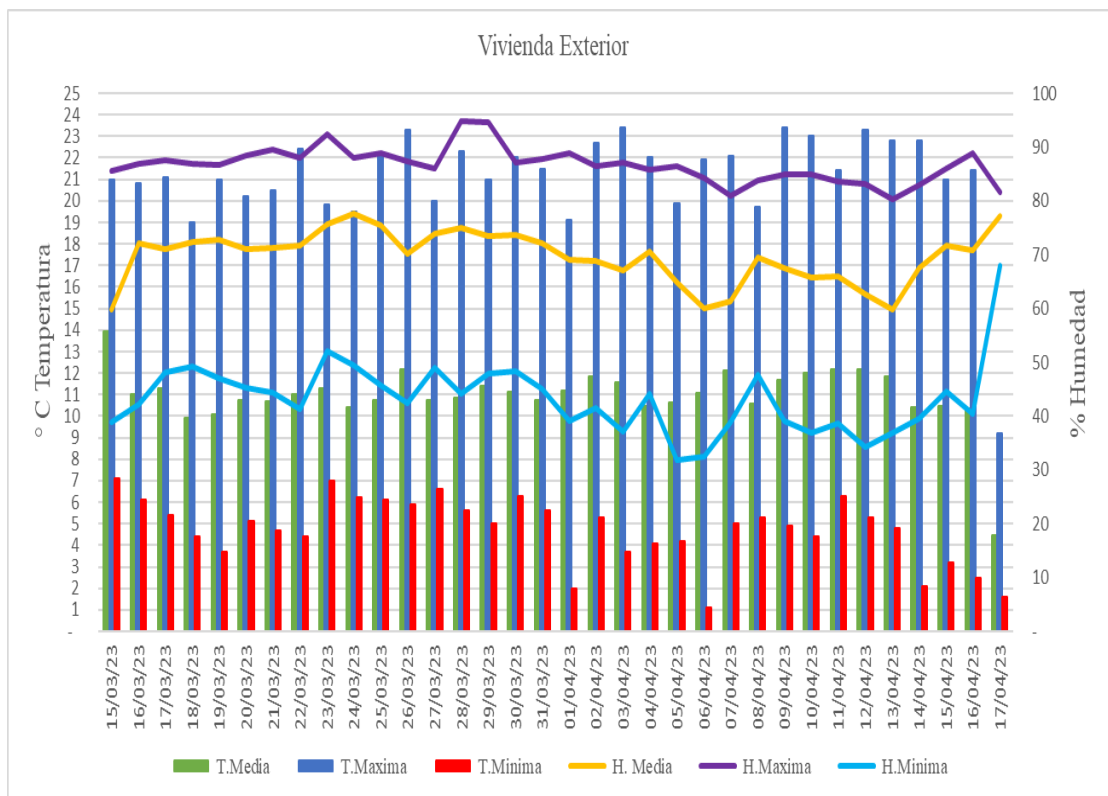


Figura 26. Temperatura y humedad diaria de la vivienda exterior en la primera fase.

La figura 26, muestra los valores de temperatura y humedad en la vivienda exterior, se evidencia valores desde el 15 de marzo al 17 de abril, donde en el mes de marzo se ha obtenido **temperatura mínima de 3.7 °C**, **temperatura máxima 22.4 °C** y temperatura media 10.92 °C.

Mientras que en el mes de abril una **temperatura mínima 1,1 ° C**, **temperatura máxima 23.4 ° C** y temperatura media 11.23 °C. Humedad en el mes de marzo, mínima fue de 38.9 %, humedad máxima 94.9 % y humedad media 72.87 %. En el mes de abril, humedad mínima 31.8 %, máxima 88.9% y media 66.59 %. Se evidencia que, en la primera fase se ha obtenido una temperatura mínima de 1.1 ° C, máxima 23.4°C y media 11.08 ° C; así mismo, una humedad mínima de 31.8%, máxima 94% y media 69.73% en la parte exterior de la vivienda

Así también en el estudio de López et al., (2022) donde se encontró menores temperaturas a comparación del estudio realizado, que varían de 3.3°C a 11.8°C, donde empleó planchas de corcho y tuvieron variaciones de temperaturas menores a 4°C. En los promedios de temperaturas por ambiente y la variación de la temperatura inicial en el interior de la vivienda se indica que la temperatura final promedio de 14.63°C, que posee una diferencia de 0.36°C a comparación de la temperatura inicial.

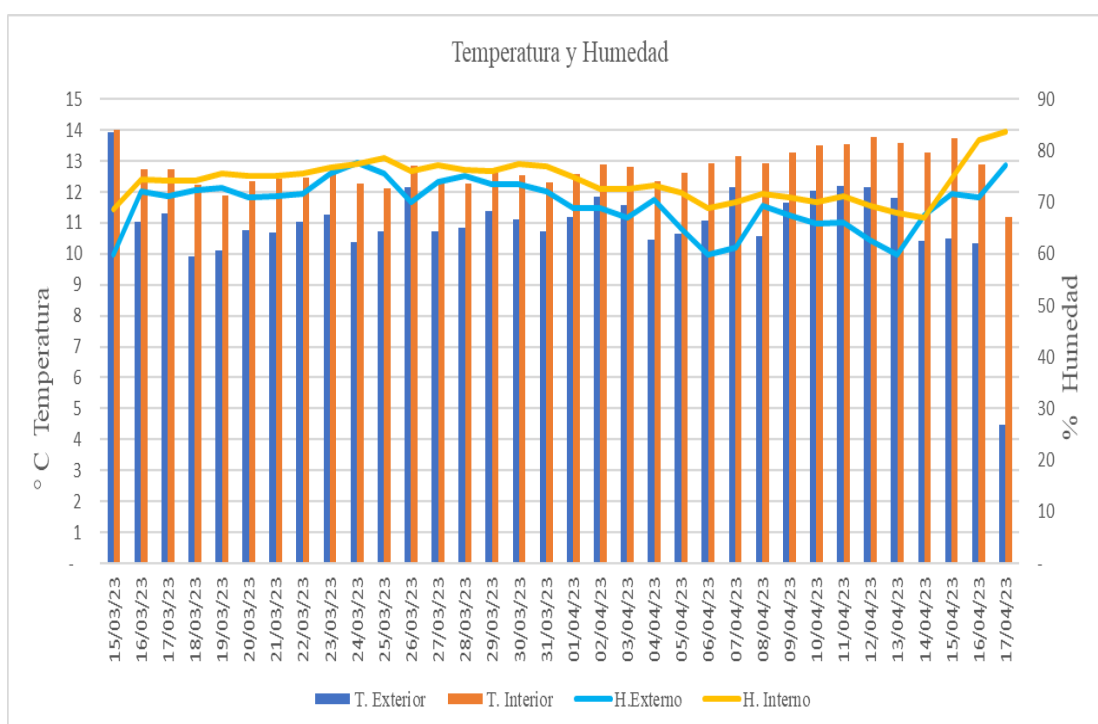


Figura 27. Temperatura y humedad diaria de la vivienda interior en la primera fase.

En la figura anterior se muestra los valores de temperatura y humedad en la vivienda interior utilizando poliestireno en una vivienda bioclimática hexagonal, desde el 15 de marzo al 17 de abril; en marzo se ha obtenido una **temperatura mínima de 10.1 °C**, **temperatura máxima 17.4 ° C** y temperatura media 12.47 °C.

Mientras que en el mes de abril una **temperatura mínima 9.7 °C, temperatura máxima 18.3 °C** y temperatura media 13.15 °C. Humedad en el mes de marzo, mínima fue de 64.7 %, humedad máxima 82 % y humedad media 76.16%. En el mes de abril, humedad mínima 55.5 %, máxima 85.9 % y media 72.24 %. Se evidencia que, en la primera fase se ha obtenido una temperatura mínima de 9.7 °C, máxima 18.3 °C y media 12.81 °C; así mismo, una humedad mínima de 55.5 %, máxima 85.9 % y media 74.22 % en la parte interior de la vivienda.

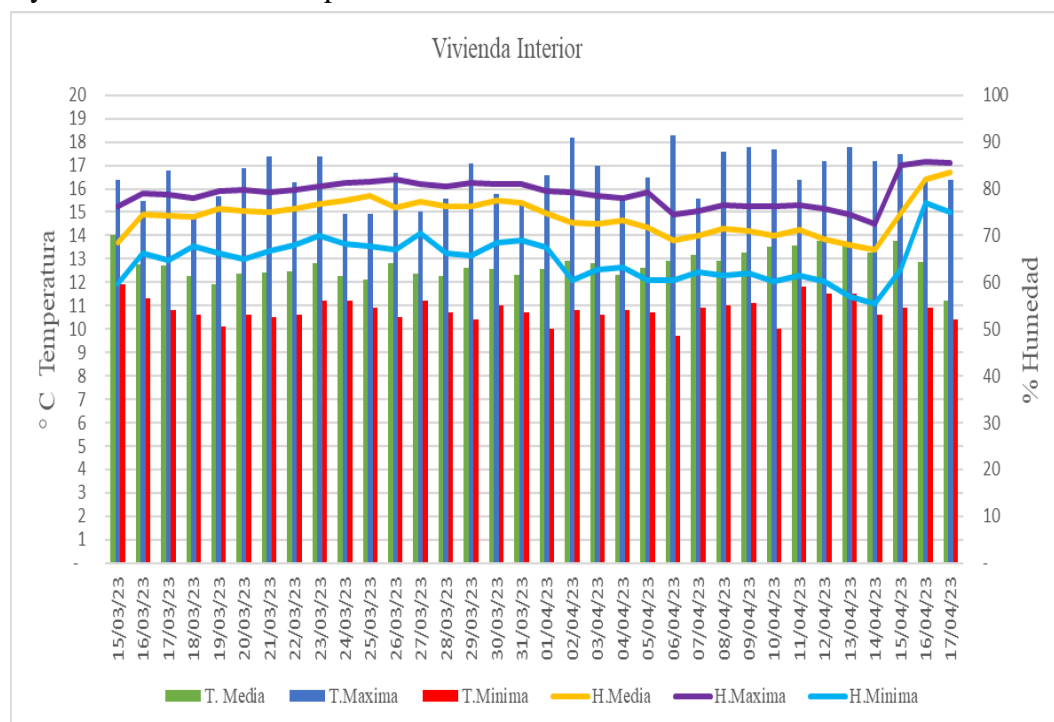


Figura 28. Temperatura y humedad diaria en el interior y exterior de la primera fase

En la figura mostrada anteriormente se puede apreciar los valores de temperatura y humedad exterior e interior en la primera fase utilizando el aislante térmico del poliestireno en una vivienda bioclimática desde el 15 de marzo al 17 de abril, donde se ha obtenido **una temperatura interior de 12.8 °C y exterior de 11.08 °C**, así mismo una humedad interior de 74.2% y exterior de 69.7 %. Se evidencia que la temperatura en el interior de la vivienda es más alta respecto a la parte exterior de la vivienda, mientras que la humedad es mayor con respecto al exterior.

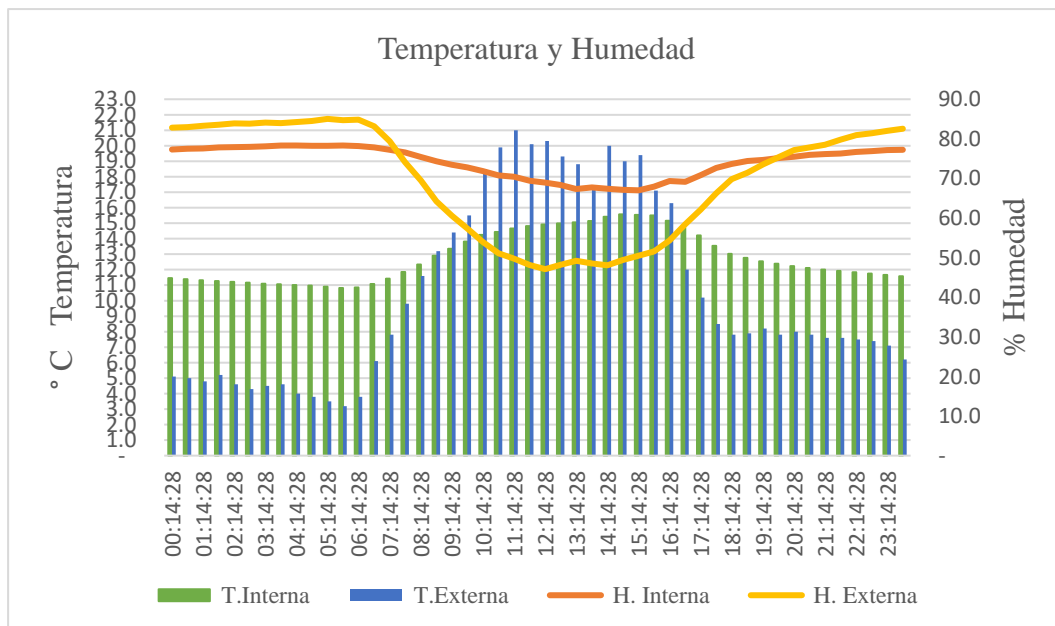


Figura 29. Temperatura y humedad de acuerdo al horario en la vivienda interior y exterior.

Se ilustra en la figura 29, los valores de la temperatura y humedad exterior e interior de la vivienda bioclimática utilizando el poliestireno como aislante térmico, donde se evidencia que, a partir de la 05:14 am a 06:14 am la temperatura fluctúa entre 10.8 °C a 10.9 °C y la humedad está en un 78.3 %, pero a partir de las 10:14 am se incrementa de 14.2 °C a 15.6 °C hasta 17:14 pm y la humedad esta entre 67.0 % a 71.8 % en el interior de la vivienda. Mientras que el exterior de la vivienda, la temperatura en ese horario fluctúa entre 2.3 °C a 3.8 °C y la humedad es de 85%, así mismo esto se incrementa de 10.2 °C a 21.0 °C y la humedad fluctúa entre 47.1 % a 62.2 % en el exterior de la vivienda. Se evidencia que la temperatura en la vivienda interior es más alta; así mismo, la humedad se incrementa cuando la temperatura desciende y disminuye cuando asciende.

Así también, comparado al estudio Silv, Depaz & Alva, (2017) donde no se asemeja, ya que se encontró que la humedad relativa de los ambientes disminuye y estabiliza, donde obtuvo datos que oscilen de 23% a 46%, porcentaje cercano a los rangos recomendables del 35% al 75%, siendo así valores de humedad menores.

4.2. Incremento de la temperatura y humedad relativa empleando el yeso y madera en la vivienda bioclimática hexagonal en el en el anexo Chaquena Cjluuyo del distrito de Checca-Cusco.

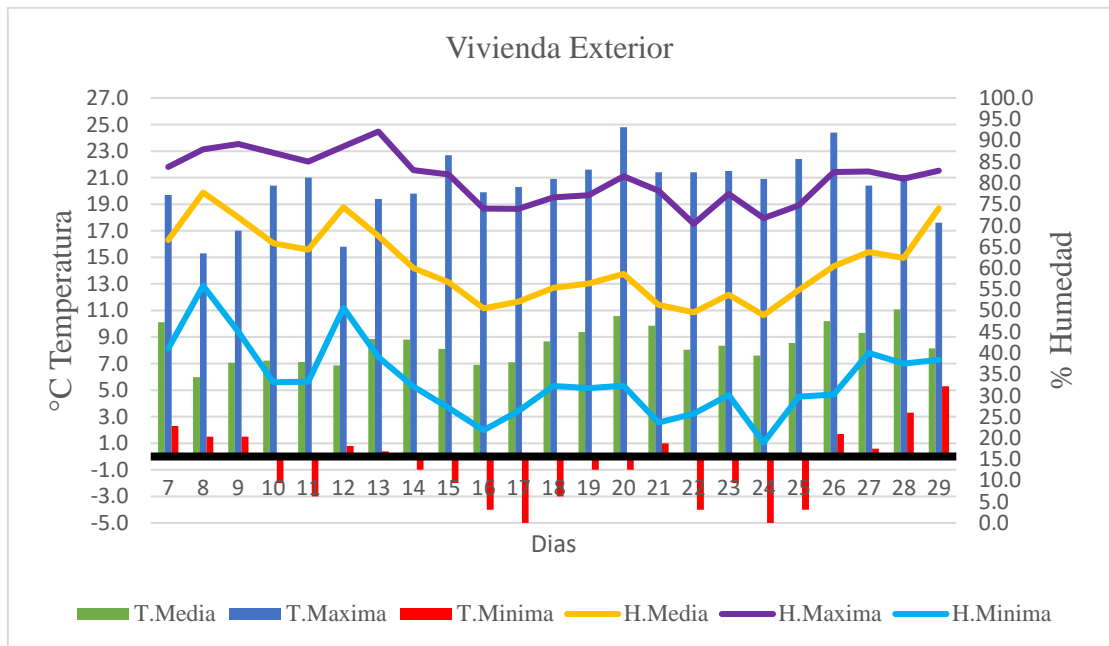


Figura 30. Temperatura y humedad diaria en la vivienda exterior de la segunda fase.

A partir de la representación gráfica anterior, se muestra que los valores de temperatura y humedad en la vivienda exterior en la segunda fase, tomados desde el 07 al 29 de mayo, hubo una **temperatura mínima de $-4.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, máxima $24.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y media $8.5\text{ }^{\circ}\text{C}$.**

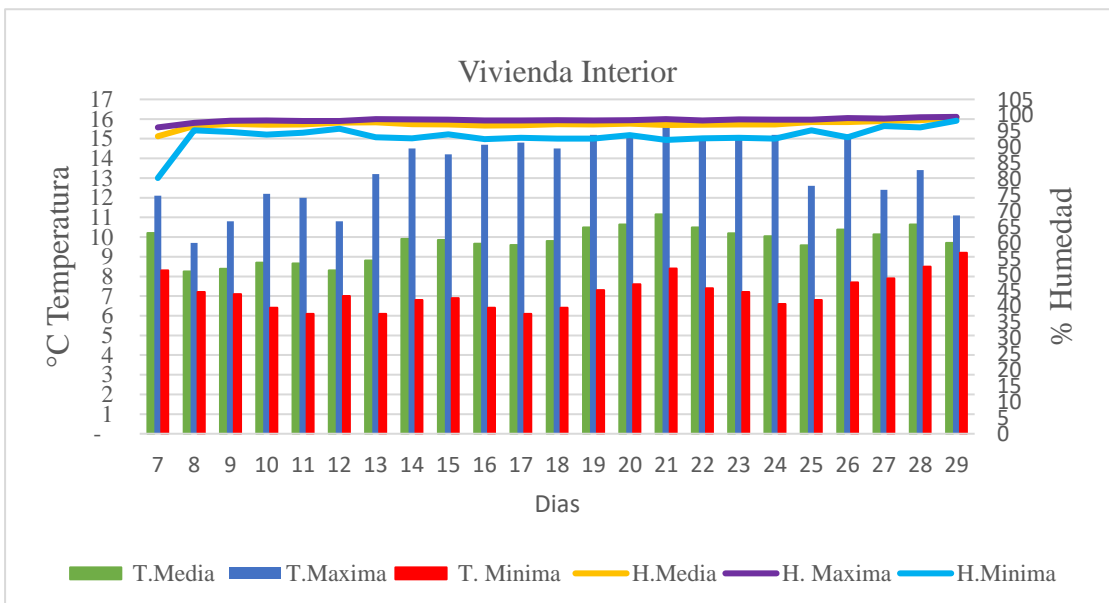


Figura 31. Temperatura y humedad diaria en la vivienda interior de la segunda fase

De la figura 31 deducimos que, los valores de temperatura y humedad en la vivienda interior en la segunda fase, donde se empleó yeso y madera, desde el 07 al 29 de mayo, **la temperatura mínima fue de 6.1 °C, máxima 15.2 °C** y media 9.7 °C en la vivienda interior. Respecto a la humedad mínima 80.3 %, máxima 99.5 % y media 97.2 %.

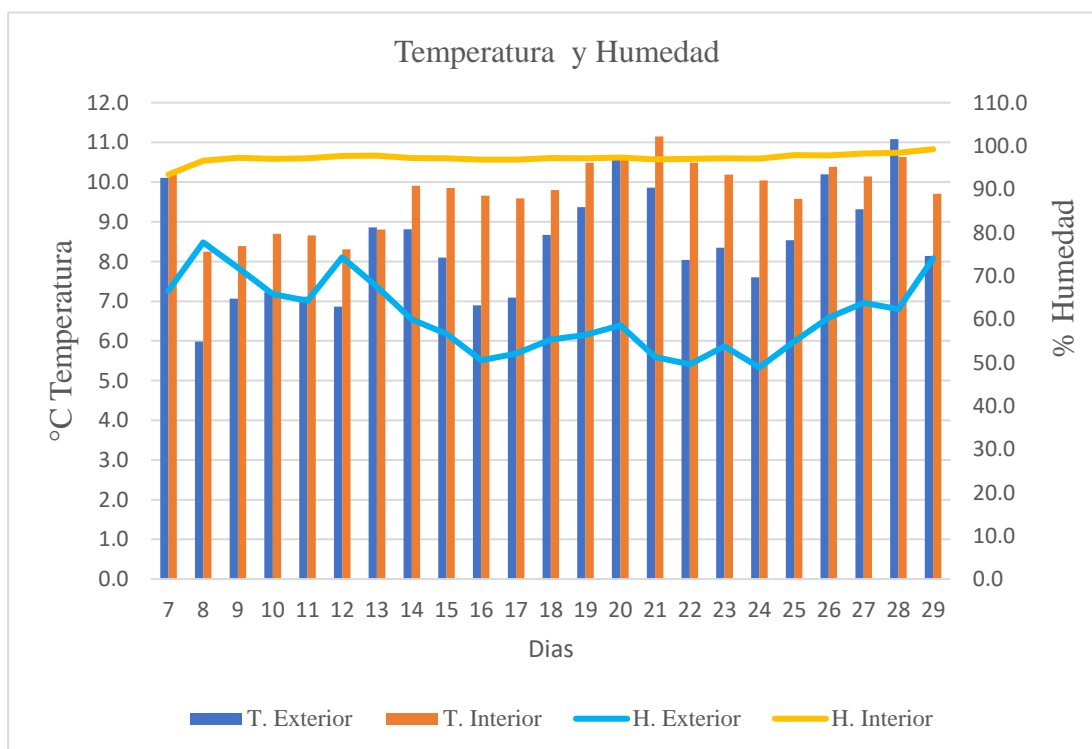


Figura 32. Temperatura y humedad diaria en la vivienda interior y exterior de la segunda fase.

Se puede ver en la figura anterior, los valores de temperatura y humedad exterior e interior en la segunda fase utilizando como aislante térmico el yeso y madera en la vivienda, desde el 07 al 29 de mayo, donde se ha obtenido una **temperatura interior de 9.7 °C y exterior de 8.5 °C**, así mismo una humedad interior de 97.2 % y exterior de 60.0 %. Se evidencia que la temperatura en el interior de la vivienda es más alta respecto a la parte exterior de la vivienda, mientras que la humedad es mayor con respecto al exterior.

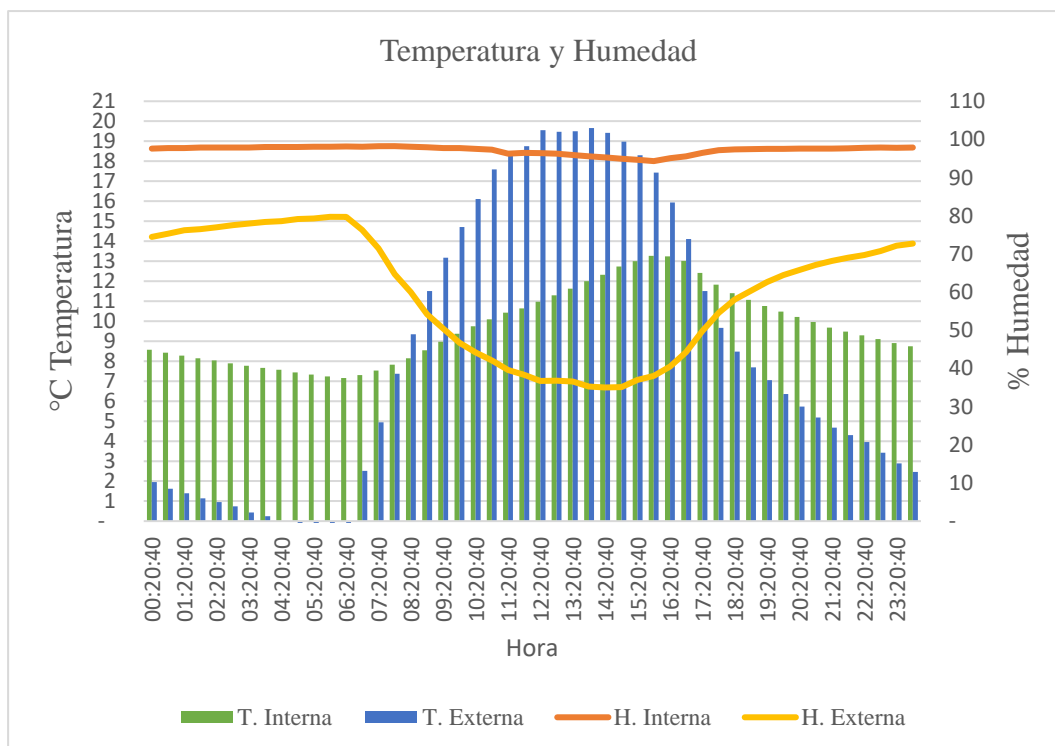


Figura 33. Temperatura y humedad de acuerdo al horario en la vivienda interior y exterior de la segunda fase.

La figura 33, evidencia los valores de temperatura y humedad exterior e interior de la vivienda bioclimática en la segunda fase, utilizando como aislante térmico el yeso y madera en la vivienda de estudio, desde el 07 al 29 de mayo, donde se evidencia que, a partir de la 03: 20 am a 06:20 am la temperatura fluctúa entre 7 °C a 8 °C y la humedad está en un 98 %, pero a partir de las 10:20 am se incrementa de 10 °C a 13 °C hasta 17:50 pm y la humedad esta entre 95 a 98 % en el interior de la vivienda. Mientras que el exterior de la vivienda, la temperatura en ese horario fluctúa entre 0 °C y la humedad es de 78 % a 80%, así mismo esto se incrementa de 10 °C a 20 °C y la humedad fluctúa entre 35 % a 55 % en el exterior de la vivienda. Se evidencia que la temperatura en la vivienda interior es más alta; así mismo, la humedad se incrementa cuando la temperatura desciende y disminuye cuando asciende.

El estudio de Silv, Depaz & Alva, (2017) donde mejoró las condiciones de confort térmico, tuvo un aumento en la temperatura de los ambientes de la vivienda intervenida, con incrementos de 1.2°C y hasta de 2.6°C en promedio, logrando que las habitaciones presenten una temperatura de 20 +/- 2°C considerada como confortable en invierno. Los ambientes han logrado temperaturas mayores a 20°C por

más de siete horas, la implementación del aprovechamiento de la energía solar en su vivienda tuvo un beneficio cuantificable en ahorro de electricidad, tangible posterior al periodo de 17 meses de recuperación de la inversión.

4.3. Cambio de la temperatura y humedad relativa al instalar el vidrio a doble capa en la vivienda bioclimática hexagonal en el anexo Chaquena Cjuluyo del distrito de Checca-Cusco.

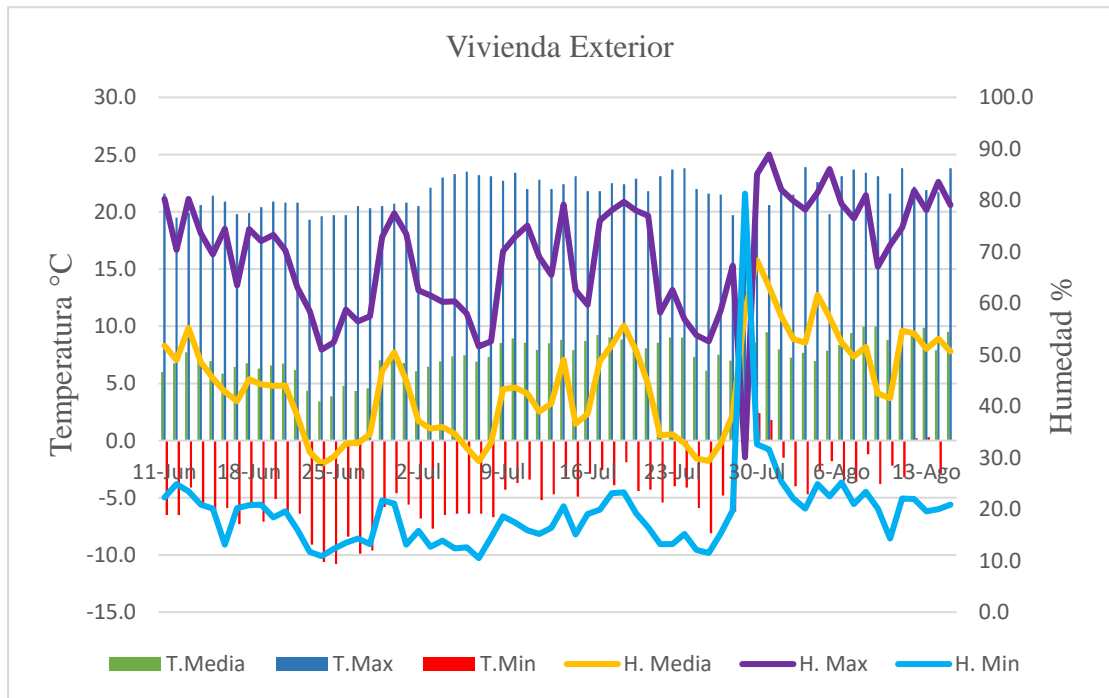


Figura 34. Cambio de temperatura y humedad diaria en la vivienda exterior de la tercera fase.

Según se evidencia en la figura anterior, los valores de temperatura y humedad en la vivienda exterior, desde el 11 de junio al 15 de agosto, donde en el mes de junio se ha obtenido **temperatura mínima de -10.8°C , temperatura máxima 21.6°C** y temperatura media 6°C . Mientras que en el mes de Julio una temperatura mínima $-8,1^{\circ}\text{C}$, temperatura máxima 23.8°C y temperatura media 8°C . Agosto, temperatura mínima -4.7°C , temperatura máxima 23.9°C y temperatura media 8.6°C . Humedad en el mes de junio, mínima fue de 10.9% , humedad máxima 80.3% y humedad media 41.8% . En el mes de Julio, humedad mínima 11.5% , máxima 88.9% y media 41.6% . Agosto, humedad mínima 14.3% , máxima 86.1% y media 52.2% . Se evidencia que, en la tercera fase se ha obtenido una temperatura mínima de $-10,8^{\circ}\text{C}$, máxima 23.9°C y media 7.5°C ; así mismo, una humedad mínima de 10.9% , máxima 88.9% y media 44.1% en la parte exterior de la vivienda.

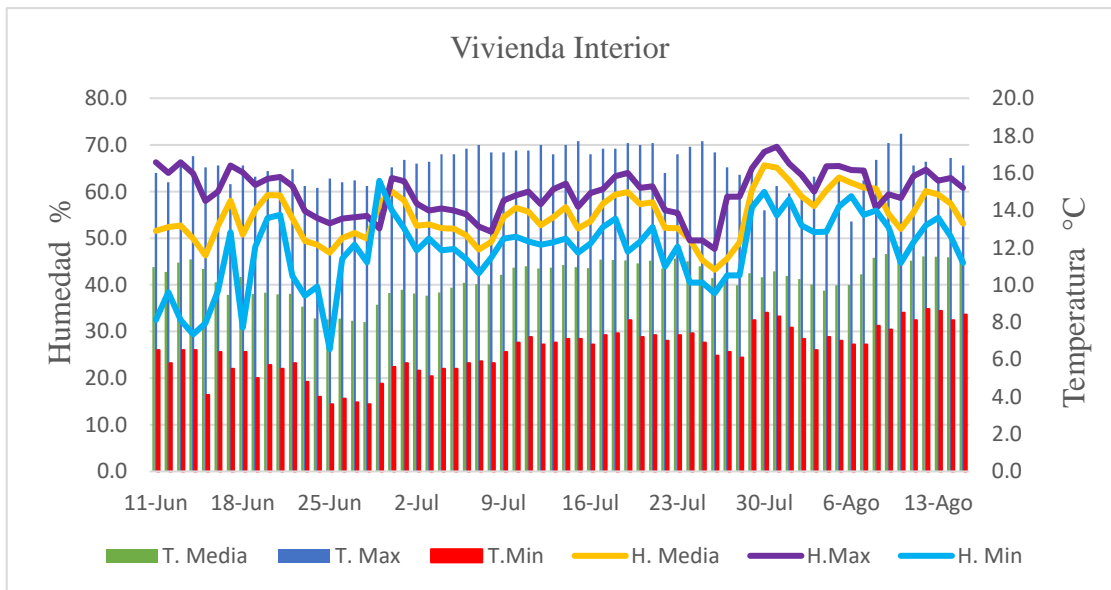


Figura 35. Cambio de temperatura y humedad diaria en la vivienda interior de la tercera fase.

En el gráfico mostrado (figura 35) se puede constatar los valores de temperatura y humedad en la vivienda interior de la tercera fase, utilizando el aislante térmico de vidrio a doble capa en una vivienda, se muestra los valores desde el 11 de junio al 15 de agosto, donde en el mes de junio se ha obtenido **temperatura mínima de 3.6°C, temperatura máxima 16.9°C** y temperatura media 9.6°C. Mientras que en el mes de Julio una temperatura **mínima 5,1 ° C, temperatura máxima 17.7°C** y temperatura media 10.6°C. Agosto, temperatura mínima 7°C, temperatura máxima 18.1°C y temperatura media 10.9°C.

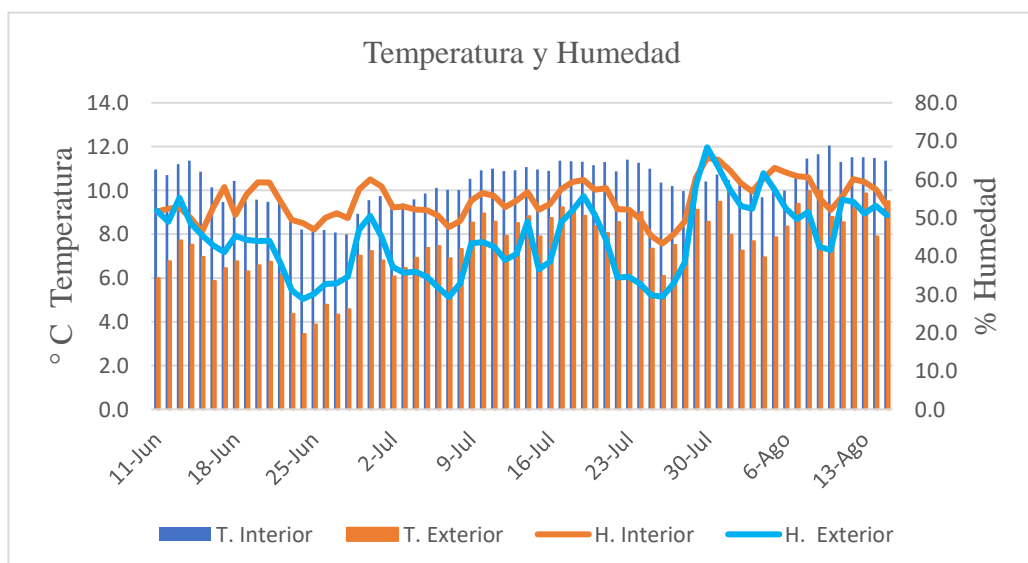


Figura 36. Cambio de la temperatura y humedad diaria en la vivienda interior y exterior de la tercera fase.

Como se ilustra en la figura 36, los valores de temperatura y humedad exterior e interior en la tercera fase utilizando aislante térmico el vidrio a doble capa en la vivienda desde el 11 de junio al 15 de agosto, se ha obtenido una **temperatura interior de 10.4 ° C y exterior de 7.5 ° C**, así mismo una humedad interior de 54.6 % y exterior de 44.1 %. Se evidencia que la temperatura en el interior de la vivienda es más alta respecto a la parte exterior de la vivienda, mientras que la humedad es mayor con respecto al exterior.

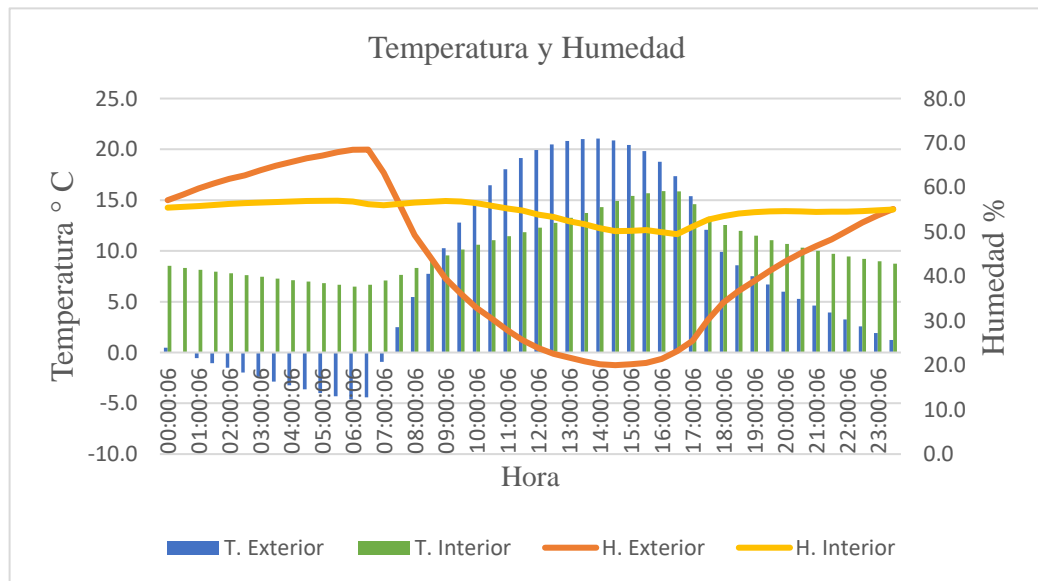


Figura 37. Cambio de la temperatura y humedad de acuerdo al horario en la vivienda interior y exterior de la tercera fase.

La figura 38, revela el gráfico de psicométrico de Givoni, donde se evidencia que en la primera fase se encuentra en la zona 3 ganancias internas, y zona 4 calefacción solar pasiva. En la segunda fase también se encuentra en la zona 3 y 4, respecto a la tercera fase, se encuentra en la zona 3 ,4 y 9, de la cuales podemos indicar que la vivienda bioclimática necesita de ganancias internas, calefacción solar pasiva y alta masa térmica.

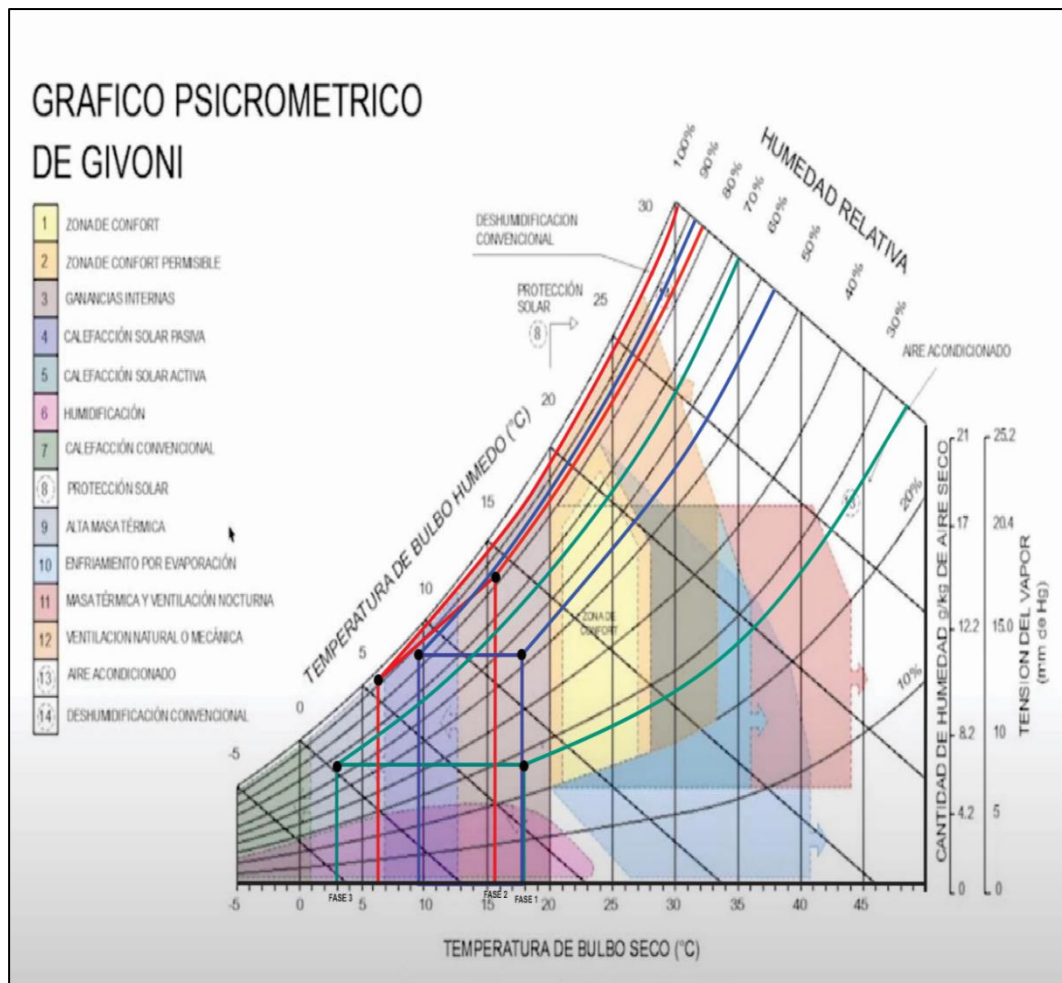


Figura 38. Aplicación de diagrama psicométrico de Givoni (Givoni, 1998)

4.4. Mejora del confort térmico de una vivienda bioclimática hexagonal utilizando aislantes térmicos en el anexo Chaquena Cjulyo del distrito de Checca-Cusco.

A. Vivienda bioclimática hexagonal con aislantes térmicos

Se observa en la figura 39 la vista frontal de la construcción de la vivienda bioclimática con aislantes térmicos, con dimensiones respectivas; ancho 6 m, altura hasta el techo 2.5 m, ancho de la puerta 1 m, ancho de los costados 1.5 m. Conformada por cumbrera de plancha galvanizada $e = 0.4$ mm, calamina plancha ondulada galvanizada de 11 canales (3.60 x 0.80) $e = 0.3$ mm, acabado de muro con enlucido de yeso, zócalo cemento - arena 1:5, acabado – pulido $h = 0.50$ e = 2 cm.

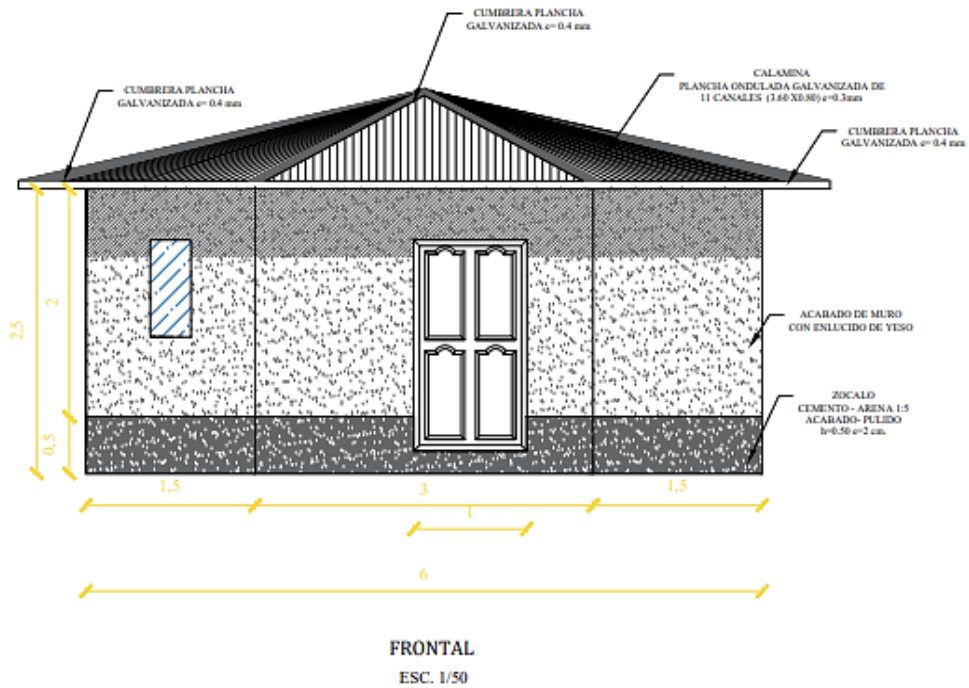


Figura 39. Vista frontal de la vivienda bioclimática hexagonal.

En el siguiente grafico se puede constatar la vista lateral derecha de la vivienda bioclimática, donde se evidencia que la ventana mide 0.85 cm x 0.72 cm y la puerta 1.85 x 1.5 m.

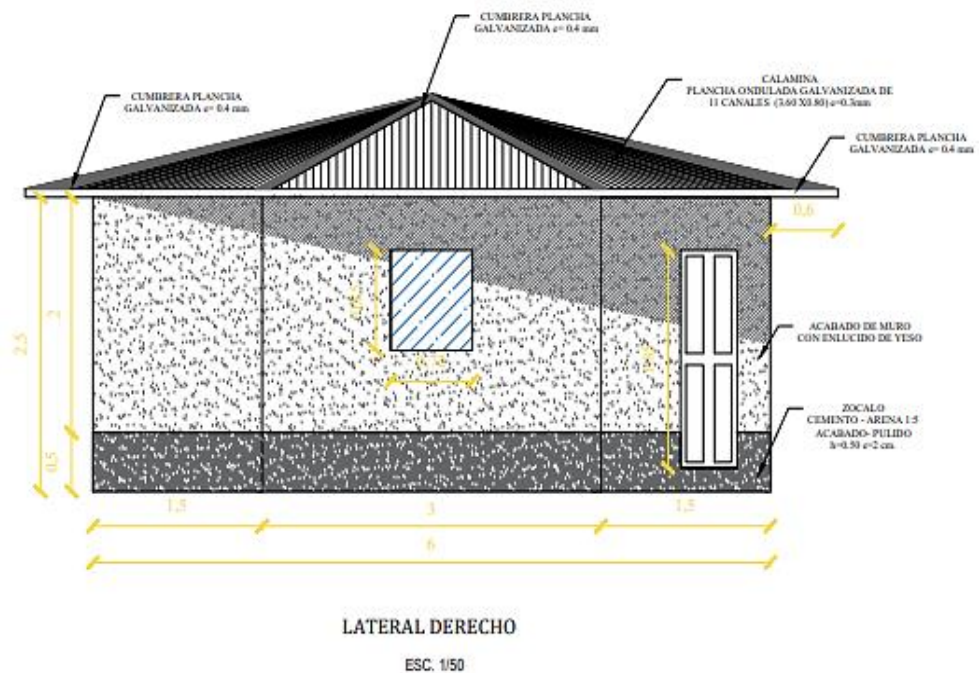


Figura 40. Vista lateral derecho de la vivienda bioclimática hexagonal.

La figura 41, muestra la vista lateral izquierdo de la vivienda bioclimática, donde se evidencia que la ventana mide 0.85 cm x 0.85 cm.

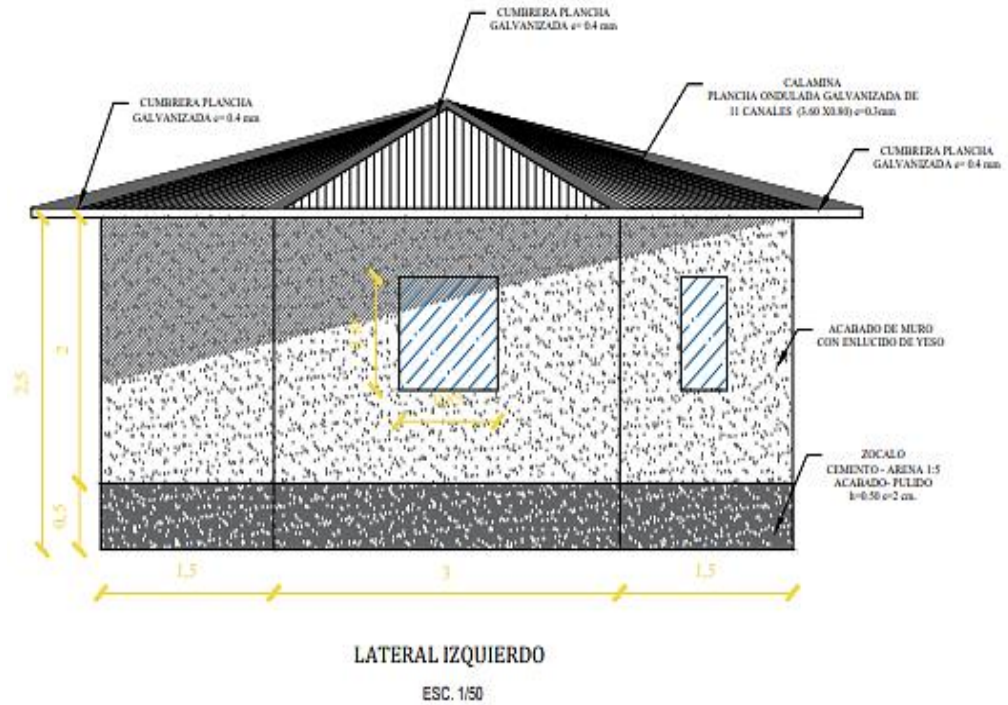


Figura 41. Vista lateral izquierdo de la vivienda bioclimática

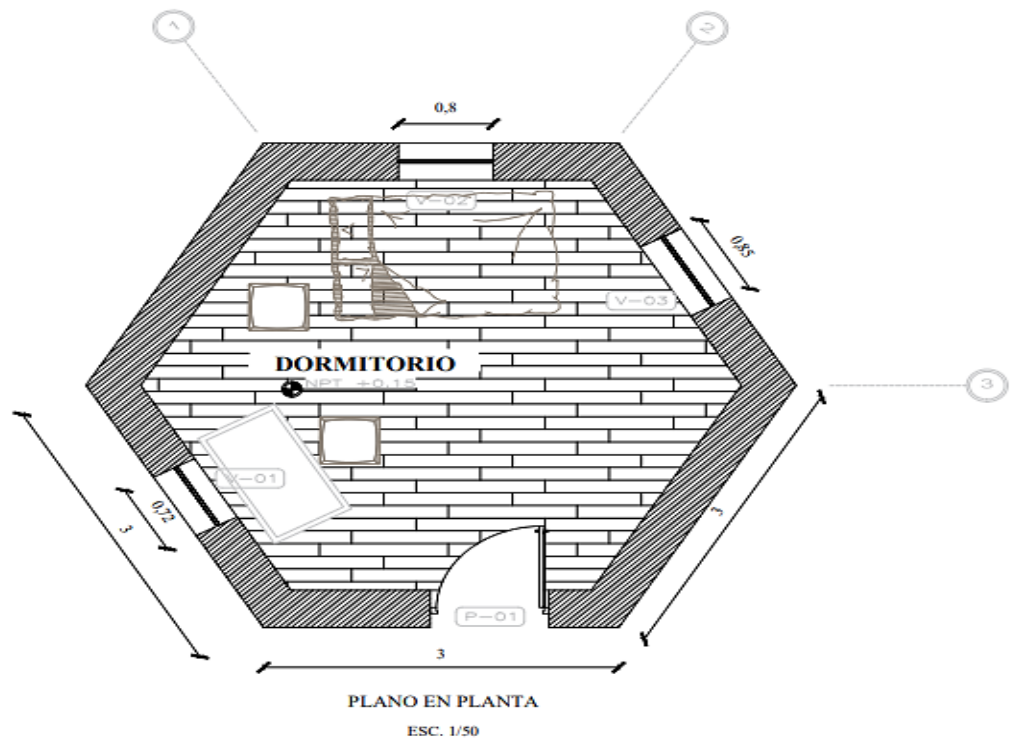


Figura 42. Plano en planta.

De acuerdo a la representación gráfica siguiente, los detalles de la ventana de doble capa (abajo y arriba), donde el ancho exterior de la ventana es de 2.8 cm, ancho interior es 2 cm, el marco es de madera y el vidrio es de $e=4\text{mm}$.

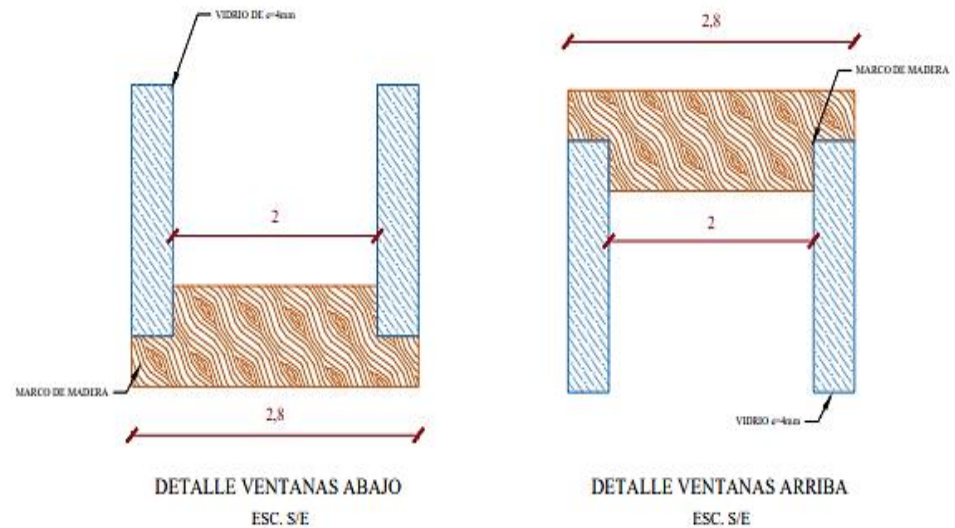


Figura 43. Vista de las ventanas.

La figura 44, evidencia la planta de cimiento y sobrecimiento, se evidencia que los seis lados de la vivienda miden 3 m.

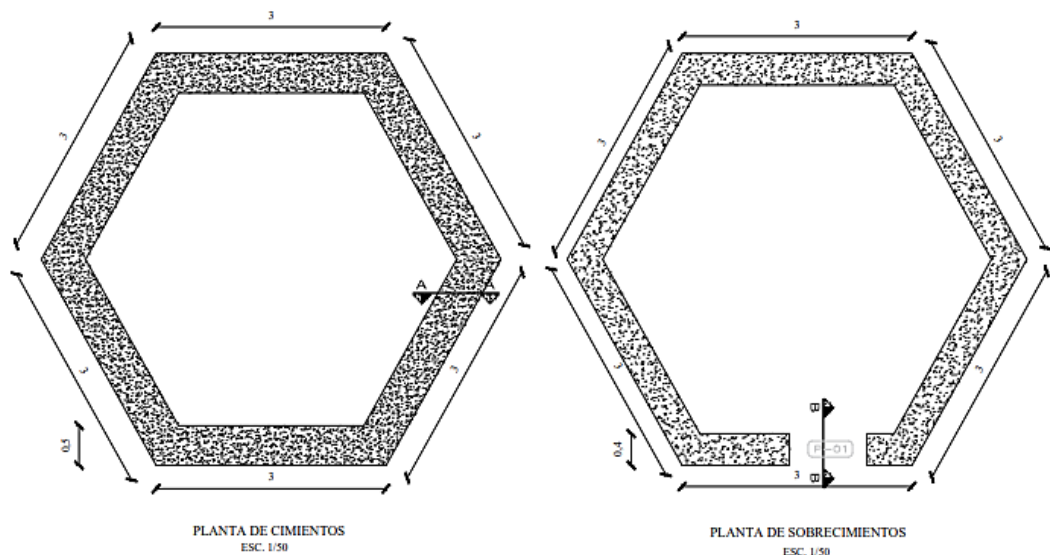


Figura 44. Planta de cimiento.

La figura 45, evidencia la vista de corte A de la sección de cimiento y sobrecimiento, donde el cimiento y sobrecimiento es mezclado con barro y piedra, el piso es de madera machimbrado, así también el material de relleno

aislante. El acabado este enlucido de yeso de 1.5 cm y plancha de Poliéstireno (tecnopor) de 1 °.

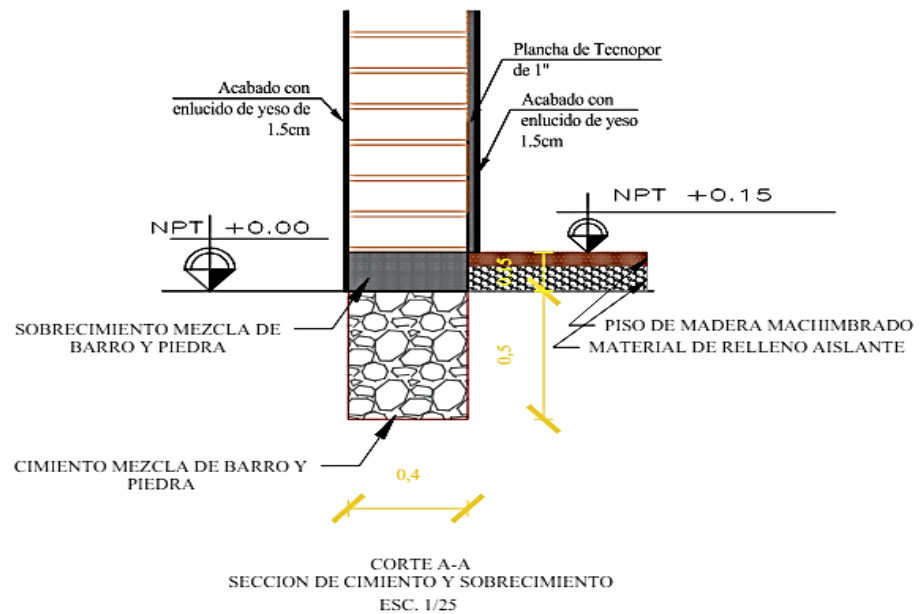


Figura 45. Vista de corte A-A, sección de cimiento y sobrecimiento

Se puede inferir de la figura 46 que, la vista de corte B de la sección de cimiento y sobrecimiento en ingreso, donde el cimiento y sobrecimiento es mezclado de barro y piedra, el piso es de madera machimbrado.

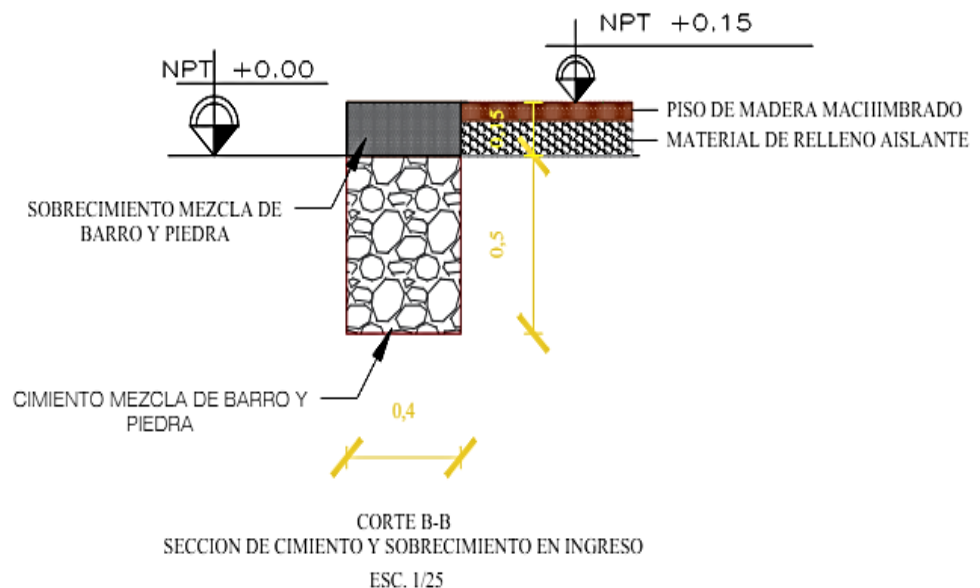


Figura 46. Corte B-B, sección de cimiento y sobrecimiento en ingreso.

La figura 47, ofrece una visión de los detalles del muro de la vivienda interior, donde estos constaba de 0.40 cm de largo, 0.30 cm de ancho y alto frontal 0,12 cm.

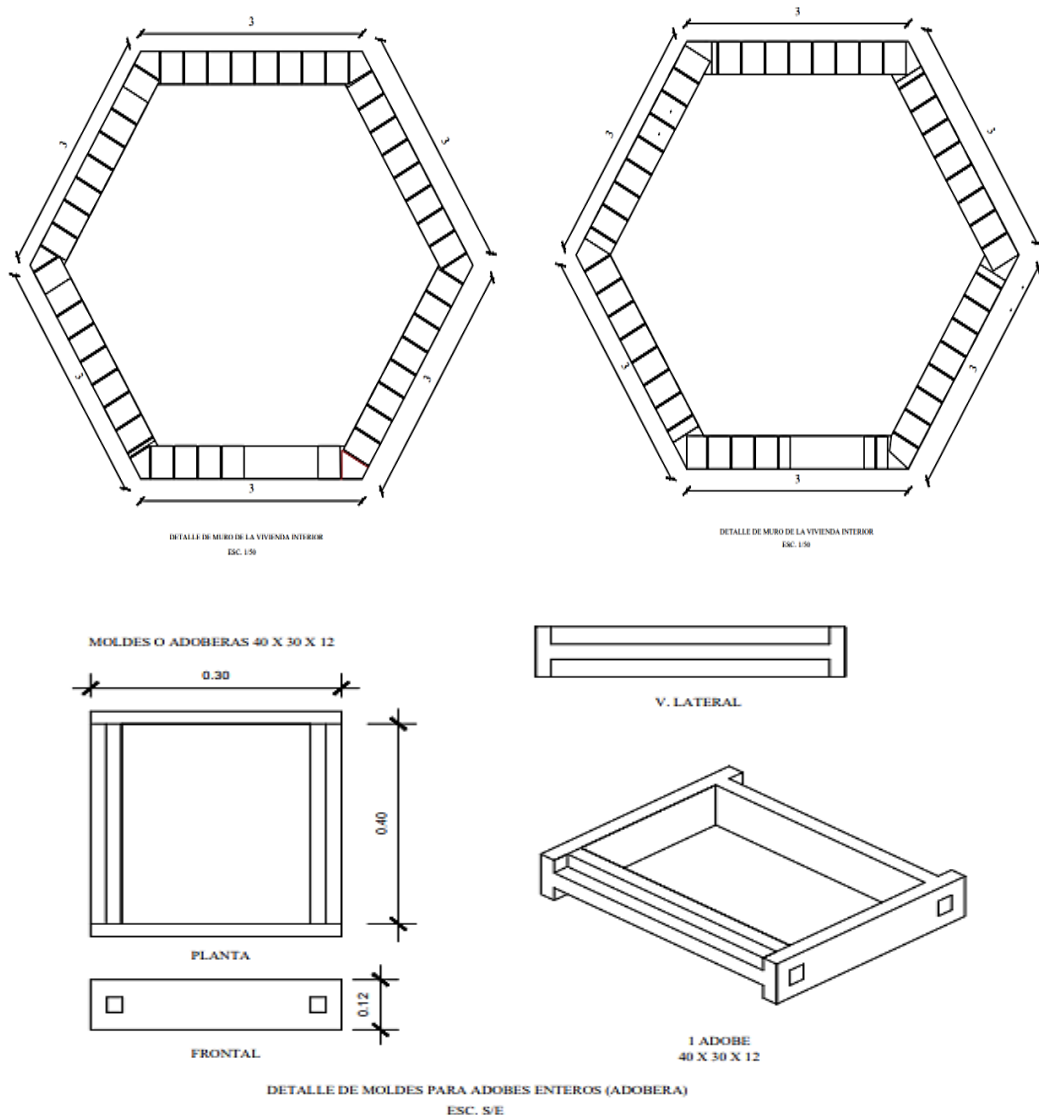


Figura 47. Detalles de moldes para adobes enteros (adobera).

La figura 48 y 49, ilustra claramente los detalles del techo donde se evidencia que la plancha es de $e = 5\text{mm}$ y plancha poliestireno (Tecnopor) de 1".

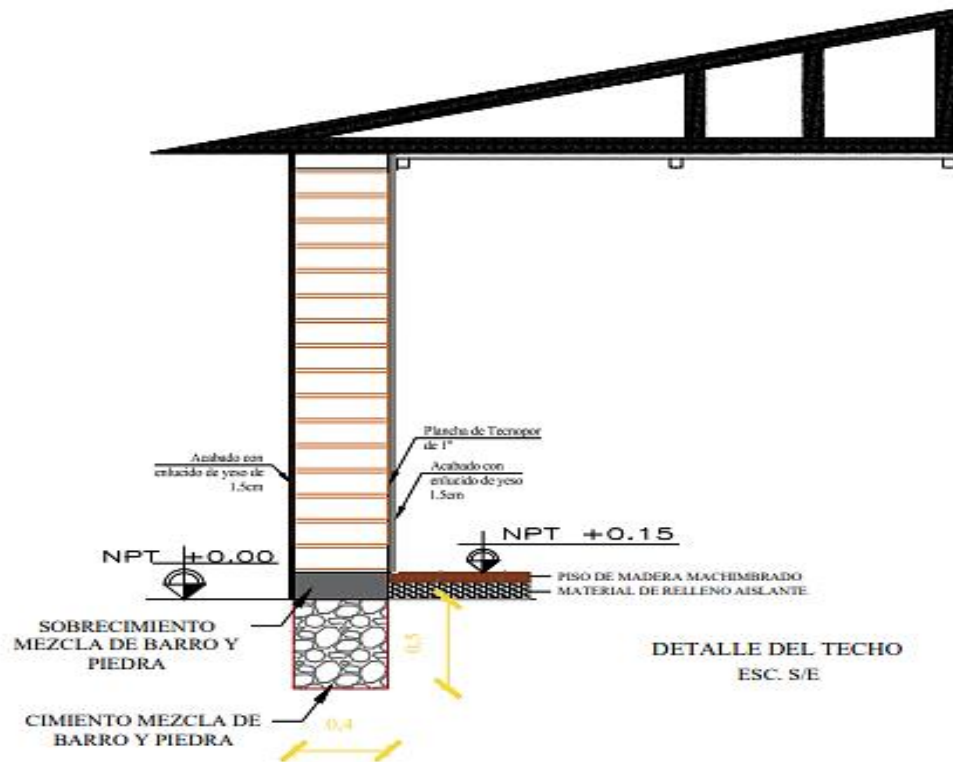


Figura 48. Detalles del techo

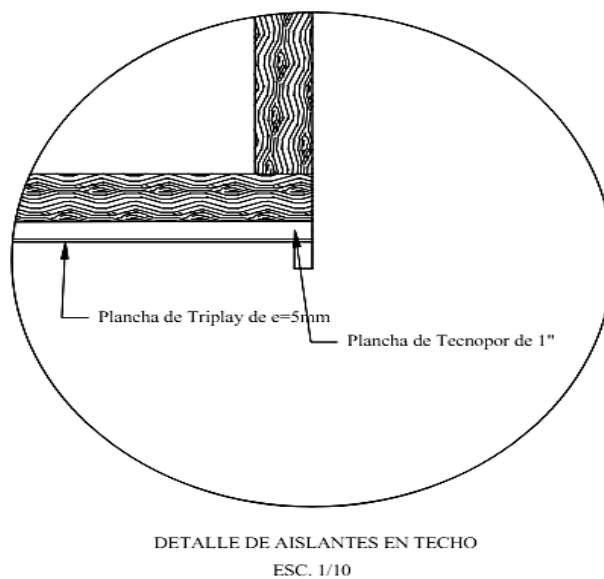


Figura 49. Detalles de aislantes en techo.

Así también se evidencia en la figura 50 el detalle del muro de la vivienda interior y exterior. La malla es electrosoldada, el zócalo de cemento - arena 1.5, acabado pulido $h = 0.50$ e $e = 2$ cm.

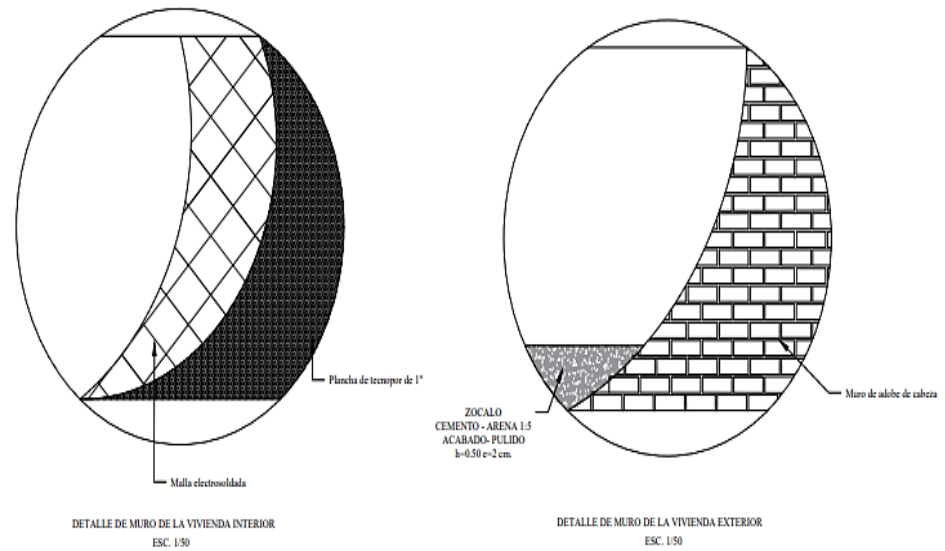


Figura 50. Detalle del muro interior y exterior de la vivienda

A través de la representación visual en la figura 51, podemos apreciar los detalles de los tijerales en la planta, donde la cinta de madera fue de 2×3 de $3.4 \times 3.14 \times 0.8$, así también se detalla los tijerales de amarre de 2.23×2.5 .

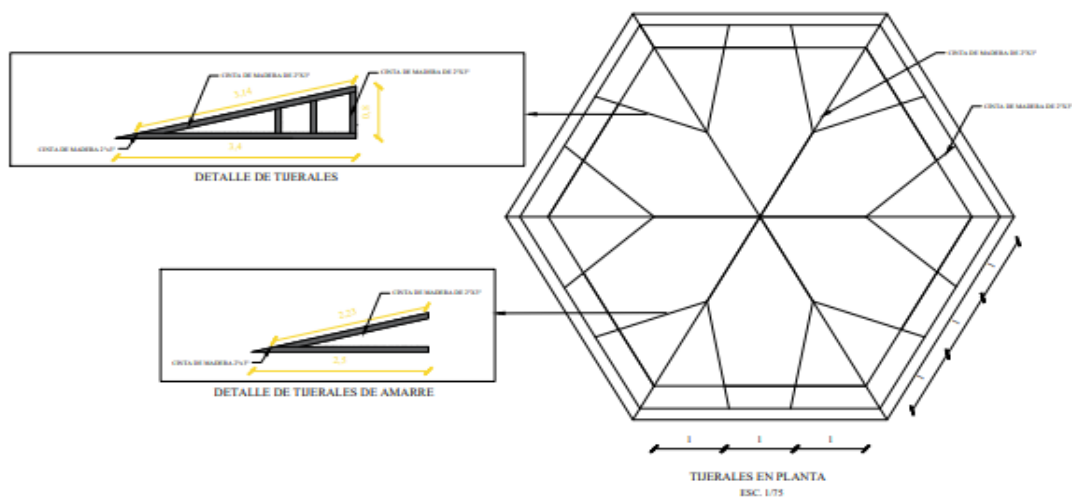


Figura 51. Detalles tijerales en planta

La figura 52, muestra los tijerales secundarios, donde la cinta de madera fue de 2x2, de las cuales estuvo situado desde 0.4 cm, 1,15 cm, 1,9 cm, 2,55 cm y 3,3 cm.

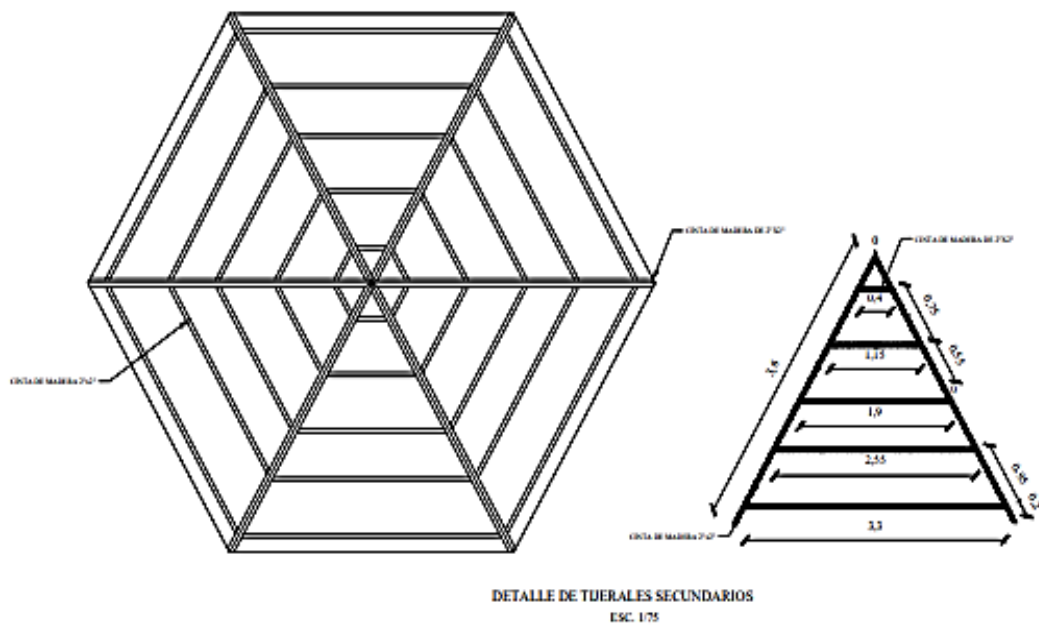


Figura 52. Detalles de tijerales secundarios

B. Orientación del sol en la vivienda

b.1. Vivienda interior en la primera fase

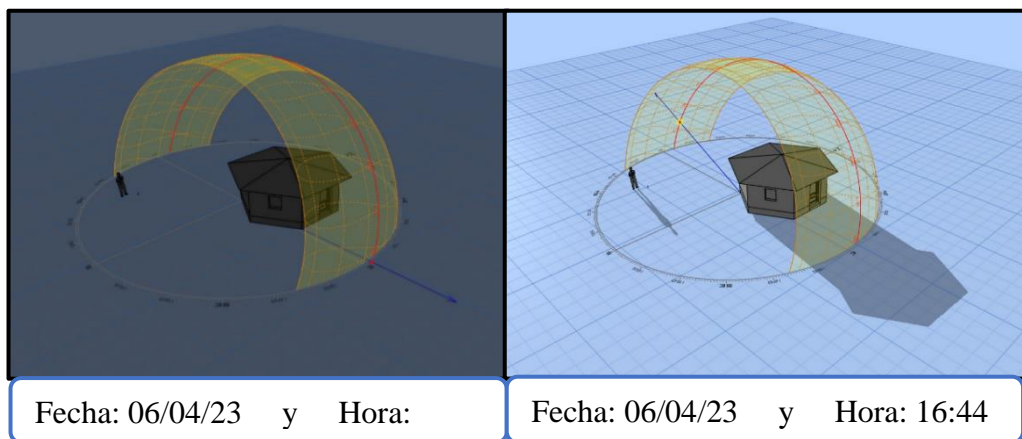


Figura 53. Orientación del sol- temperatura vivienda interior -primera fase (Marsh, 2015)

En el gráfico anterior se puede constatar, la orientación del sol en la primera fase de estudio, donde la orientación del sol el 6 de abril a las 05:44 am, de las cuales en la vivienda interior se presenció una temperatura mínima de 9.7° C; así también la temperatura máxima fue de 18.3° C, que se presenció el 06 de

abril a las 16:44 pm. Se evidencia que la temperatura asciende en la tarde y desciende en la mañana, también se visualiza que la orientación del sol hacia la vivienda bioclimática es por el este.

b.2. Vivienda exterior

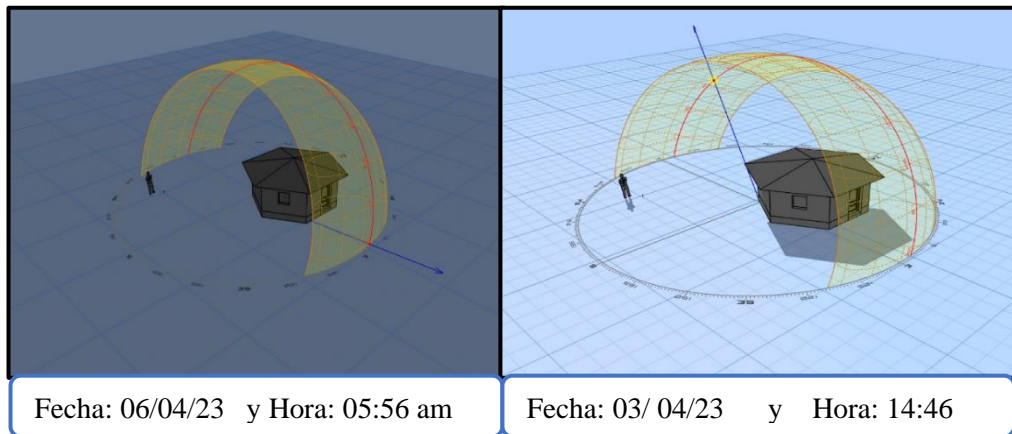


Figura 54. Orientación del sol – temperatura vivienda exterior- primera fase (Marsh, 2015).

Se puede inferir de la figura 54 que, la orientación del sol en la primera fase de estudio, la orientación del sol el 6 de abril a las 05:56 am, de las cuales en la vivienda exterior se presencié una temperatura mínima de 1.1° C; así también la temperatura máxima fue de 23.4° C, se presencié el 03 de abril a las 14:46 pm. Se evidencia que la temperatura asciende en la tarde y desciende en la mañana, también se visualiza que la orientación del sol hacia la vivienda bioclimática es por el este.

C. Orientación del sol en la vivienda en la segunda fase

C.1. Vivienda interior

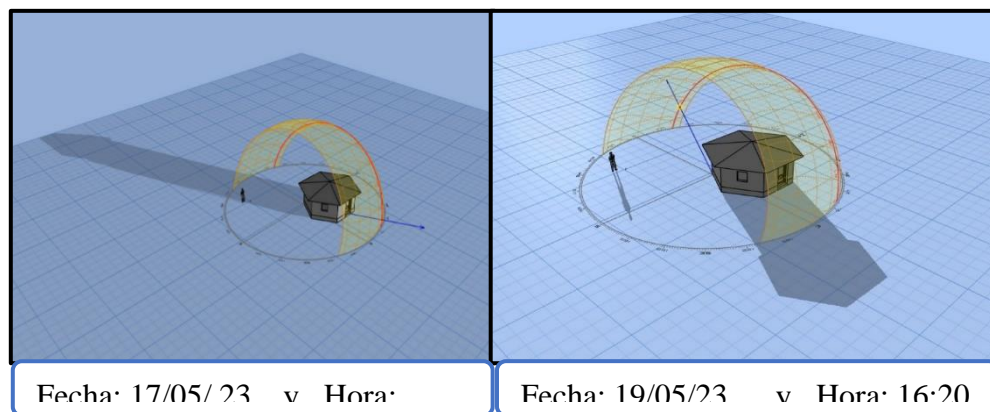


Figura 55. Orientación del sol – temperatura vivienda interior- segunda fase (Marsh, 2015).

La figura 55, revela la orientación del sol en la segunda fase de estudio, donde se evidencia la orientación del sol el 17 de mayo a las 06: 20 am, de las cuales en la vivienda interior se presencié una temperatura mínima de 6.1° C; así también la temperatura máxima fue de 15.2° C, que se presencié el 19 de mayo a las 16:20 pm. Se evidencia que la temperatura asciende en la tarde y desciende en la mañana, también se visualiza que la orientación del sol hacia la vivienda bioclimática es por el este.

C.2. Vivienda exterior

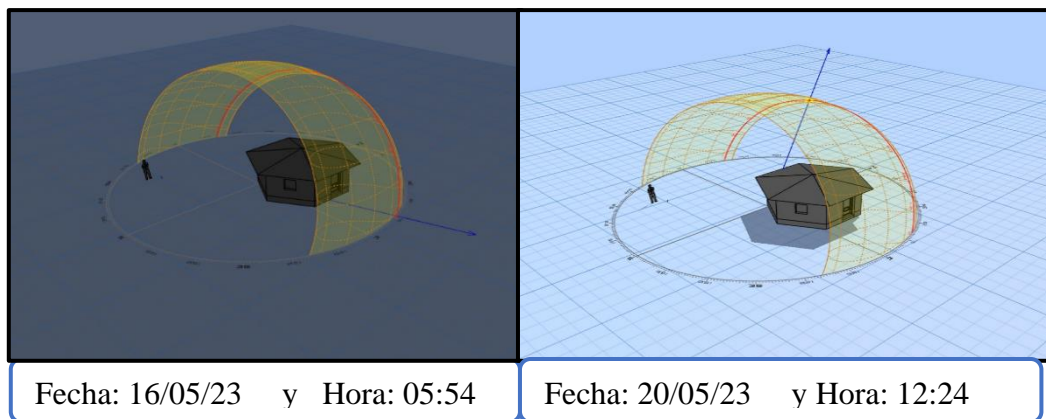


Figura 56. Orientación del sol – temperatura vivienda exterior- segunda fase (Marsh, 2015).

Conforme se muestra en la figura 56, la orientación del sol en la segunda fase de estudio, se evidencia la orientación del sol el 16 de mayo, a las 05:20 am se presencié la temperatura mínima de -4.3 °C en la vivienda exterior; así también la temperatura máxima fue de 24.8 ° C el 19 de mayo a las 16:20 pm. Se evidencia que la temperatura asciende en la tarde y desciende en la mañana, también se visualiza que la orientación del sol hacia la vivienda bioclimática es por el este.

C. Orientación del sol en la vivienda en la tercera fase

D.1. Vivienda interior

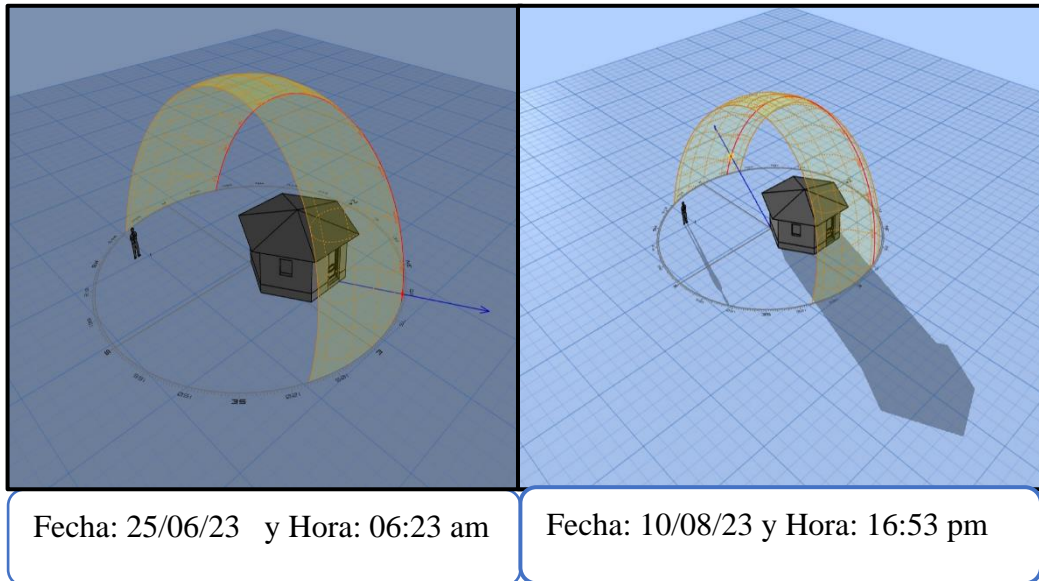


Figura 57. Orientación del sol – temperatura vivienda interior- tercera fase (Marsh, 2015).

Se puede ver en la figura 57, la orientación del sol en la tercera fase de estudio, donde se evidencia la orientación del sol el 25 de junio; a las 06:23 am se presencié la temperatura mínima de 3.6 °C en la vivienda interior; así también la temperatura máxima fue de 18.1° C el 10 de agosto a las 16:53 pm. Se evidencia que la temperatura asciende en la tarde y desciende en la mañana, también se visualiza que la orientación del sol hacia la vivienda bioclimática es por el este.

D.2. Vivienda exterior

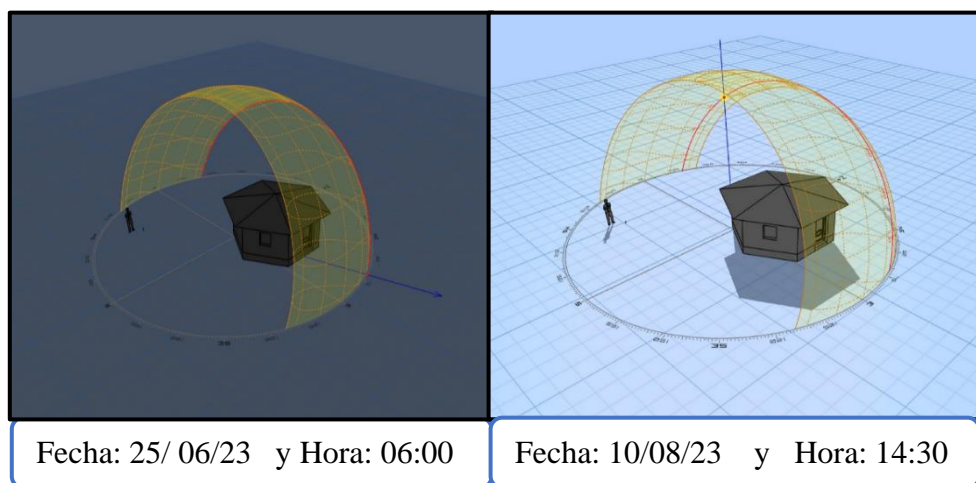


Figura 58. Orientación del sol – temperatura vivienda exterior- tercera fase (Marsh, 2015)

Se puede inferir de la figura 58 que; la orientación del sol en la tercera fase de estudio, se evidencia la orientación del sol el 25 de junio, a las 06:00 am en el cual se presencié la temperatura mínima de $-10.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la vivienda exterior; así también la temperatura máxima fue de $23.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 3 de agosto a las 14:30 pm. Se evidencia que la temperatura asciende en la tarde y desciende en la mañana, también se visualiza que la orientación del sol hacia la vivienda es por el este.

A. Transmisión térmica de los materiales de vivienda bioclimática.

A continuación, se detalla la transmisión térmica por unidad de superficie de las cuales la unidad de medida es por $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

a.1. Transmisión térmica en la primera fase

La tabla 4, aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) indica la transmisión térmica en techo; con la presencia de aire exterior, calamina galvanizada, madera y poliestireno. Se evidencia una transmisión térmica en techo de $0.2392\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Tabla 4.

Transmisión térmica en techo de la primera fase

Techo	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(\text{W}/\text{mK})$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Aire exterior			0.110
Calamina galvanizada	0.0008	95.000	0.000
Cámara de aire	0.8	0.28	2.857
Madera	0.08	0.15	0.533
Poliestireno (Tecnopor)	0.0254	0.041	0.620
Superficie interior			0.060
		R. Total	4.180
Transmisión térmica ($U=1/R_{\text{total}}$)			U = 0.2392 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

La tabla 5, según la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) señala la transmisión térmica en la pared, conformada por adobe y poliestireno (Tecnopor), donde la transmisión térmica en pared de la primera fase alcanzo a $0.410\text{ W}/\text{m}^2\text{ k}$.

Tabla 5.*Transmisión térmica en pared de la primera fase*

Pared	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Adobe	0.4	0.22	1.818
Poliestireno (Tecnopor)	0.0254	0.041	0.620
		R. Total	2.438
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			U = 0.410 W/m²K

La tabla 6, aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) demuestra la transmisión térmica en la ventana, que tenía la presencia del aire exterior y fue de vidrio de 4 mm, de las cuales la transmisión térmica en ventana en la primera fase alcanzo a 8.475 W/m² K.

Tabla 6 .*Transmisión térmica en ventana de la primera fase*

Ventana	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Aire exterior			0.11
Vidrio 4mm	0.004	0.5	0.008
		R. Total	0.118
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			U = 8.475 W/m²K

La tabla 7, según la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) revela la transmisión térmica en puerta, de la cual la transmisión térmica en la primera fase alcanzo a 2.703 W/m² k.

Tabla 7.*Transmisión térmica en puerta de la primera fase*

Puerta	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Superficie exterior			0.11
Madera	0.03	0.15	0.2
Superficie interior			0.06
		R. Total	0.370
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			U= 2.703 W/m²K

a.2. Transmisión térmica en la segunda fase

La tabla 8, aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016), deja ver la transmisión térmica en techo, donde el techo tenía la presencia de aire exterior, conformada por calamina galvanizada, madera y poliestireno. Se evidencia una transmisión térmica en techo de 0.2392 W/m²K.

Tabla 8.*Transmisión térmica en techo de la segunda fase*

Techo	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Aire exterior			0.110
Calamina galvanizada	0.0008	95.000	0.000
Cámara de aire	0.8	0.28	2.857
Madera	0.08	0.15	0.533
Poliestireno (Tecnopor)	0.0254	0.041	0.620
Superficie interior			0.060
		R. Total	4.180
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			U = 0.2392 W/m²K

La tabla 9, con respecto a la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) muestra la transmisión térmica en pared, se evidencia que la pared estuvo conformada por adobe, poliestireno (Tecnopor) y tarrajado con yeso en el interior y exterior de la vivienda, donde la transmisión térmica en pared de la segunda fase alcanzo a 0,403 W/m² k.

Tabla 9.*Transmisión térmica en pared de la segunda fase*

Pared	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Revoque ext. con yeso	0.01	0.48	0.021
Adobe	0.4	0.22	1.818
Poliestireno (Tecnopor)	0.0254	0.041	0.620
Revoque int. con yeso	0.01	0.48	0.021
		R. Total	2.479
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			$U= 0.403 W/m^2K$

La siguiente tabla aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) se muestra la transmisión térmica en piso, se evidencia que el piso estuvo conformado por machimbrado de madera, de las cuales la transmisión térmica en piso de la segunda fase alcanzo a 7.895 W/m² K.

Tabla 10.*Transmisión térmica en piso de la segunda fase*

Piso	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Machimbrado de madera	0.019	0.15	0.127
		R. Total	0.127
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			$U= 7.895 W/m^2K$

La tabla 11, aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) expone la transmisión térmica de la ventana, se evidencia que la ventana, tenía la presencia del aire exterior y fue de vidrio de 4 mm, de las cuales la transmisión térmica en ventana en la segunda fase alcanzo a 8.475 W/m² K.

Tabla 11.*Transmisión térmica en ventana de la segunda fase*

Ventana	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Aire exterior			0.11
Vidrio 4mm	0.004	0.5	0.008
		R. Total	0,118
	Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)		U = 8.475 W/m²K

En la tabla 12 aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016), se puede visualizar la transmisión térmica en puerta, de la cual la transmisión térmica en puerta en la segunda fase alcanzo a 2.703 W/m² K.

Tabla 12.*Transmisión térmica en puerta de la segunda fase*

Puerta	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Superficie exterior			0.11
Madera	0.03	0.15	0.2
Superficie interior			0.06
		R. Total	0.370
	Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)		U= 2.703 W/m²K

a.3. Transmisión térmica en la tercera fase

La tabla 13, aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) ilustra la transmisión térmica en techo en la tercera fase, que alcanzo a 0,2392 W/m² K.

Tabla 13.*Transmisión térmica en techo de la tercera fase*

Techo	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Aire exterior			0.110
Calamina galvanizada	0.0008	95.000	0.000
Cámara de aire	0.8	0.28	2.857
Madera	0.08	0.15	0.533
Poliestireno (Tecnopor)	0.0254	0.041	0.620
Superficie interior			0.060
		R. Total	4.180
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			$U = 0.2392 W/m^2K$

La tabla 14, aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) indica la transmisión térmica de la pared de la vivienda bioclimática, de las cuales está conformada por revoque exterior con yeso, adobe, Poliestireno (tecnopor) y revoque interior con yeso, la pared de la vivienda bioclimática presenta transmisión térmica (U) de 0.403 W/m²K.

Tabla 14.*Transmisión térmica en pared de la tercera fase*

Pared de Adobe	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Revoque ext. con yeso	0.01	0.48	0.021
Adobe	04.	0.22	1.818
Tecnopor	0.0254	0.041	0.620
Revoque int. con yeso	0.01	0.48	0.021
		R. Total	2.479
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			$U = 0.403 W/m^2K$

La tabla 15, aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) evidencia la transmisión térmica del piso de la vivienda bioclimática, de las cuales está machihembrado de madera y presenta una transmisión térmica (U) de 7.895 W/m² K.

Tabla 15.*Transmisión térmica en de la tercera fase*

Piso	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Machiembrado de madera	0.019	0.15	0.127
		R. Total	0.127
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			$U= 7.895 W/m^2K$

Como podemos ver en la tabla 16, aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) la transmisión térmica de la ventana en la vivienda bioclimática, que está conformada por aire exterior, vidrio de 4 mm, cámara de aire, vidrio de 4 mm y aire interior cuya transmisión térmica (U) es de 4.519 W/m² K.

Tabla 16.*Transmisión térmica en ventana de la tercera fase*

Ventana	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Aire exterior			0.11
Vidrio 4mm	0.004	0.5	0.008
Cámara de aire	0.025	0.28	0.089
Vidrio 4mm	0.004	0.5	0.008
Aire interior			0.006
		R. Total	0.221
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			$U = 4.519W/m^2K$

Tal y como muestra la tabla 17, aplicando la Ec. (5) (Ministerio de Vivienda, 2016) la transmisión térmica de la puerta de la vivienda bioclimática es de 2.703 W/m² K.

Tabla 17.*Transmisión térmica en puerta de la tercera fase*

Puerta	Espesor e (m)	Conduc. Térmica $\lambda=(W/mK)$	Resistencia Térmica $R=e/\lambda$
Superficie exterior			0.11
Madera	0.03	0.15	0.2
Superficie interior			0.06
		R. Total	0.370
Transmisión térmica ($U=1/R_{total}$)			U= 2.703 W/m²K

B. Variación de la temperatura

La tabla 18, aplicando la Ec. (1) de variación de la temperatura (Ministerio de Fomento, 2015), en las tres fases del proyecto, donde en la primera fase, con la colocación de la puerta piso nivelado, vidrio de una capa a la ventana y colocación del poliestireno en las paredes y techo alcanzo una variación de 1 °C; segunda fase, con el tarrajeo de la pared con yeso, colocación del piso machimbrado y la colocación del triplay en el techo, obtuvo una variación de 1.2 °C; tercera fase, con la cámara de aire en la ventanas (ventana doble capa de 4mm) , se obtuvo una variación de 2.9 °C.

Tabla 18.*Variación de la temperatura*

Fases	T. ext. (°C)	T. int. (°C)	ΔT (°C)
Primera fase	11.8	12.8	1
Segunda fase	8.5	9.7	1.2
Tercera fase	7.5	10.4	2.9

D. Cálculo de áreas y volumen del ambiente

Apreciamos en la tabla 19, el área de los componentes de la vivienda, donde la pared consta de 30.471 m², ventanas mide 2.0145 m², puerta 1.85 m², área de piso 16.8 m² y áreas de techo 16.8 m². Donde se evidencia que el área de la vivienda tiene 67.9355 m².

Tabla 19.*Área de la vivienda*

Ambiente	Largo	Ancho	Área m²
Área de pared de adobe			30.471
Ventanas			2.0145
Puerta	1.85	1	1.85
Área del piso			16.8
Área del techo			16.8
Área de la vivienda completa			67.9355

La tabla 20, muestra el volumen de la vivienda de 38.64 m³ y el volumen del techo de 4.48 m³, evidenciándose un volumen total de 43.12 m³.

Tabla 20.*Volumen de la vivienda*

Volumen			
	Área	Altura	Volumen m³
Área del ambiente			
Volumen de la vivienda	16.8	2.3	38.64
Volumen del techo	16.8	0.8	4.48
Volumen de la vivienda completa			43.12

E. Cálculo de pérdidas o cargas**d.1 Pérdida por transmisión**

La tabla 21, aplicando la Ec. (2) de pérdida o carga por transmisión (Ministerio de Fomento, 2015) en la primera fase de la construcción de la vivienda en la primera fase, el techo tiene una pérdida de 3.452 Pt Kcal/h; pared de adobe 10.480 Pt Kcal/h; piso 114.046 Pt Kcal/h; ventana 7.828 Pt Kcal/h y puerta 4.2997 Pt Kcal/h.

Tabla 21.*Pérdida por transmisión en la primera fase*

Envolventes	Área m²	Kcal/m².h.k	ΔT (°C)	Perdida transmisión Kcal/h
Techo	16.8	0.206	1	3.452
Pared de adobe	30.471	0.344	1	10.48
Piso	16.8	6.788	1	114.046
Ventana	2.045	3.886	1	7.828
Puerta	1.85	2.324	1	4.2997
				140.106

La tabla 22, aplicando la Ec. (2) (Acero, 2016) evidencia la pérdida o carga por transmisión en la segunda fase de la construcción de la vivienda en la segunda fase, el techo tiene una pérdida de 4.143 Pt Kcal/h; pared de adobe 12.576 Pt Kcal/h; piso 136.856 Pt Kcal/h; ventana 9.393 Pt Kcal/h y puerta 5.1596 Pt Kcal/h.

Tabla 22.*Pérdida por transmisión en la segunda fase*

Envolventes	Área m²	Kcal/(W/m².h)	ΔT (°C)	Perdida transmisión Kcal/h
Techo	16.8	0.206	1.2	4.143
Pared de adobe	30.471	0.344	1.2	12.576
Piso	16.8	6.788	1.2	136.856
Ventana	2.045	3.886	1.2	9.393
Puerta	1.85	2.324	1.2	5.1596
				168.128

En la tabla 23, aplicando la Ec. (2) (Acero, 2016) se puede ver la pérdida o carga por transmisión en la tercera fase de la construcción de la vivienda en la tercera fase, el techo tiene una pérdida de 10.012 Pt Kcal/h; pared de adobe 30.392 Pt Kcal/h; piso 330.735 Pt Kcal/h; ventana 22.700 Pt Kcal/h y puerta 12.469 Pt Kcal/h.

Tabla 23.*Perdida por transmisión en la tercera fase*

Envolventes	Área m²	Kcal/(W/m².h)	ΔT (°C)	Perdida transmisión Kcal/h
Techo	16.8	0.206	2.9	10.012
Pared de adobe	30.471	0.344	2.9	30.392
Piso	16.8	6.788	2.9	330.735
Ventana	2.045	3.886	2.9	22.700
Puerta	1.85	2.324	2.9	12.469
				406.308

d.2. Perdida por infiltración

La tabla 24, aplicando la Ec. (7) (Acero, 2016) demuestra las pérdidas por infiltración, donde en la primera fase la pérdida por infiltración es de 25.01; segunda fase 30.01 y tercera fase 72.53.

Tabla 24.*Perdidas por infiltración en las tres fases*

Fase	U	V	c/h	ΔT (°C)	Pi (kcal/h)
Primera fase	0.29	43.12	2	1	25.01
Segunda fase	0.29	43.12	2	1.2	30.01
Tercera fase	0.29	43.12	2	2.9	72.53

d.3. Total, de pérdidas

La tabla 25, muestra el total de pérdidas por transmisión y filtración, donde se evidencia que existe 406.308 de pérdida por transmisión y 72.53 de pérdida por filtración.

Tabla 25.*Total, de perdidas*

Perdidas	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Perdida por transmisión	140.106	168.128	406.308
Perdida por filtración	25.01	30.01	72.53
Total (kcal/h)	165.116	198.139	478.836
Total (W)	192.03	230.44	556.89

d.4. Sensación térmica

El intervalo de confort debe relacionarse con una escala de sensación térmica establecida, de las cuales fue propuesta por la ASHRAE (López & Marquez, 2018). Para la determinación de la sensación térmica en cada fase se utilizó la siguiente ecuación.

$$TE = T - 0.4(T - 10) \left(1 - \frac{HR}{100}\right) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (8)$$

T E: Temperatura efectiva

T : temperatura

HR: Humedad relativa

Tabla 26.

Escala de la TE estandariza a la escala ASHRAE a través del Tp y el rango de oscilación

Sensación térmica	Intervalo de TE (°C)	
Muy caluroso	> 29.3	
Caluroso	26.1	29.3
Cálido ligero	22.9	26.1
Confortable	19.7	22.9
Fresco ligero	16.5	19.7
Fresco	13.3	16.5
Frio	< 13.3	

Fuente : López & Márquez (2018).

La tabla 27 expone la sensación térmica aplicando la Ec. (8) (López & Marquez, 2018) en la primera fase, donde se evidencia en la vivienda interior una temperatura efectiva de 17.83°C, encontrándose dentro del rango fresco ligero. En la vivienda exterior, una sensación térmica cálido ligero con temperatura efectiva 23.13°C.

Tabla 27.*Vivienda bioclimática de poliestireno*

Primera Fase								
Vivienda	Temperatura			Humedad			Temperatura Efectiva	Sensación Térmica
	Med.	máx.	min	Med.	max	Min.		
Vivienda Interior	12.8	18.3	9.7	74.2	85.9	55.5	17.83	Fresco Ligerio
Vivienda Exterior	11.08	23.4	1.1	69.73	94.9	31.8	23.13	Cálido Ligerio

Como se puede ver en la tabla 28, se evidencia en la vivienda interior una temperatura efectiva de 15.19 °C, encontrándose dentro del rango fresco. En la vivienda exterior, una sensación térmica cálido ligero con temperatura efectiva 24.33°C.

Tabla 28.*Vivienda bioclimática de yeso y madera*

Segunda Fase								
Vivienda	Temperatura			Humedad			Temperatura Efectiva	Sensación Térmica
	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.		
Vivienda Interior	9.7	15.2	6.1	97.2	99.5	80.3	15.19	Fresco
Vivienda Exterior	8.5	24.8	-4.3	60	92.1	18.9	24.33	Cálido Ligerio

La tabla 29 indica que, en la vivienda interior una temperatura efectiva de 17.12 °C, encontrándose dentro del rango fresco ligero. En la vivienda exterior, una sensación térmica cálido ligero con temperatura efectiva 23.28°C.

Tabla 29.*Vivienda bioclimática de vidrio a doble capa*

Tercera fase								
Vivienda	Temperatura			Humedad			Temperatura Efectiva	Sensación Térmica
	Med	Max	Min.	Med.	Max.	Min.		
Vivienda Interior	10.4	18.1	3.6	54.6	69.6	26.2	17.12	Fresco Ligerio
Vivienda Exterior	7.5	23.9	-10.8	44.1	88.9	10.9	23.28	Cálido Ligerio

F. Simulación térmica de la vivienda bioclimática hexagonal

e.1. Simulación de la temperatura en la primera fase

La figura 60 y 61. Demuestran los valores de temperatura interior y exterior en la primera fase del proyecto, donde las condiciones de la vivienda se encontraban con aislantes de Tecnopor en los muros, techo con Tecnopor, aislamiento en el piso y vidrio simple en las ventanas. Se consideró en esta fase una infiltración de tres renovaciones por hora, temperatura del suelo de 5° C durante los 12 meses. Y una sola zona, por lo tanto, no hay intercambio de aire. Se visualiza que los datos de temperatura real respecto a la simulación son similares, puesto que la temperatura máxima sobrepasa los 20 ° C y la mínima se encuentra bajo los 0 ° C.

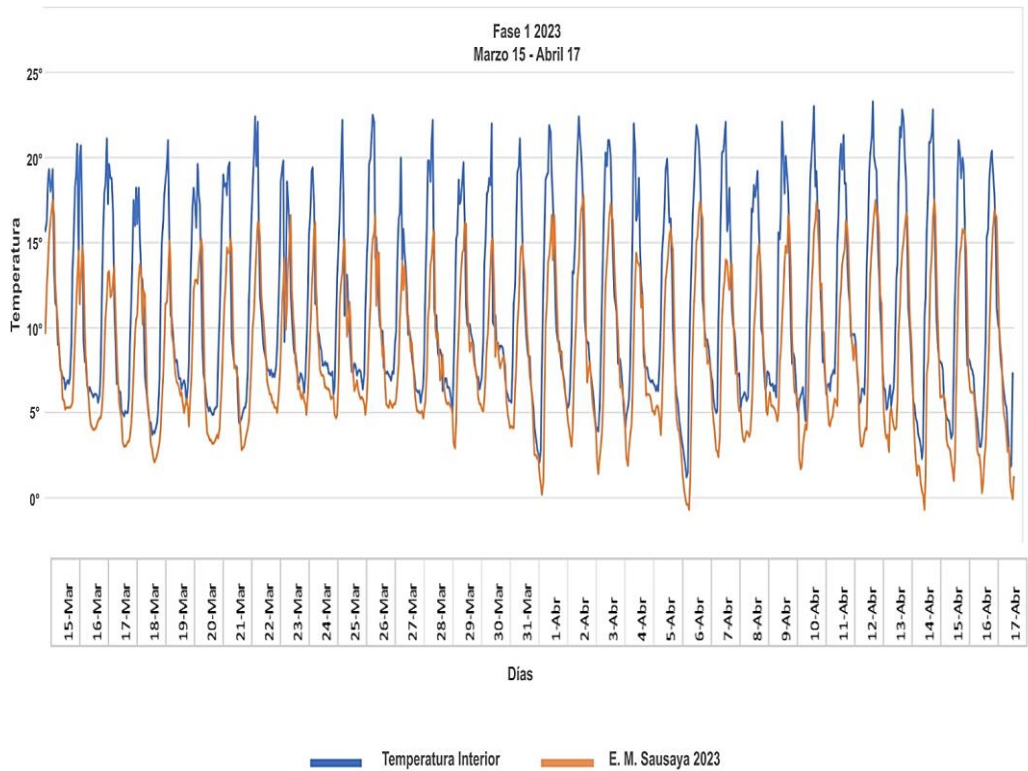


Figura 59. Datos reales de temperatura en la primera fase (EnergyPlus, 2023).

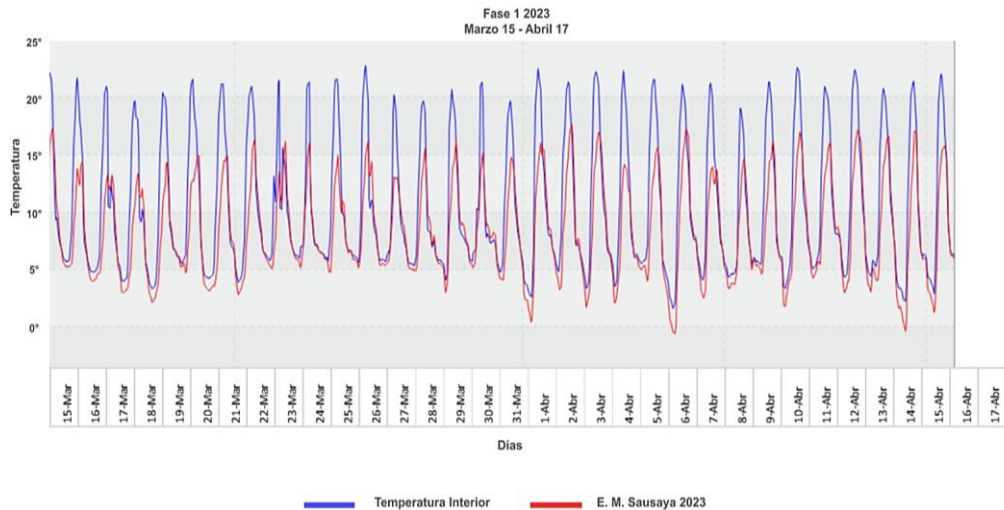


Figura 60. Simulación de la temperatura en la primera fase (EnergyPlus, 2023).

Estos resultados comparados con Peña, Roman & Quispe (2017) son diferentes puesto que desarrollaron una propuesta sostenible de un aislante térmico para las viviendas en la comunidad de Cupisa basada en tecnologías de aislamiento para mitigar el impacto de las heladas y mejorar el confort térmico. Donde antes (sin aislante) desde de las 4:30 am a 6:00 pm la temperatura fluctúa de 3°C a 12°C, temperatura interior y temperatura exterior -10 a 10. Después (con aislante) desde de 4:30 am a 6:00 pm de 8°C a 14°C en el interior del ambiente y exterior de -10 a 10 grados. Se evidencia que la temperatura dentro del cuarto es mayor con el uso del aislante siendo así una acción que ayudará a reducir la tasa de afectación y principalmente la cantidad de personas enfermas y las muertes por neumonía. El aislante estuvo conformado por fibras, cola sintética, aserrín y geomallas

e.2. Segunda fase (mayo 07 – mayo 29)

En la figura 62 y 63 se pueden ver los valores de temperatura interior y exterior en la segunda fase del proyecto, donde las condiciones de la vivienda se encontraban con aislamiento con Tecnopor en los muros y acabado de yeso sobrepuesto en la pared, interior y exterior, techo con Tecnopor y triplay, madera en el piso sobre durmientes entre aire y vidrio simple. Se consideró en esta fase una infiltración de tres renovaciones por hora, una temperatura del suelo de 5°C durante los 12 meses y dos zonas, por lo tanto, un intercambio de aire de tres renovaciones por hora. Dos zonas, por lo tanto, un intercambio de aire de tres

renovaciones por hora. Se visualiza que los datos de temperatura real respecto a la simulación son similares, puesto que la temperatura máxima sobrepasa los 15°C a 17°C y la mínima se encuentra bajo -5°C a -8°C .

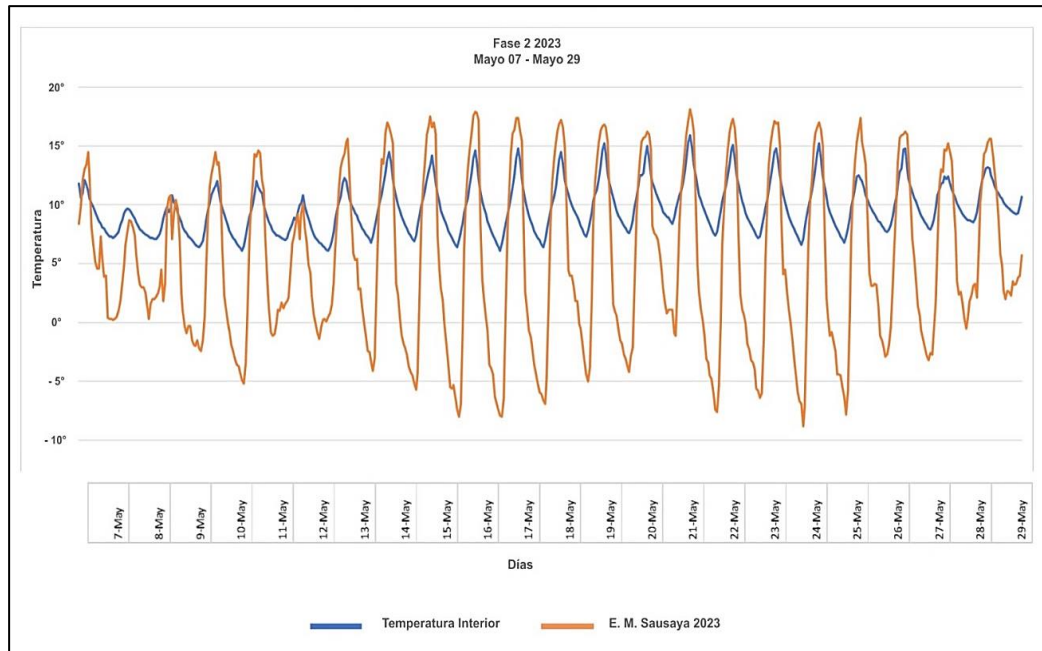


Figura 61. Datos reales de temperatura en la segunda fase (EnergyPlus, 2023).

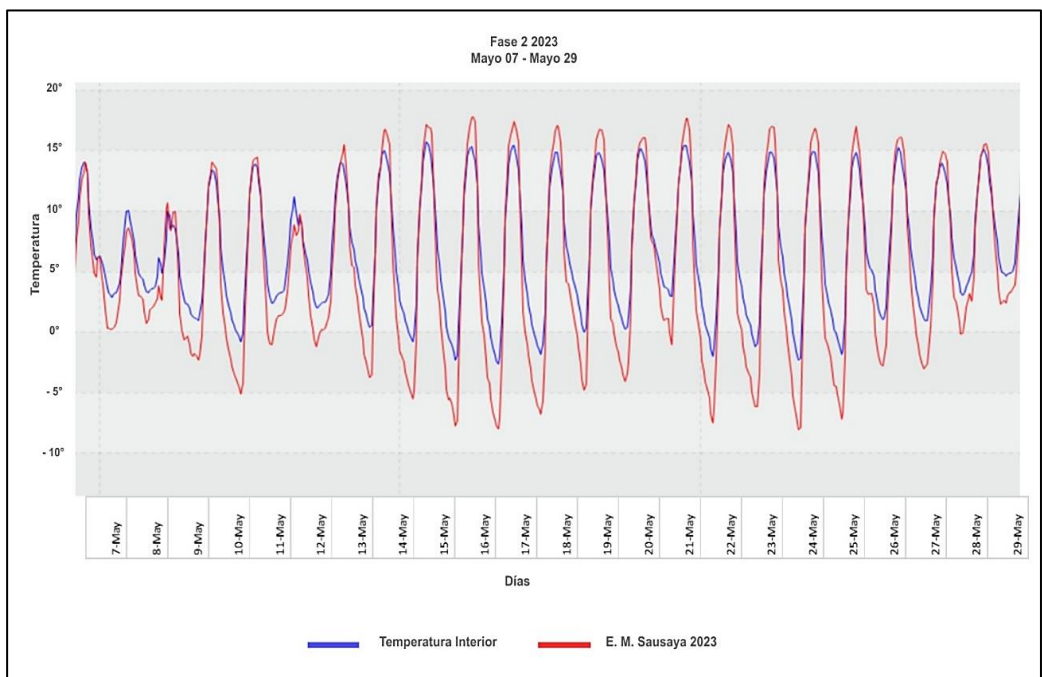


Figura 62. Simulación de temperatura en la segunda fase (EnergyPlus, 2023).

Así también, en el estudio de Wieser, Rodríguez & Onnis (2021) diseñaron, construyeron y validaron, junto con la población local, un prototipo bioclimático y sismorresistente en la localidad de Orduña, Puno, Perú. El presente documento se centra en las estrategias bioclimáticas pasivas implementadas en el prototipo, lográndose demostrar que es posible obtener confort térmico en dichas condiciones extremas a partir de la utilización casi exclusiva de materiales locales y naturales. Donde con las propuestas implementadas, la temperatura interior se eleva 5°C adicionales en relación con la primera etapa y, lo que es más importante, alcanza valores mínimos de 10°C en los momentos más fríos, prácticamente 15°C por encima de las condiciones exteriores. Los aislantes térmicos fueron la piedra (30 cm) y adobe (42 cm)

e.3. Tercera fase (junio 11- agosto 15)

La figura 64 y 65 exponen los valores de temperatura interior y exterior en la tercera fase del proyecto, donde las condiciones de la vivienda se encontraban con aislamiento de tecnopor en los muros y acabados de yeso sobrepuesto en la pared, interior y exterior, techo con tecnopor y triplay, madera en el piso sobre durmientes entre aire y vidrio doble en las ventanas. Se consideró en esta fase una infiltración de tres renovaciones por hora. Una temperatura del suelo de 5° C durante los 12 meses. Dos zonas, por lo tanto, un intercambio de aire de tres renovaciones por hora. Se visualiza que los datos de temperatura real respecto a la simulación son similares, puesto que la temperatura máxima sobrepasa los 20°C a 21°C y la mínima se encuentra en -15°C.

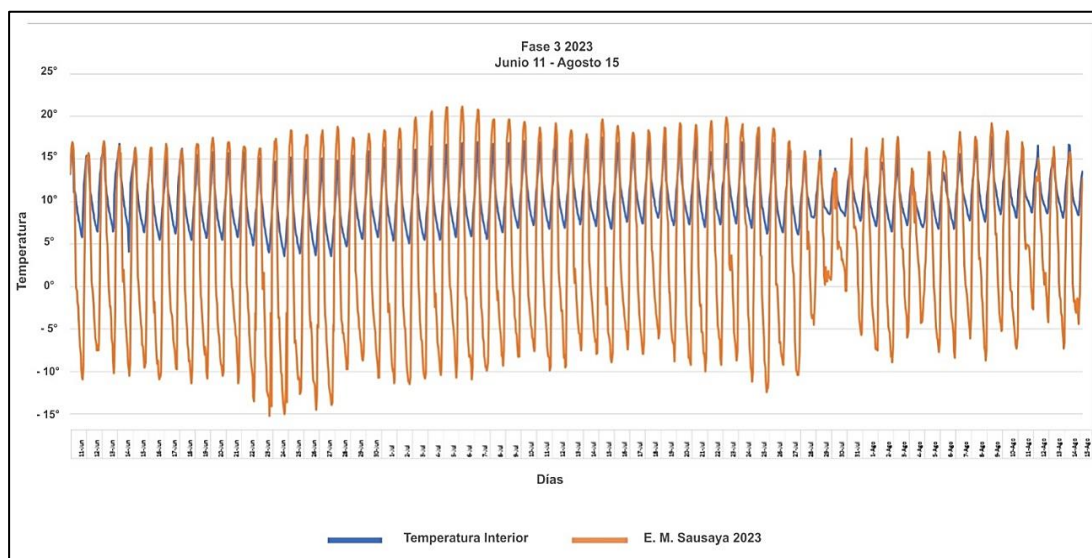


Figura 63. Datos reales de temperatura en la tercera fase (EnergyPlus, 2023).

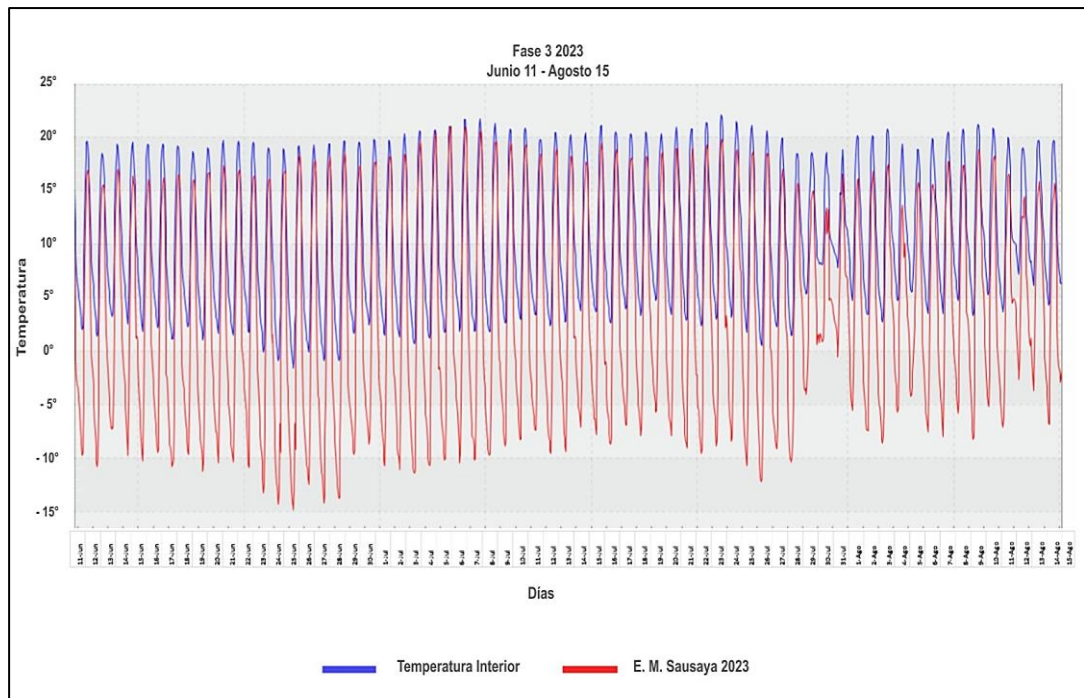


Figura 64. Simulación de la temperatura en la tercera (EnergyPlus, 2023).

Por último, Espinoza et al., (2009) en su estudio utilizaron como aislante térmico de pisos de ambientes: cama de piedra (15 cm) – aire (6 cm)- tablas de madera (2 cm). Aislamiento de techos, con una configuración tipo sándwich: calamina metálica, paja y planchas de fibrocemento. En la vivienda modificada, los mínimos de temperatura del aire en el dormitorio 1 y en la cocina fueron, en promedio, 9 °C y 11 °C respectivamente; esto implicó una elevación de las temperaturas mínimas (respecto al 2008) de 6 °C (para el dormitorio 1) y 8 °C (para la cocina) aproximadamente. Se concluye que es posible elevar la temperatura del aire al interior de la vivienda rural altoandina desde condiciones infrahumanas (mínimos de 3 °C) hasta condiciones adecuadas para el medio (mínimos de 11 °C); usando para ello elementos constructivos adecuados y la energía solar como fuente de calentamiento.

e.4. Determinación de carga térmica

En la figura 66 se presenta la ganancia de calor por medio de las ventanas en la vivienda hexagonal base (sin aislamiento) y en la vivienda hexagonal mejorada, respectivamente. Sin aislamiento se ha obtenido 394.53 kWh y con aislamiento 566.70 394.53 kWh.

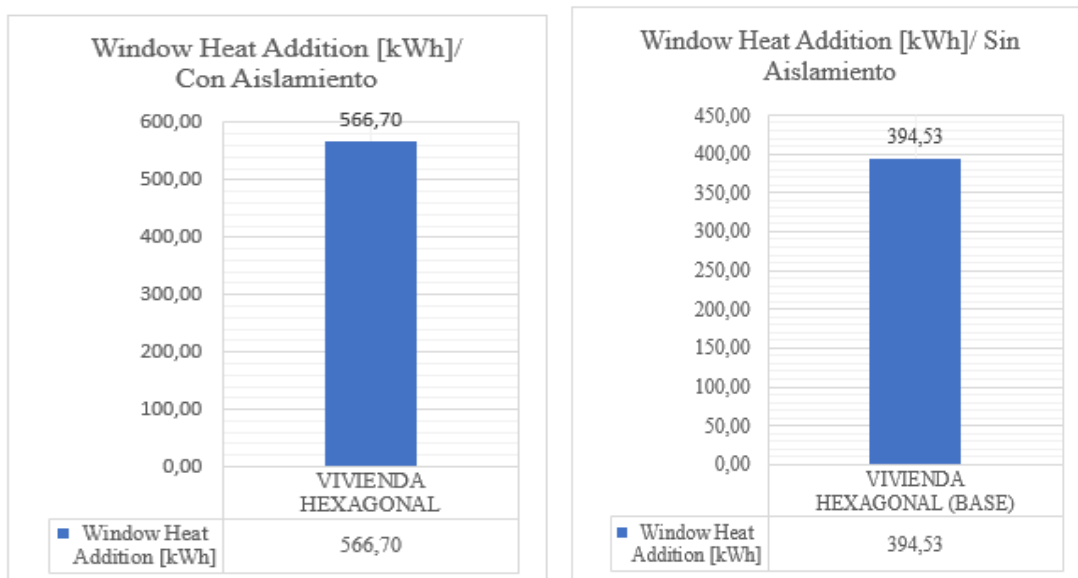


Figura 65. Ganancia por las ventanas en las zonas térmicas – vivienda hexagonal base y mejorada (EnergyPlus, 2023).

La figura 67. Muestra la relación entre los criterios de sumatoria de grados de confort hora - calefacción 16° y las horas fuera de confort para 7152 horas (2023) en la vivienda hexagonal. Se puede apreciar la correlación entre ambos aspectos, sin embargo, se debe de afirmar que la sumatoria de grados de confort es un indicador más detallado.

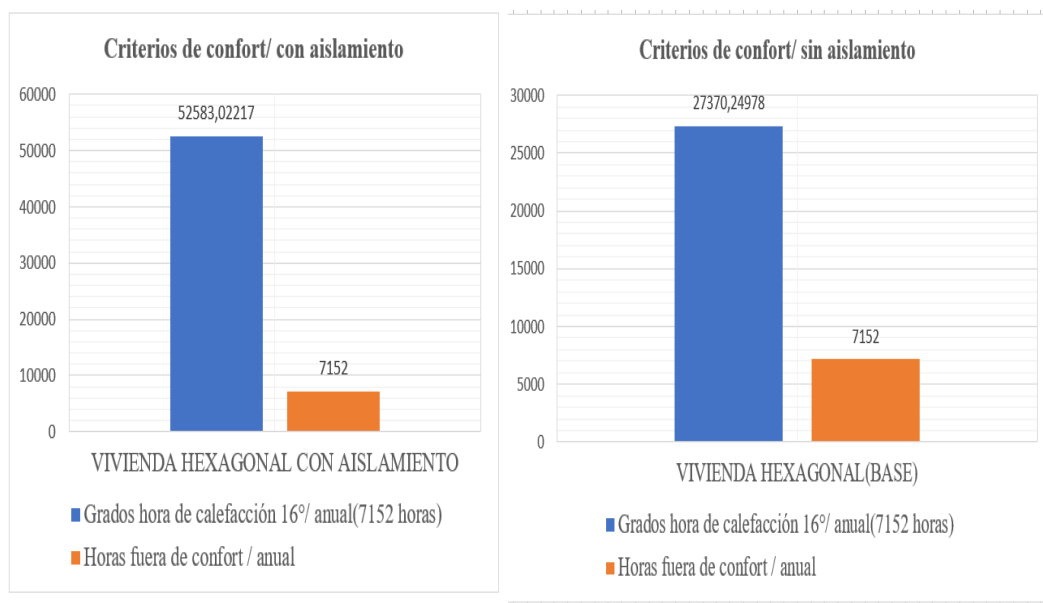


Figura 66. Criterios de confort – Grados Hora de calefacción 16°C – Horas fuera de confort – 7152 horas (Vivienda base) y (vivienda hexagonal mejorada) (EnergyPlus, 2023).

Figura 68. Presentan la relación de los grados hora de calefacción requeridos (16°) y la ganancia por ventana en relación con el área del espacio. La presenta la relación que existe. Cuando la barra naranja que representa las ganancias por las ventanas en relación con el área del espacio es alta, los grados hora de calefacción son bajos, mientras que cuando la ganancia por la ventana es baja, los grados hora de calefacción son altos.

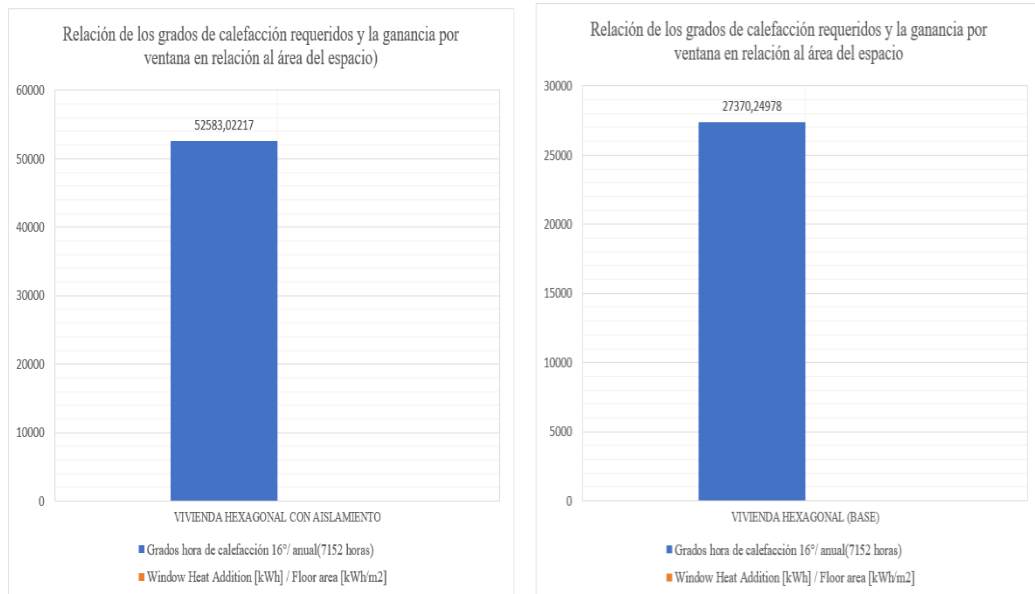


Figura 67. Relación de los grados hora de calefacción requeridos (16°) y la ganancia por ventana en relación con el área del espacio) (vivienda hexagonal base) y (vivienda hexagonal mejorada) (EnergyPlus, 2023).

En el estudio Mestanza (2021) con diferencia al estudio presente, el prototipo alcanzó una diferencia térmica de 6°C del interior con relación al exterior del mismo, mientras que el confort térmico logró una diferencia de 3°C entre la vivienda, logrando así una efectividad de confort térmico hasta 3.3°C.

e.5. Temperatura operativa en vivienda hexagonal base y vivienda hexagonal mejorada.

Las figuras 69 y 70 ilustran el confort térmico, con una temperatura operativa mínima objetivo de 16°C. En la representación gráfica, la línea azul muestra la temperatura operativa en una vivienda sin aislantes térmicos, la línea verde refleja la temperatura interior de la vivienda con aislantes mencionados anteriormente, y la línea roja representa la temperatura exterior. Aunque la vivienda base (sin aislantes)

parece funcionar mejor y superar el confort térmico deseado, se observa que pierde calor rápidamente debido a ser una sola zona. En contraste, la vivienda con aislantes mantiene una temperatura más baja, ya que está dividida en dos zonas: la Zona 1, desde el cielo raso hasta el techo, donde se almacena más calor gracias a la calamina como buen receptor térmico; y la Zona 2, desde el piso hasta el cielo raso, donde el cielo raso actúa como barrera para evitar la pérdida de calor. Es importante señalar que durante pocos momentos del año se alcanzan temperaturas superiores a 16°C, por lo que se sugiere utilizar materiales de alta masa térmica para aumentar las ganancias internas y considerar la masa inercial en la simulación de la edificación. La interacción de la carga térmica interior, la radiación y la retención de temperatura a través de elementos verticales y horizontales en muros y techos determinará la temperatura final. Se recomienda ajustar la humidificación según sea necesario para mejorar el confort térmico.

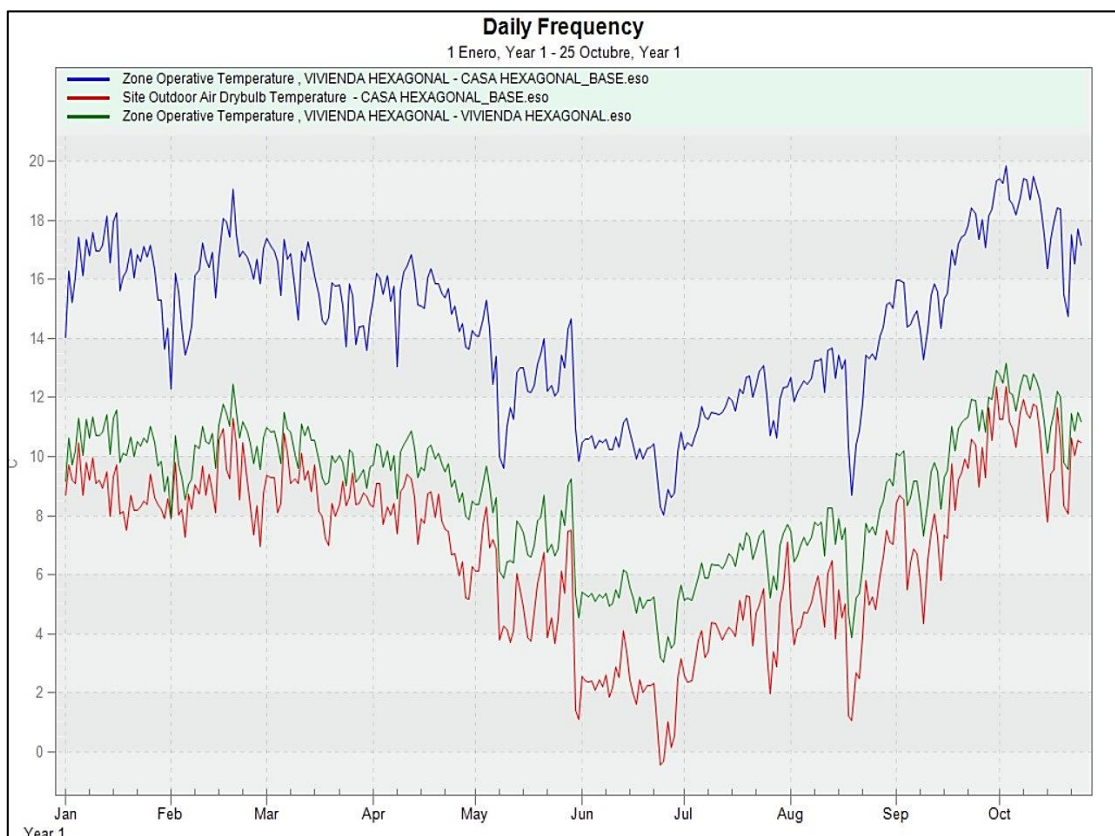


Figura 68. Temperatura operativa de la casa hexagonal en frecuencia media diaria (EnergyPlus, 2023).

Comparado al estudio de Mestanza (2021) donde desarrolló su investigación en una vivienda rural, el cual permite elevar la temperatura en 3°C a 8 °C en relación

a una vivienda sin confort y de 5°C a 10°C en relación a la temperatura que se aprecia en el ambiente exterior, así también el prototipo propuesto posee una diferencia térmica de 6°C en promedio entre el interior y exterior de la vivienda.

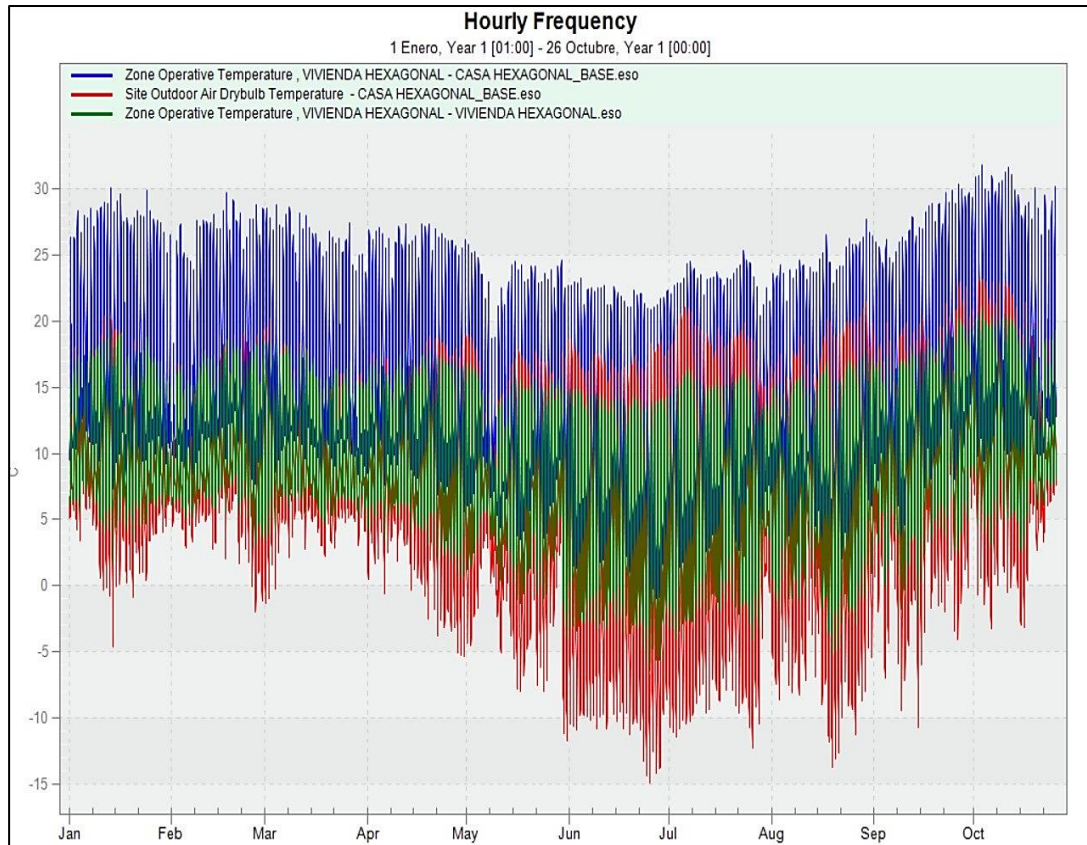


Figura 69. Temperatura operativa de la casa hexagonal en frecuencia medida horaria (EnergyPlus, 2023).

La figura 71, muestra temperatura del bulbo seca del distrito de Checca Checca proporciona información sobre la energía térmica del aire, pero no tiene en cuenta la cantidad de vapor de agua presente. Por lo tanto, es una medida importante para evaluar el confort térmico en términos de calor sensible.

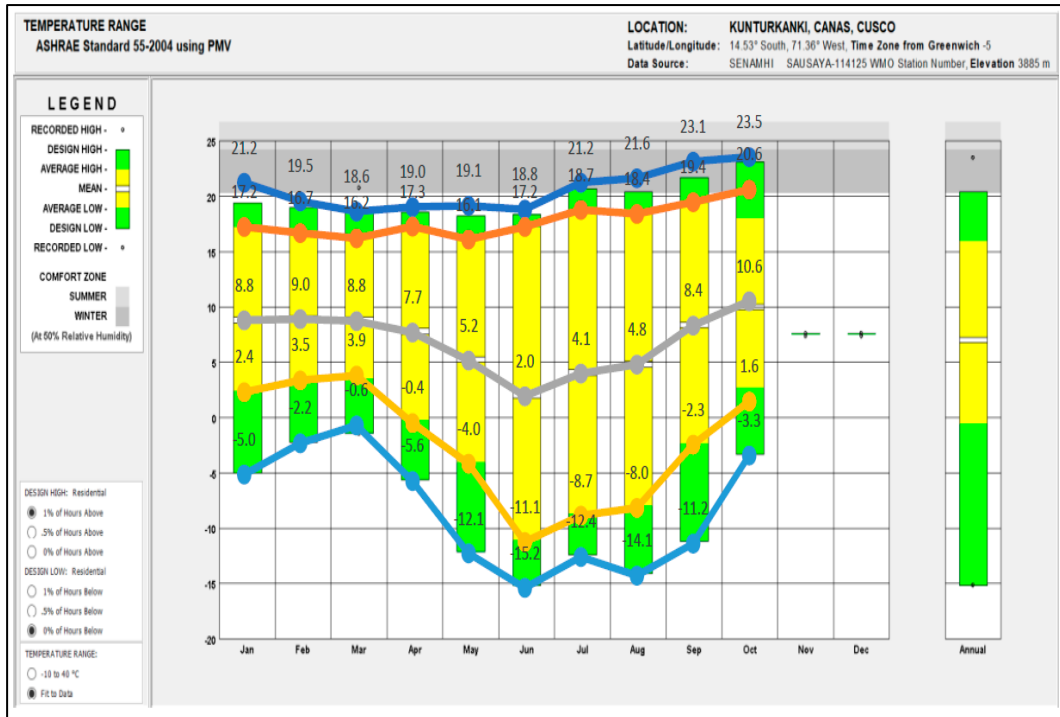


Figura 70. Temperatura bulbo seca del distrito Checca, Cusco y de la estación del SENAMHI 2023 de Sausaya, Cusco (Climate Consultant, 2023) + epw generado.

Así también en el estudio Mecott, (2007) de una vivienda sin consideraciones bioclimáticas, su comportamiento fue favorable por más de 3°C pues dichas temperaturas hasta el 29.5°C encontrándose en disconfort durante todo el año.

La figura 72. Expone la Carta Psicrométrica de Estrategias Bioclimáticas que sugiere aumentar calor y humidificación. Asimismo, se requiere ganancia solar pasiva con materiales de alta masa térmica, así como ganancias internas.

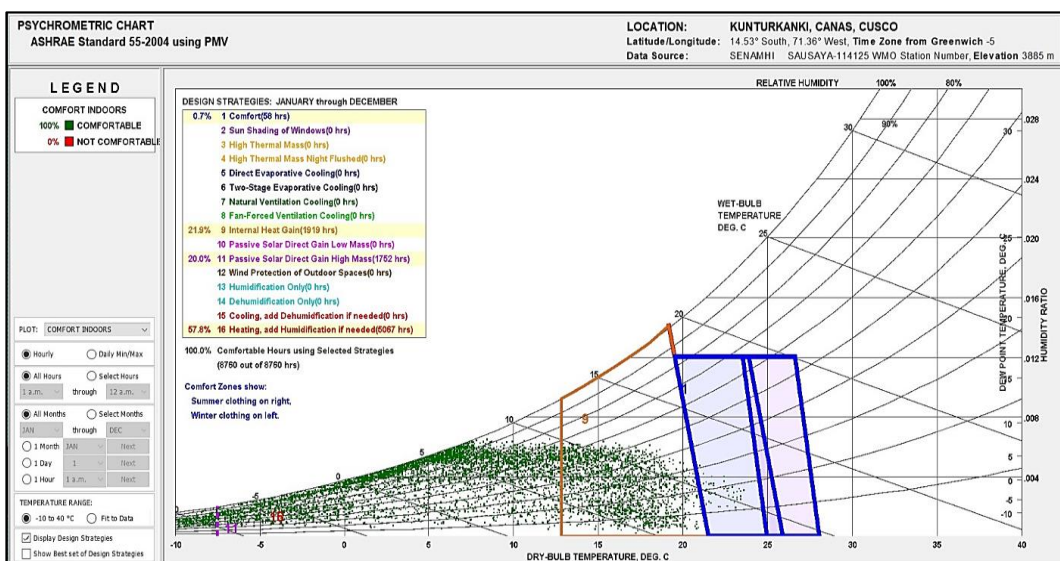


Figura 71. Relación de las condiciones de temperatura y las estrategias bioclimáticas (Climate Consultant, 2023)+ epw generado.

La figura 73. Presenta la evaluación de los datos meteorológicos mes a mes con la información del SENAMHI 2023.

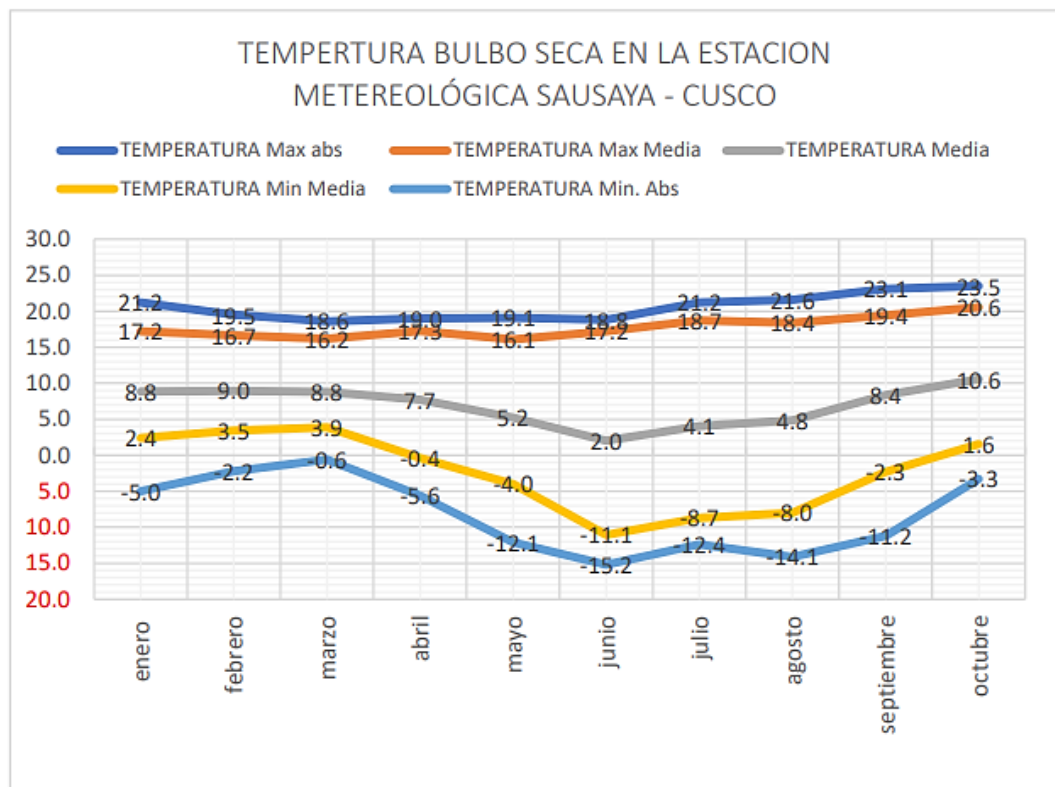


Figura 72. Grados de calefacción y enfriamiento acorde a ASHRAE 169 SENAMI 2023 por meses.

A comparación del estudio de Mecott, (2007) donde trabajó con paneles modulares de ferrocemento y materiales aislantes alternativos, el cual obtuvo en los resultados que en los meses de mayo y junio se encuentran temperaturas fuera del rango de confort térmico por 2°C y en los meses de abril, junio, julio, agosto y setiembre por menos de 1°C.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Tras la implementación de aislantes térmicos en la vivienda bioclimática de diseño hexagonal, se observó que las temperaturas tanto en verano (12.8 °C) como en invierno (10.4 °C) permanecieron prácticamente estables, como se ilustra en las figuras 28 y 36. Se determinó un nivel de mejora en el confort térmico, que se presenta de la siguiente manera:

En la primera fase, se alcanzó una variación de 1 °C con la adición del poliestireno; se registró una temperatura media de 12.8 °C y humedad relativa de 74.2% dentro de la vivienda, siendo en el exterior 11.08 °C y humedad relativa 69.7% lo que se evidencia en la figura 28. Esta combinación de datos sugiere que el poliestireno proporcionó un nivel efectivo de aislamiento térmico, manteniendo una temperatura interior moderada y una humedad relativa dentro de un rango aceptable para el confort humano.

En contraste, durante la segunda fase, se obtuvo una variación de 1.2 °C, donde se empleó yeso y madera, se observó una disminución en la temperatura media a 9.7°C y un aumento considerable en la humedad relativa hasta alcanzar el 97.2%. Esta reducción en la temperatura media puede indicar una mayor eficacia en el aislamiento térmico debido a los materiales utilizados.

En la tercera fase, al incorporar vidrio de doble capa se obtuvo una variación de 2.9 °C en la edificación de la vivienda bioclimática, se logró una temperatura media de 10.4°C y una humedad relativa del 54.6% dentro de la vivienda. Estos resultados indican una mejora en la eficiencia del aislamiento térmico en comparación con las fases anteriores. La temperatura más baja y la humedad relativa más moderada pueden contribuir a un ambiente interior más confortable y energéticamente eficiente.

5.2.Recomendaciones

- Se recomienda incluir las mediciones en una vivienda construida sin aislamientos térmicos.
- Se recomienda implementar materiales de alta masa térmica para aumentar las ganancias internas, así como aumentar la humidificación cuando sea necesario.
- Se recomienda ampliar un año de mediciones de temperatura y humedad relativa en la vivienda interior y exterior.
- Se recomienda evitar el uso de cielo raso, ya que puede provocar un desequilibrio térmico dentro de la vivienda.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

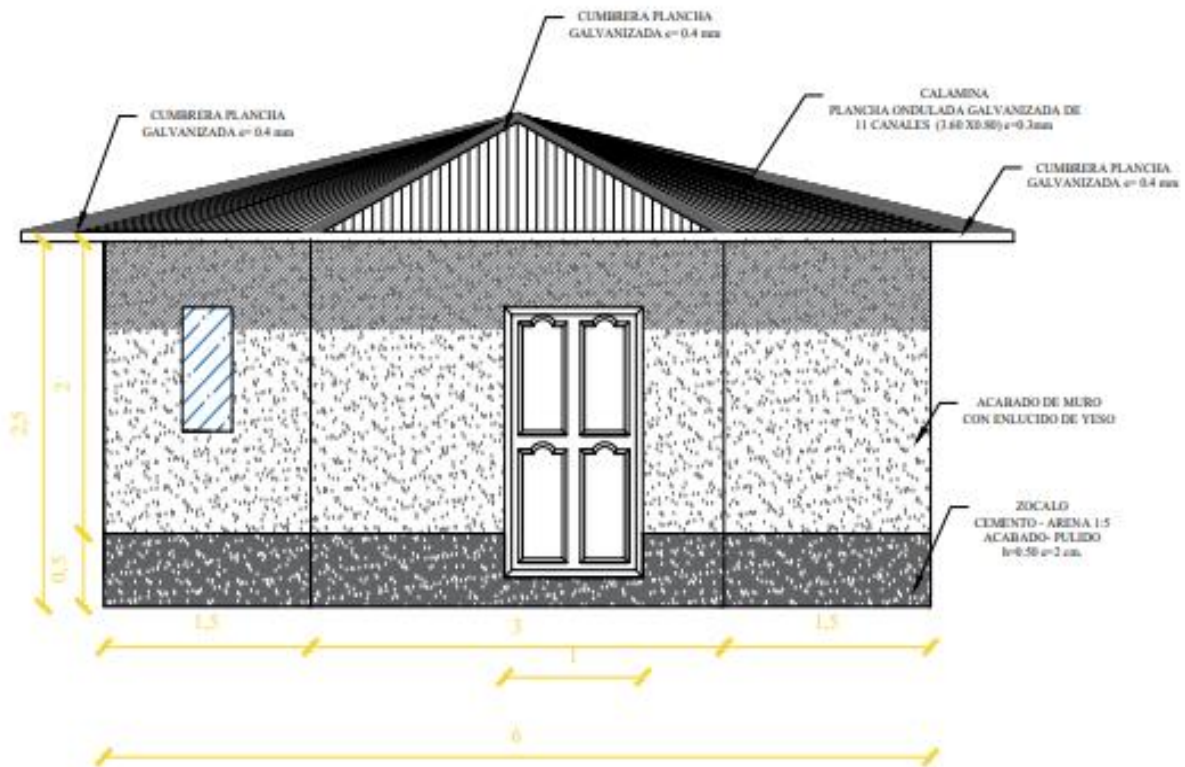
- Acero, N. (2016). Evaluación Y Diseño De Vivienda Rural Bioclimática En La Comunidad Campesina De Ccopachullpa Del Distrito De Ilave. In *Universidad Nacional del Altiplano* (Vol. 1).
- Acero, Nativo. (2016). Evaluación y diseño de vivienda rural bioclimática en la Comunidad Campesina de Ccopachullpa del Distrito de Ilave [Universidad Nacional del Altiplano Puno]. In *Universidad Nacional del Altiplano* (Vol. 1). <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5441>
- Asencio, R. (1998). Principios bioclimáticos aplicados a la arquitectura en puno para el diseño de viviendas unifamiliares. Puno.
- Bustamante, W., Rozas, Y., Cepeda, R., Encinas, F., & Martínez, P. (2009). Guía de diseño para la Eficiencia Energética en la vivienda social. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
- Cengel, Y. (2007). TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. In *Biotechnology Letters* (Vol. 18, Issue 12). <https://doi.org/10.1007/BF00129346>
- Climate Consultant. (2023). Obtenido de <https://www.sbse.org/resources/climate-consultant>
- CONFORT. (2021). *Vidrio insulado*. <https://www.confortpvc.com/que-es-un-vidrio-insulado-doble-vidrio-y-cuales-son-sus-beneficios/>
- Díaz, E. (2020). *Producción de elemento aligerante con características de aislante térmico a base de yeso y cáscara de arroz*. <http://www.unj.edu.pe>
- EADIC. (17 de Diciembre de 2012). *Arquitectura Bioclimática*. Obtenido de <https://eadic.com/blog/entrada/arquitectura-bioclimatica/>
- EnergyPlus. (2023). Obtenido de <https://energyplus.net/downloads>
- Espinoza, R., Saavedra, G., Huaylla, F., Gutarra, A., Molina, J., Barrionuevo, R., & Lau, L. (2009). Evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort térmico en una vivienda altoandina del Perú. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente, 13*.
- Extech Instruments RHT10 Graph. (2023). *Extech Instruments RHT10 Graph*.

- Gama, J. (2023). *Diseño bioclimático para el confort térmico, en viviendas en Malinalco, Estado de México. Casos de estudio; segunda residencia y vivienda local en Malinalco* [Universidad Autónoma Metropolitana]. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/9978>
- Garza, V. (2016). *Análisis del ciclo de vida de aislantes térmicos para la aplicación en edificaciones*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Garzón, B. (2007). *Arquitectura Bioclimática*. Argentina.
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*.
- Google Earth. (2023). Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/about/>
- Harman, L. (2010). Confort térmico en viviendas altoandinas...es un enfoque integral.
- Hernández, J. (2018). *Estrategias de diseño bioclimático enfocado en el confort térmico*. U Católica de Colombia.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa. In *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- Huaman, L. (2010). *Confort Térmico en Viviendas Altoandinas*. 24.
- Huaylla, R. (2010). *Evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort térmico en una vivienda altoandina del Perú*.
- López, A., & Marquez, B. (2018). *Caracterización del régimen bioclimático humano en el Área Metropolitana de Guadalajara, México*. 29–56.
- Lopez, A., Yucra, M., Cisneros, N., & Acuña, G. (2022). Uso del corcho como aislante térmico en viviendas prefabricadas – Caso de Estudio: Ticlio Chico. *Cátedra Villarreal*, 9(2). <https://doi.org/10.24039/cv2021921183>
- Lozada, J. (2016). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *Cienciaamérica*, 1(3), 34–39.
- Marsh, A. (2015). *3D Sun-Path*. <https://andrewmarsh.com/software/sunpath3d-web/>
- Mecott, S. (2007). *Vivienda bioclimática con paneles modulares de ferrocemento y materiales aislantes alternativos para la ciudad de Oaxaca, OAX*. Instituto Politécnico Nacional.

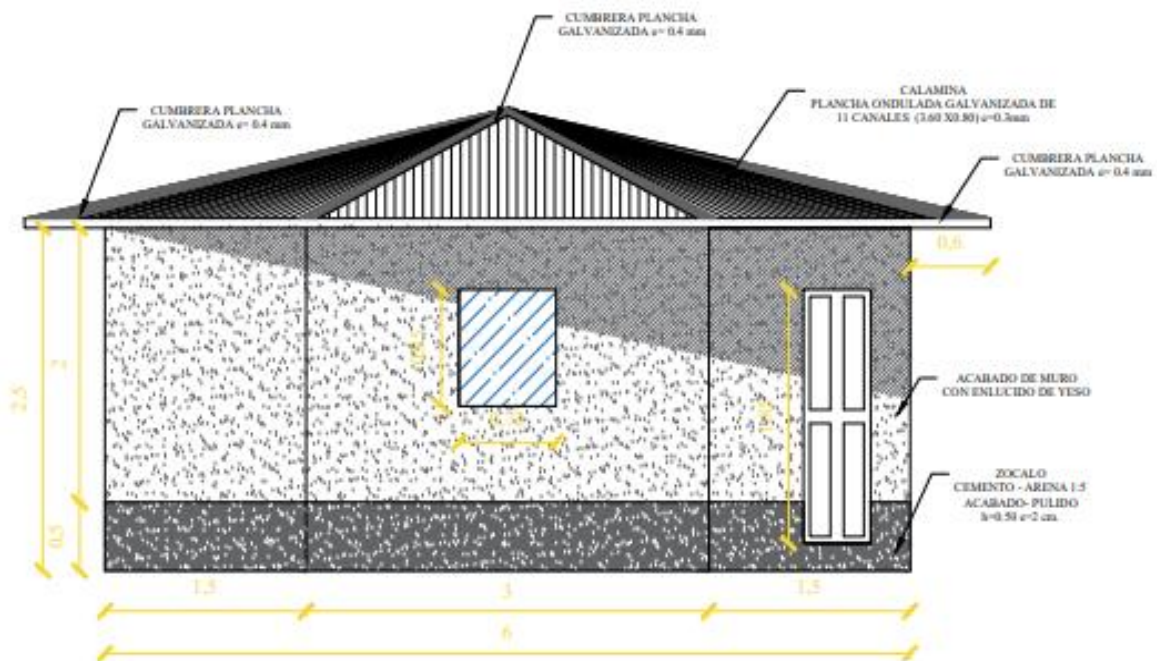
- Mestanza, V. (2021). *Diseño y evaluación ambiental de un prototipo de vivienda bioclimática y de sus parámetros de confort térmico, lumínico y de ventilación en la ciudad de Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Mier, D. (2013). *Aplicaciones de la madera en ingeniería y métodos de su preservación*.
- Ministerio de Fomento. (2015). *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.
https://www.cgate.es/hit/Hit2016-2/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2016). *NORMA EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética*.
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686426/EM.110 Confort Térmico y Lumínico Con Eficiencia Energética.pdf?v=1641411379](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686426/EM.110_Confort_Térmico_y_Lumínico_Con_Eficiencia_Energética.pdf?v=1641411379)
- Palomo, M. (2017). *Aislantes térmicos criterios de selección por requisitos energéticos*.
- Peña, O., Roman, R., & Quispe, G. (2017). Desarrollo De Un Aislante Térmico En Base A Fibras Naturales Para Mitigar El Impacto De Las Heladas En Las Viviendas De La Sierra Sur Del Perú. In *CISCI 2017 - Decima Sexta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática, Décimo Cuarto Simposium Iberoamericano en Educación, Cibernética e Informática, SIECI 2017 - Memorias*.
- Silv, 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>
- Vilca, H. (2022). Propuesta de una vivienda rural bioclimática para mejorar las condiciones de habitabilidad del sector Ccarmi Antauta. In *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Vilca, H., & Ticona, J. (2022). Vivienda rural bioclimatizada para mejorar el confort térmico en la zona altoandina. In *Vivienda rural bioclimatizada para mejorar el confort térmico en la zona altoandina*. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.023>
- Wieser, M., Rodríguez, S., & Onnis, S. (2021). Estrategias bioclimáticas para clima frío tropical de altura. Validación de prototipo en Orduña, Puno, Perú. *Estoa. Revista de La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La Universidad de Cuenca*, 10(19), 10–21. <https://doi.org/10.18537/EST.V010.N019.A01>

ANEXOS

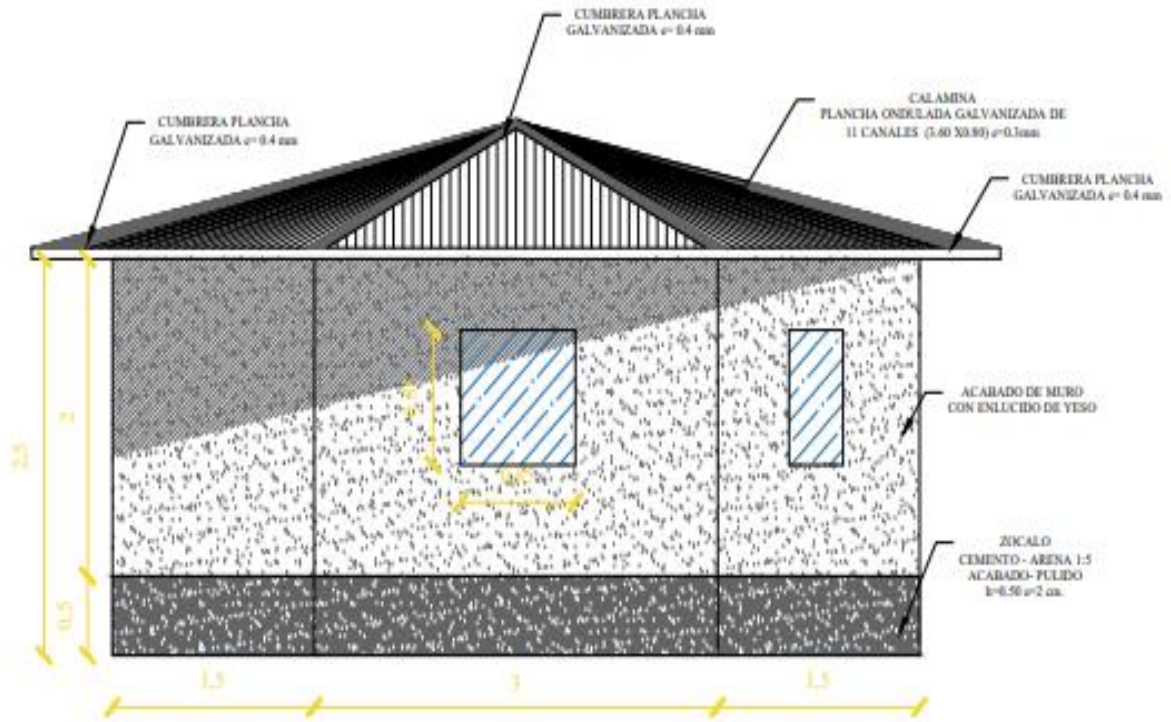
ANEXO 1. Vista frontal, lateral izquierdo y derecho de la vivienda bioclimática hexagonal



FRONTAL
ESC. 1/50



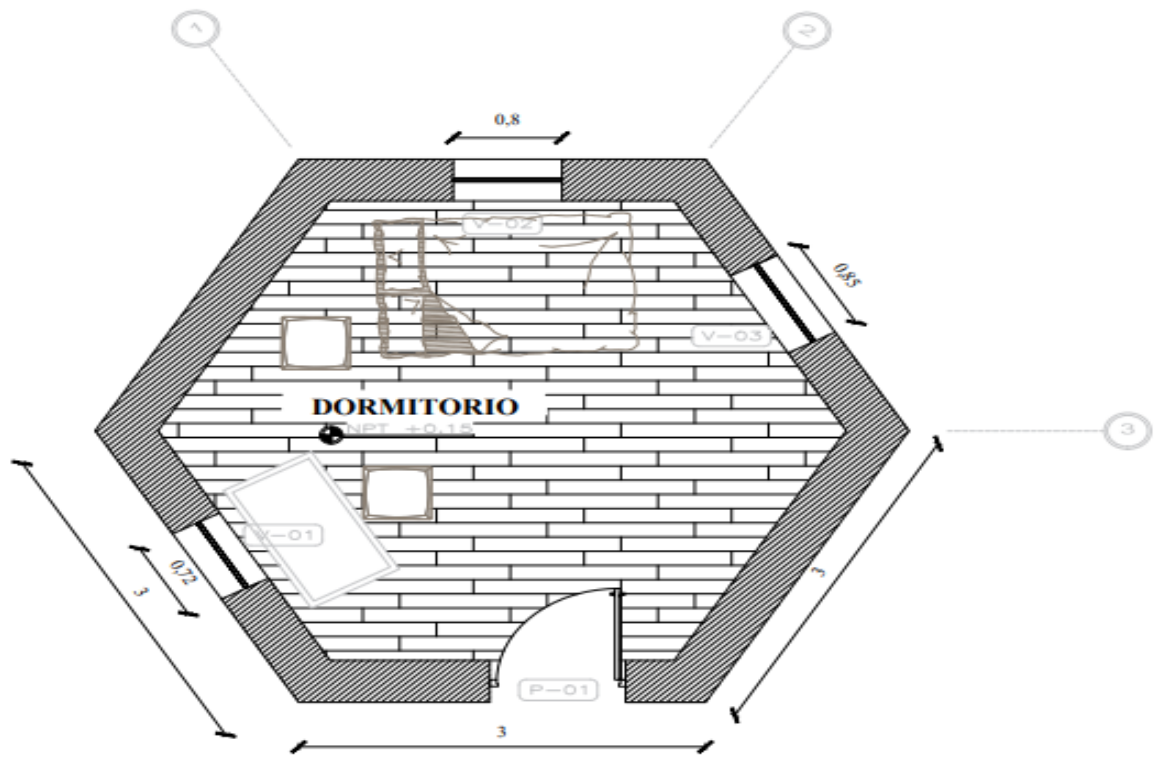
LATERAL DERECHO
ESC. 1/50



LATERAL IZQUIERDO

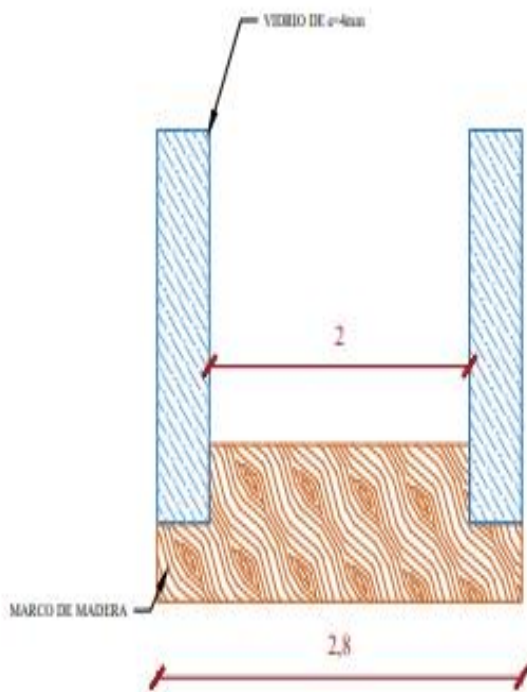
ESC. 1/50

ANEXO 2. Vista del plano en planta



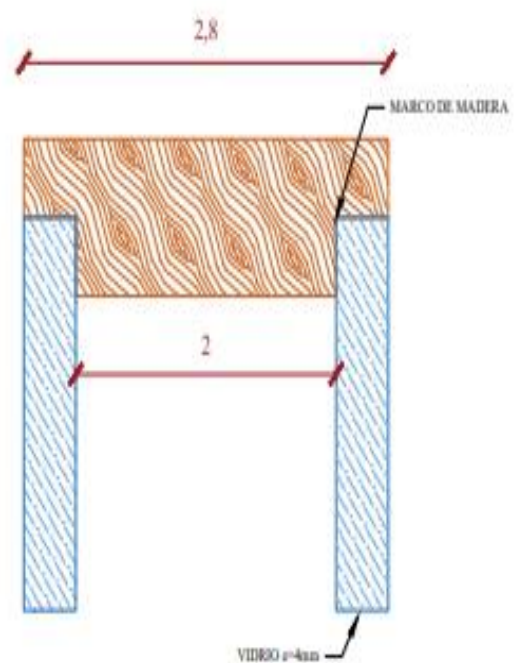
PLANO EN PLANTA

ESC. 1/50



DETALLE VENTANAS ABAJO

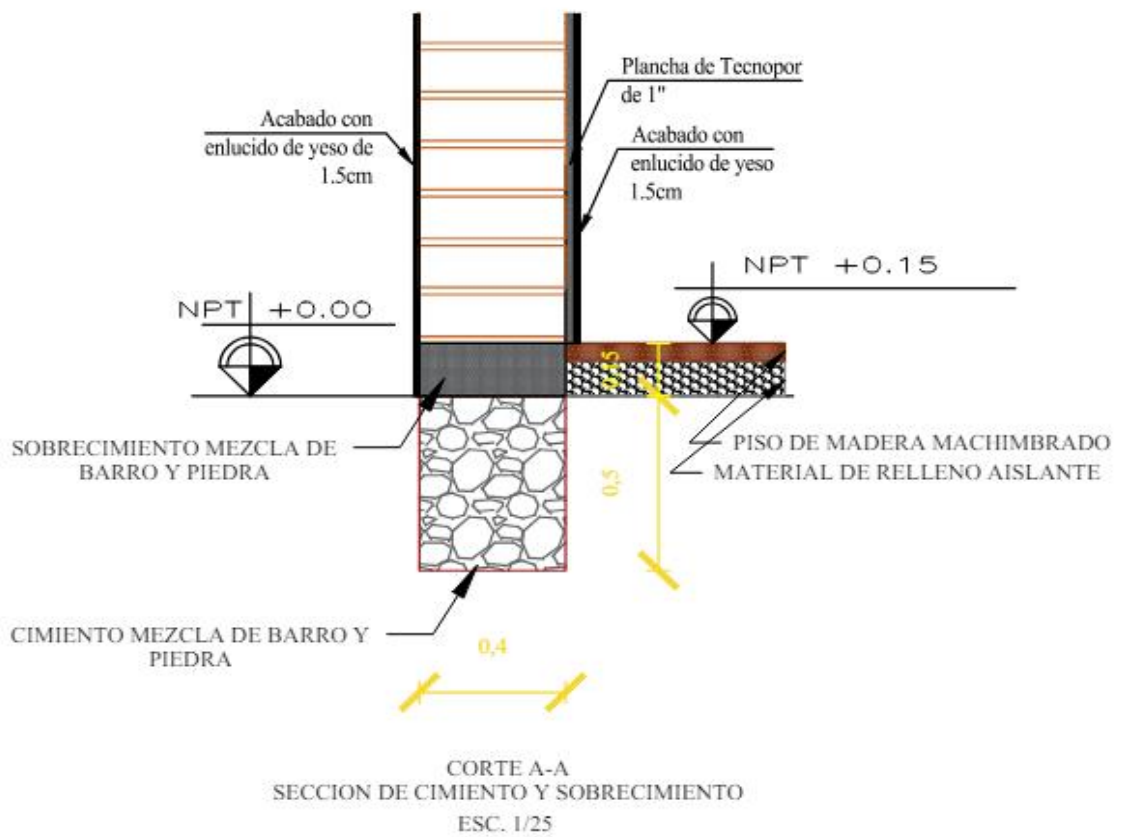
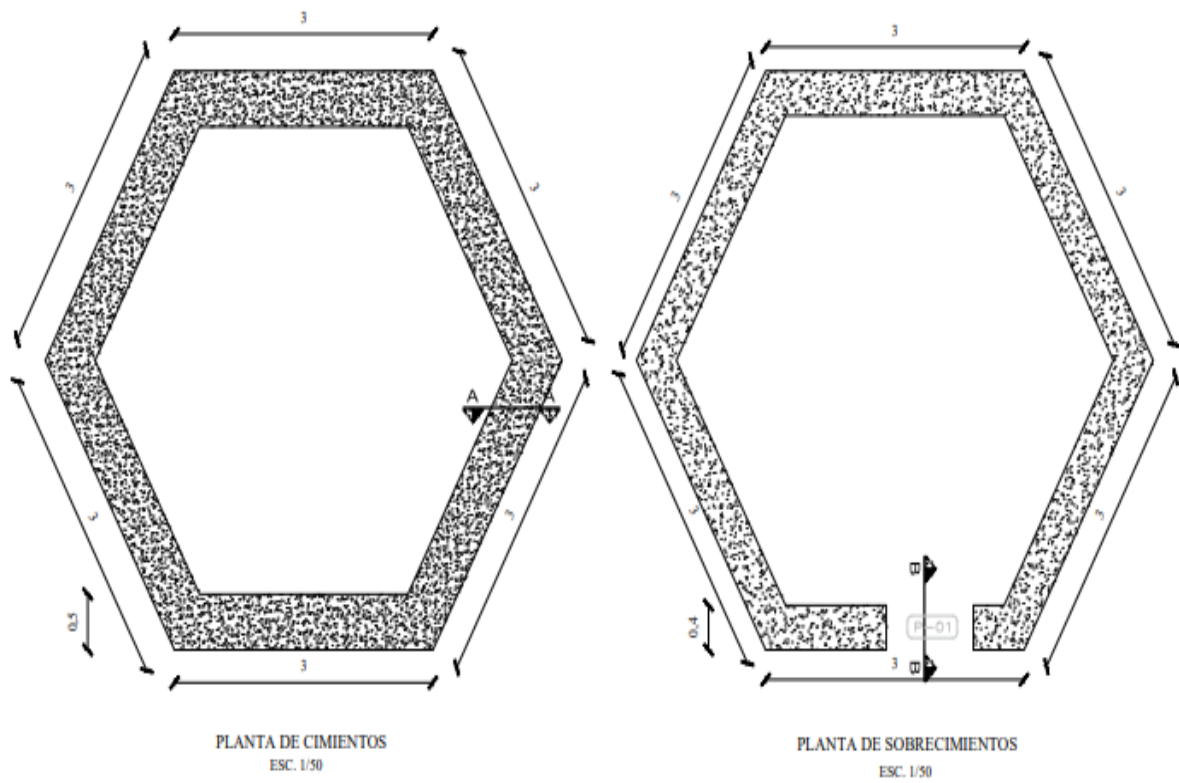
ESC. S/E

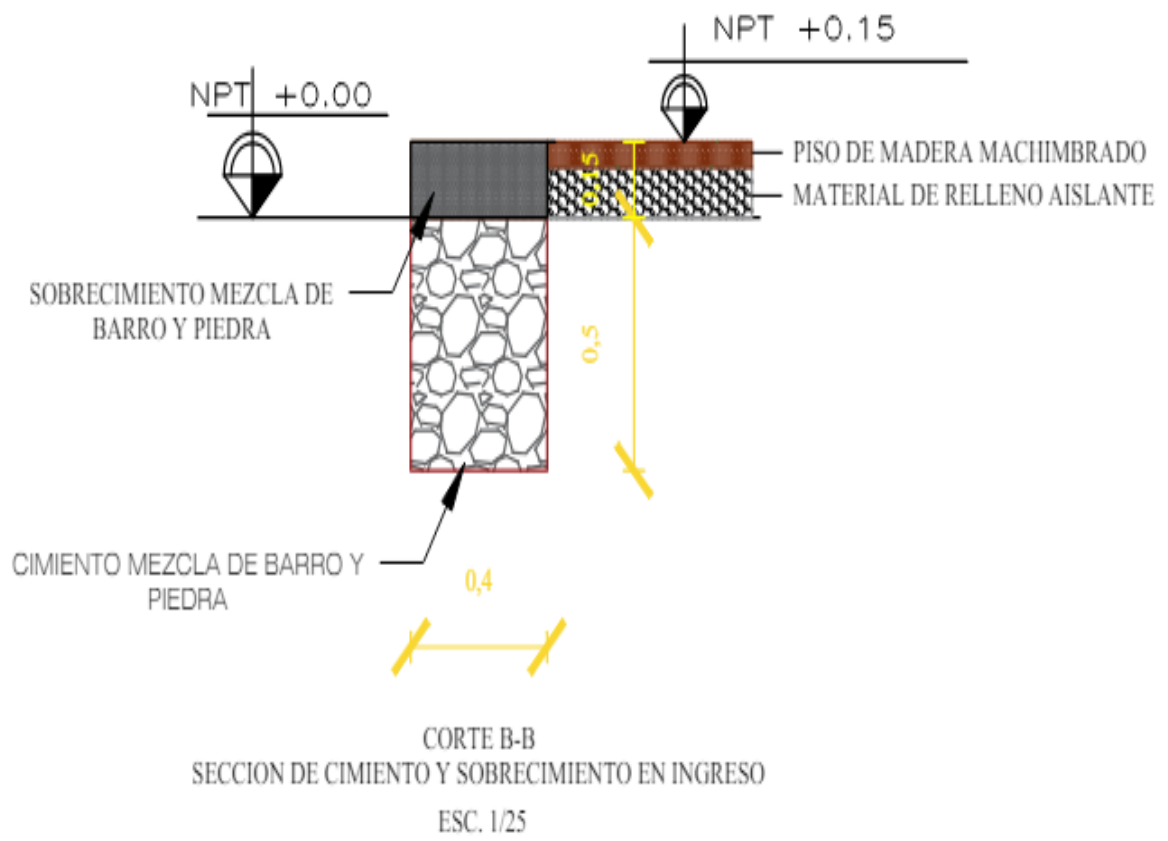


DETALLE VENTANAS ARRIBA

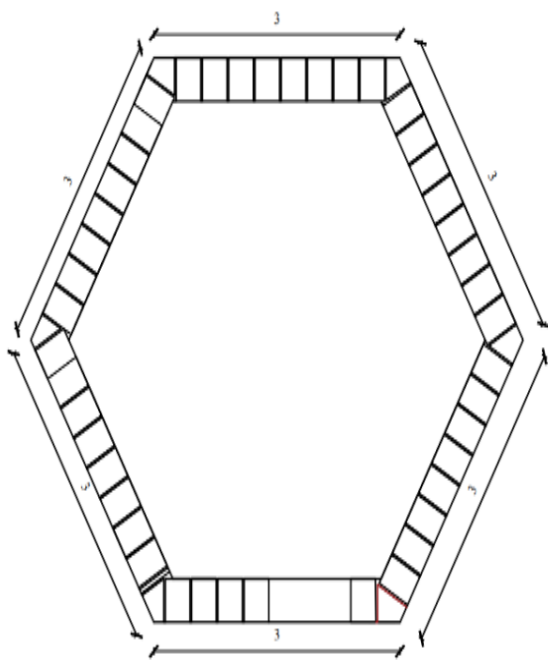
ESC. S/E

ANEXO 3. Vista del cimiento

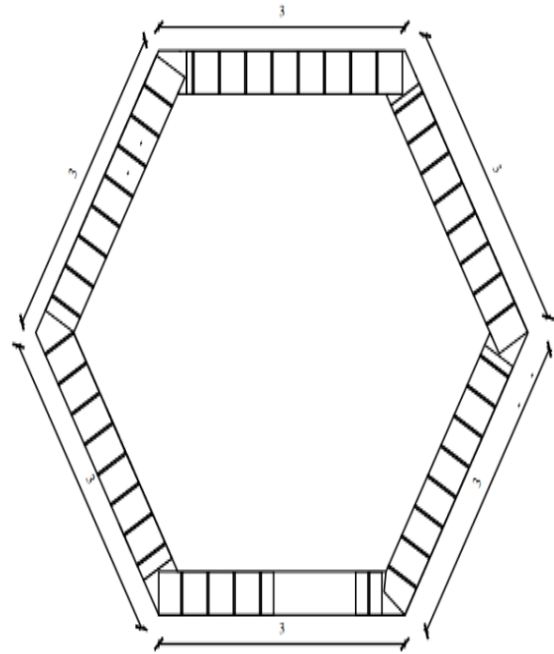




ANEXO 4. Detalle de moldes para adobes enteros

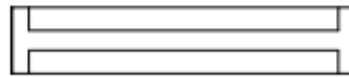
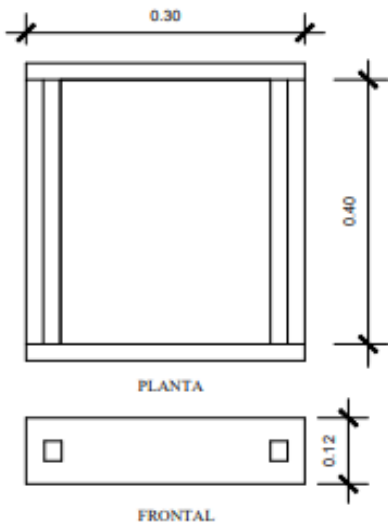


DETALLE DE MURO DE LA VIVIENDA INTERIOR
ESC. 1/50

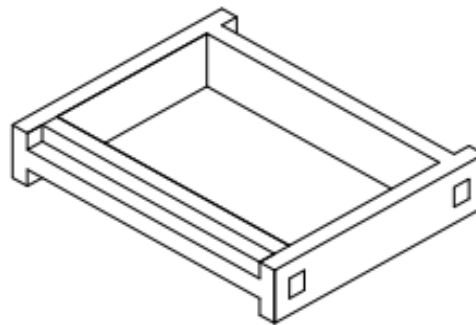


DETALLE DE MURO DE LA VIVIENDA INTERIOR
ESC. 1/50

MOLDES O ADOBERAS 40 X 30 X 12



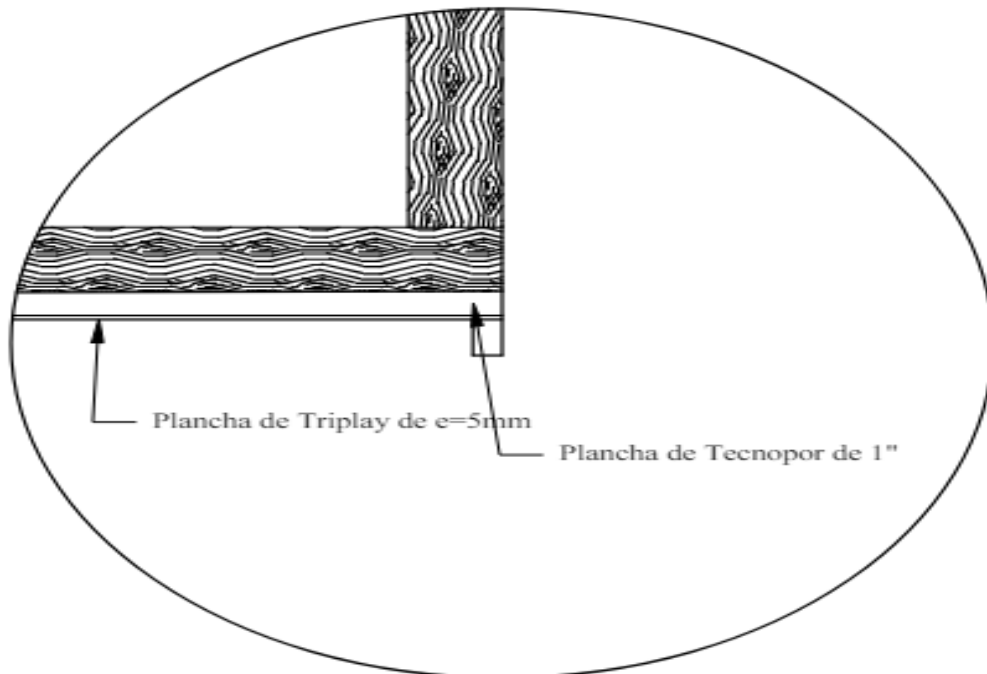
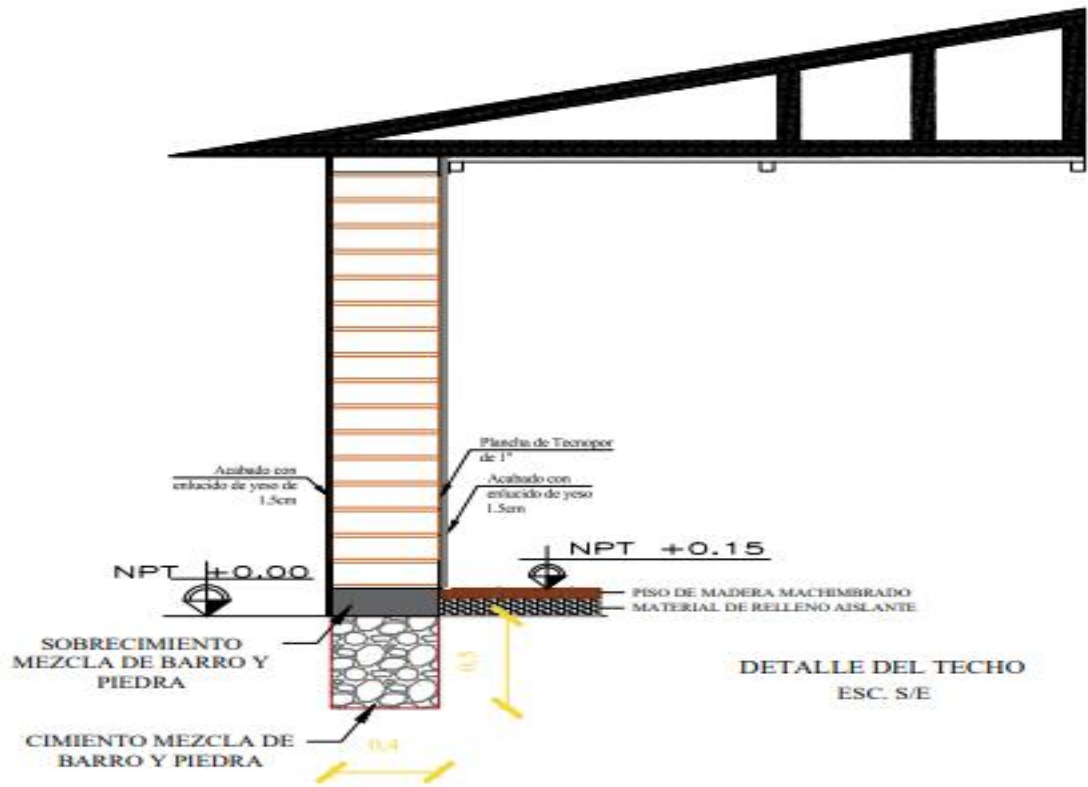
V. LATERAL



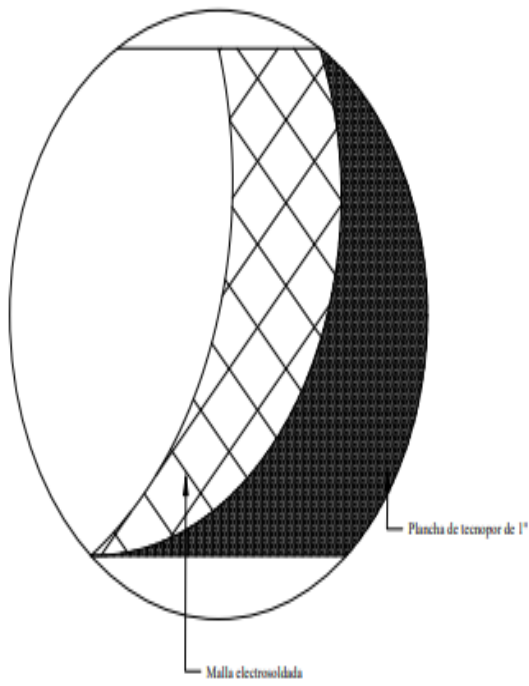
1 ADOBE
40 X 30 X 12

DETALLE DE MOLDES PARA ADOBES ENTEROS (ADOBERA)
ESC. 5/8

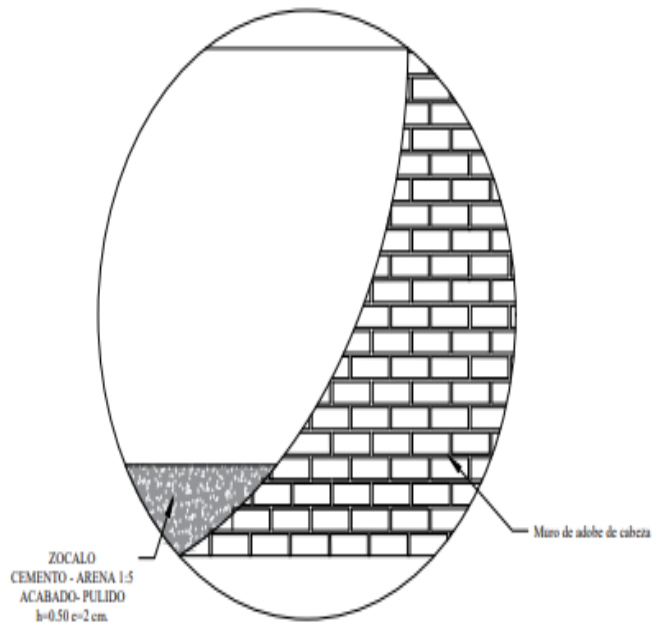
ANEXO 5. Detalles del techo



DETALLE DE AISLANTES EN TECHO
ESC. 1/10

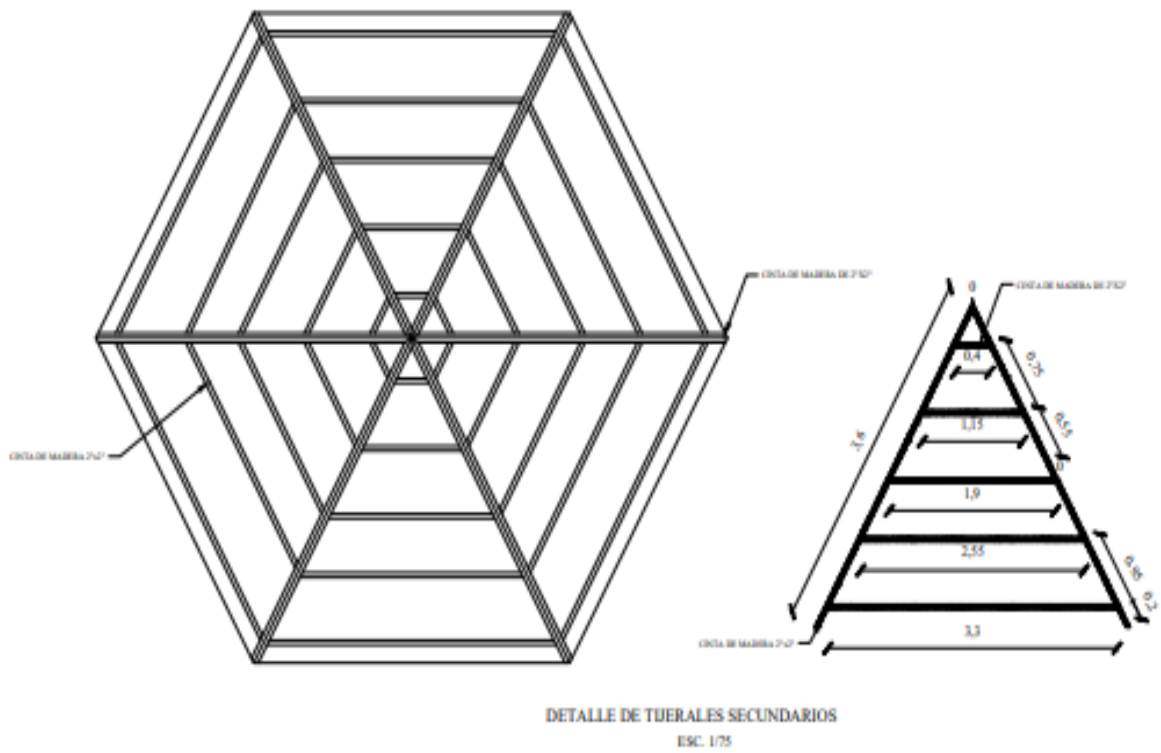
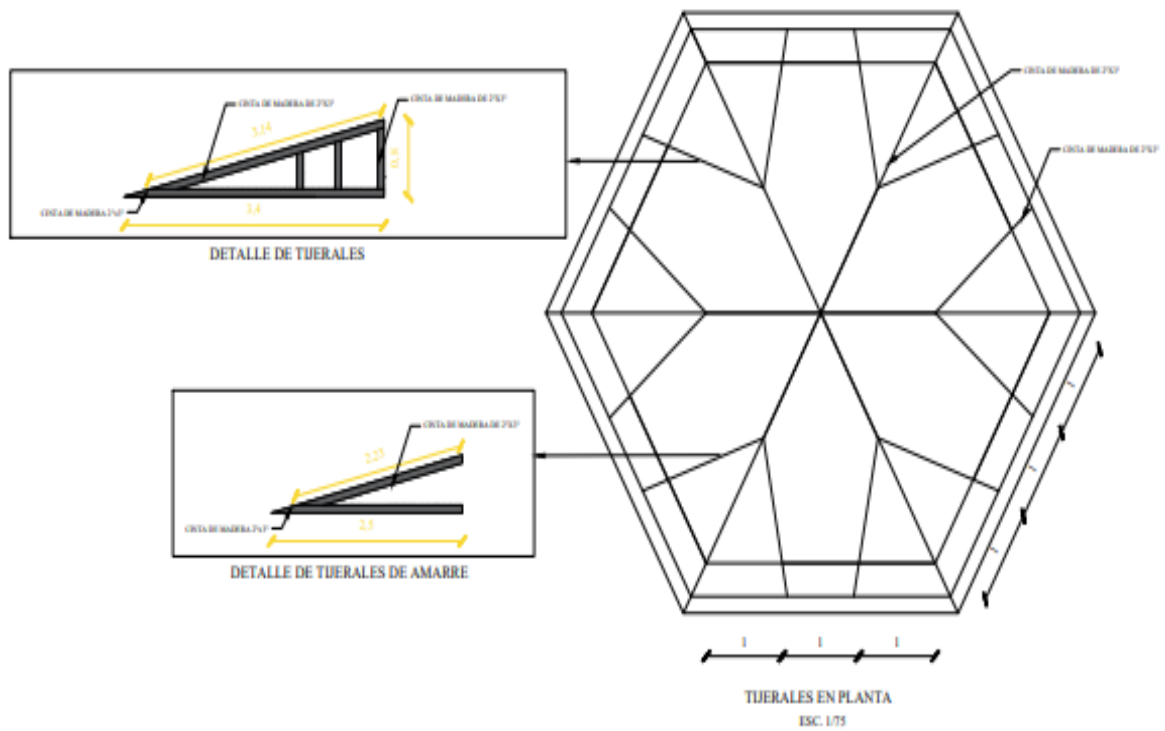


DETALLE DE MURO DE LA VIVIENDA INTERIOR
ESC. 1/50



DETALLE DE MURO DE LA VIVIENDA EXTERIOR
ESC. 1/50

ANEXO 6. Detalles de tijerales



ANEXO 7. Panel fotográfico



Figura 73. Delimitación del terreno para la construcción de la vivienda bioclimática hexagonal.



Figura 74. Excavación del terreno para la construcción.



Figura 75. Colocación del muro con adobe.



Figura 76. Armado del techo de la vivienda.



Figura 77. Medición de la temperatura y humedad relativa.



Figura 78. Vista interior de la vivienda.



Figura 79. Vista exterior de la vivienda bioclimática.



Figura 80. Vista exterior de la vivienda bioclimática con revoque de yeso en el exterior e interior.

ANEXO 8. Temperatura interna de la primera fase

HORA	15/03/23	16/03/23	17/03/23	18/03/23	19/03/23	20/03/23	21/03/23	22/03/23	23/03/23	24/03/23	25/03/23	26/03/23	27/03/23	28/03/23	29/03/23	30/03/23	31/03/23	01/04/23	02/04/23	03/04/23	04/04/23	05/04/23	06/04/23	07/04/23	08/04/23	09/04/23	10/04/23	11/04/23	12/04/23	13/04/23	14/04/23	15/04/23	16/04/23	17/04/23	
00:14:28	11.3	11.8	11.3	11.3	10.5	11	10.8	10.8	11.4	11.7	11.3	11	11.6	11.1	11.1	11.8	11.6	11.2	11.3	11.6	11.6	11	10.6	11.9	11.7	11.7	11.5	12	12.5	12	11.8	11.9	12.3	11.6	
00:44:28	11.2	11.7	11.2	11.2	10.5	11	10.8	10.7	11.4	11.6	11.3	11	11.6	11.1	11.1	11.7	11.5	11	11.1	11.5	11.6	11	10.4	11.8	11.7	11.6	11.5	12	12.3	11.9	11.7	11.8	11.8	12.2	11.5
01:14:28	11.2	11.6	11.2	11.2	10.4	11	10.8	10.8	11.4	11.6	11.2	11	11.5	11	11.1	11.6	11.4	10.9	11	11.5	11.5	10.9	10.3	11.7	11.4	11.5	11.5	12.1	12.2	11.8	11.5	11.7	12.1	11.4	
01:44:28	11.1	11.6	11.2	11.1	10.3	10.9	10.7	10.7	11.4	11.6	11.1	11	11.5	10.9	11.1	11.5	11.3	10.8	10.9	11.4	11.4	11	10.2	11.7	11.3	11.5	11.5	12	12.1	11.9	11.4	11.7	11.9	11.3	
02:14:28	11	11.6	11.2	11	10.4	11	10.7	10.7	11.4	11.6	11.1	11	11.4	10.9	11.1	11.5	11.1	10.6	10.8	11.3	11.2	10.9	10.1	11.7	11.3	11.4	11.4	12	11.9	11.9	11.3	11.6	11.8	11.3	
02:44:28	11	11.5	11.1	11	10.3	11	10.7	10.7	11.4	11.6	11.1	10.9	11.4	10.9	11	11.4	11	10.5	10.8	11.2	11	10.9	10	11.6	11.3	11.4	11.3	12	11.8	11.9	11.3	11.5	11.7	11.2	
03:14:28	11	11.4	11.1	11	10.2	10.9	10.6	10.7	11.4	11.5	11	10.9	11.3	10.8	10.9	11.3	10.9	10.4	11	11.1	10.9	10.9	9.9	11.5	11.2	11.4	11.4	11.4	11.9	11.6	11.9	11.2	11.4	11.7	11
03:44:28	10.9	11.4	11.1	10.9	10.2	10.9	10.6	10.7	11.3	11.5	11.1	10.9	11.3	10.8	10.9	11.2	10.8	10.3	11	11	10.9	10.9	9.9	11.3	11.2	11.4	11.4	11.9	11.7	11.8	11.1	11.4	11.6	11	
04:14:28	10.9	11.4	11	10.9	10.1	10.8	10.6	10.6	11.3	11.4	11	10.8	11.3	10.8	10.8	11.2	10.8	10.2	10.9	10.9	10.8	10.8	9.9	11.2	11.2	11.3	11.4	11.9	11.7	11.7	11	11.3	11.5	10.8	
04:44:28	10.9	11.4	11	10.9	10.1	10.7	10.6	10.7	11.3	11.4	11	10.8	11.2	10.7	10.7	11.2	10.8	10.2	10.9	10.8	10.8	10.8	9.9	11.1	11.2	11.3	11.4	11.9	11.6	11.6	10.9	11.2	11.3	10.7	
05:14:28	10.8	11.4	10.9	10.8	10.1	10.6	10.6	10.7	11.2	11.3	11	10.7	11.2	10.7	10.6	11.1	10.7	10.1	10.9	10.7	10.8	10.8	9.8	11.1	11.1	11.3	10.8	11.9	11.6	11.6	10.8	11.1	11.2	10.5	
05:44:28	10.8	11.4	10.8	10.8	10.2	10.6	10.5	10.6	11.2	11.2	10.9	10.5	11.2	10.7	10.4	11.1	10.7	10	10.8	10.6	10.8	10.8	9.7	11	11.1	11.2	10	11.8	11.6	11.5	10.7	10.9	11.1	10.4	
06:14:28	11	11.4	10.8	11	10.2	10.6	10.5	10.6	11.3	11.3	10.9	10.6	11.2	10.7	10.4	11	10.7	10	10.9	10.7	10.8	10.8	9.8	10.9	11.1	11.1	10.6	11.9	11.5	11.6	10.6	11	11	10.4	
06:44:28	11.4	11.5	10.9	11.4	10.4	10.7	10.6	10.7	11.3	11.3	11	11.6	11.2	10.8	10.4	11.3	10.7	10.4	11.1	10.9	11	11	10.4	11.3	11	11.2	11.5	12.1	11.7	11.6	11.2	11.4	10.9	10.7	
07:14:28	11.7	11.7	11.1	11.7	10.6	10.9	10.9	10.8	11.5	11.4	11.4	12.4	11.5	11	10.7	11.5	11	11.1	11.5	11.1	11.1	11.4	11	12	11.1	11.2	12.4	12.7	12.1	11.9	12.2	11.8	10.9	11.3	
07:44:28	11.8	11.9	11.3	11.8	11.2	11.2	11.2	11.1	11.7	11.8	11.8	13.1	11.6	11.4	11.3	11.8	11.6	11.8	11.7	11.5	11.3	12	11.6	12.7	11.1	12.1	13.1	13.6	13	12.5	12.5	12.2	10.9	11.9	
08:14:28	12.5	12.5	11.7	12.5	11.6	11.5	11.5	11.6	11.8	12.2	12.2	13.4	11.7	12	11.6	12.4	11.9	12.4	12.4	12.1	11.8	12	12.1	13.4	11.3	13.2	13.6	13.9	13.6	12.8	12.6	12.9	11	13.5	
08:44:28	12.8	13.2	12.1	12.8	12.1	12	11.8	12.1	12.2	12.5	13.3	13.8	12.3	12.9	12.5	13.4	12.1	13.1	12.4	12.6	12.7	12.5	12.5	14.2	11.7	13.6	13.5	14.3	14.2	13.4	13.2	14.8	11.1	14.8	
09:14:28	13	13.5	12.6	13	12.6	12.5	12.3	12.7	12.8	13.4	13.7	13.9	12.5	13.5	13.1	13.4	12.4	13.4	12.4	13.4	13.1	13.2	13	14.4	12.2	14.1	13.6	14.4	14.6	13.6	14.1	16	11.4	16	
09:44:28	16.4	14.1	12.9	13.1	12.7	13.3	12.5	13.2	12.9	13.9	13.3	13.8	12.7	13.7	13.1	13.8	12.7	13.9	12.7	13.7	13.9	12.9	13.4	14.8	12.8	14.2	14.5	14.8	14.8	14	15.6	16.9	11.6	16.9	
10:14:28	14.9	14.7	13.5	13.4	12.9	13.6	13	13.5	13.8	14	13.7	14.8	13.4	14.3	13.5	14.4	13.2	13.8	12.9	14	14.8	13.5	13.7	15.2	13.4	14.6	15	15.2	15.1	14.4	17.1	17.5	12.3	17.5	
10:44:28	14.6	14.9	13.7	13.7	13.6	13.7	13.3	13.8	13.9	14.2	14	14.9	13.8	14.9	13.6	14.3	13.5	14.1	13.2	14.4	14.7	14.1	13.9	15.3	13.9	14.6	15.3	15.3	15.3	14.8	16	17.3	12.9	17.3	
11:14:28	14.6	14.9	14.1	13.4	13.9	14	13.8	13.9	14.3	14.4	14.2	14.7	13.9	14.7	14.3	14.5	14.2	14.3	13.7	14.6	14.9	14	14.1	15.4	14.2	15.2	15.6	15.5	15.4	15.3	16.7	17.2	13.3	17.2	
11:44:28	14.8	15.1	14.1	13.7	13.9	14.1	14.3	14.4	14.1	14.8	14.4	15.2	14.4	14.5	14.7	14.7	14.5	14.6	14.1	14.5	14.7	14.3	14.3	15.5	14.3	15.4	15.7	15.1	15.5	15.5	17.2	16.7	13.7	16.7	
12:14:28	15	15.3	14.3	14	13.9	13.8	14.3	14.7	14.3	14.9	14.9	15.1	15	14.4	14.5	14.9	14.8	14.5	14.2	14.6	14.3	14.5	14.5	15.4	14.3	15.3	15.8	15.2	15.8	15.5	16.5	17.4	14	17.4	
12:44:28	15	14.4	14.2	13.9	14.2	13.8	14.6	14.8	13.5	14.8	14.9	15.2	14.9	14.6	14.6	15	14.8	14.7	15.3	14.9	14.1	14.6	14.6	15.4	14.6	15.9	16.1	15.6	16.1	15.7	16.1	17.1	14.5	17.1	
13:14:28	15.2	13.8	14.6	14.2	14.3	13.5	14.4	15.3	12.6	14.4	14.4	15.6	14	14.8	14.6	14.8	15.1	15	16.7	15.1	14.3	14.5	15	15.6	14.9	15.3	16.5	16.2	16.6	15.9	16.4	16.7	14.9	16.7	
13:44:28	15.4	14.4	14.7	14.7	14.5	13.8	14.9	14.8	12.9	13.6	12.8	15.9	13.6	15.4	14.6	15.1	15.5	15.5	16.4	14.8	14.8	15	15.4	15.6	14.6	14.9	16.8	16	17	16.1	16.5	16.4	15.8	16.4	
14:14:28	15.1	15.1	14.7	14.5	15.1	14.5	14.5	15	13.7	15	12.5	16.7	14.1	15.6	15	15.8	15.2	15.6	16.1	15.5	15.7	15.5	16	15.1	15.4	16.1	16.1	15.8	16.6	16.6	17	17.5	15.8	17	
14:44:28	15.3	15.5	15.5	14.1	15.7	15.1	15.1	16.2	14.8	12.9	12.4	15	13.8	14.6	16.1	14.9	14.6	15	17.2	17	14.2	16.5	16.9	14.7	16.7	17.5	16.4	16.4	15.8	17.5	16.1	17	16	17	
15:14:28	15.2	15.4	15.8	13.6	14.8	16.4	16.7	16.3	16.3	12.8	12.4	14.1	13.8	13.3	16.8	13.3	14	14.6	17.5	16.8	13.7	15.9	17.8	14.6	17.2	17.3	15.9	16.3	16.2	17.8	15.3	17	16.1	17	
15:44:28	15.9	15.3	16.4	13.5	13.4	16.9	17.3	16	17	12.5	12.5	14	14.2	12.5	17.1	12.6	13.7	16.6	18.2	15.4	13.8	14.8	18.1	15.1	17.6	17.8	15.3	15.4	16.5	17.8	14.9	16.3	16.3	16.3	
16:14:28	15.9	14.5	16.8	13.2	12.6	16.1	17.4	14.7	17	12.2	12.6	14.2	13.5	12.5	16.3	12.5	13.3	16.4	16.4	14.9	13.2	15.5	18.2	15.3	15.9	17.2	15.6	14.6	17	17.2	14.4	15.9	16.5	15.9	
16:44:28	14.8	13.9	16.4	13	12.5	15.7	15.4	13.6	17.4	12.1	12.7	14.3	13.3	12.4	14	12.6	12.9	15	15.4	14.6	13	16.3	18.3	15	16.3	15.7	17.2	14.1	17.2	16.4	13.9	14.5	15.9	14.5	
17:14:28	14.1	13.1	16.5	14.7	12.2	14	14.1	13.1	15.8	12.1	12.4	13.7	13.1	12.4	13.2	12.6	12.7	14.1	14.7	14.1	12.8	16	17.8	14.2	16	14.9	17.7	13.8	15.5	15.4	13.6	13.6	15.6	13.6	
17:44:28	13.7	12.5	14.8	14.8	12	12.9	13.2	12.9	14.6	12	12.2	13.3	12.7	12.2	12.9	12.4	12.5	13.4	13.9	13.5	12.5	14.2	15.6	13.8	14.6	14.1	15.5	13.6	14.7	14.6	13.4	13.5	14.4	13.5	
18:14:28	13.3	12.3	13.7	13.1	11.9	12.3	12.6	12.6	13.8	11.9	11.9	12.9	12.3	12.1	12.7	12.2	12.9	13.2	13.2	12.1	13.1	14.4	13.5	13.4	13.5	14.4	13.5	14.3	14	13.2	13.3	13.8	13.3		
18:44:28	13.2	12.1	13.1	12.6	11																														

ANEXO 9. Humedad interna de la primera fase

HORA	15/04/2023	16/04/2023	17/04/2023	18/04/2023	19/04/2023	20/04/2023	21/04/2023	22/04/2023	23/04/2023	24/04/2023	25/04/2023	26/04/2023	27/04/2023	28/04/2023	29/04/2023	30/04/2023	31/05/2023	1/05/2023	2/05/2023	3/05/2023	4/05/2023	5/05/2023	6/05/2023	7/05/2023	8/05/2023	9/05/2023	10/05/2023	11/05/2023	12/05/2023	13/05/2023	14/05/2023	15/05/2023	16/05/2023	17/05/2023		
00:14:28	78.6		77	78.6	76.9	77.8	78.2	78.8	75.7	79.8	79.4	81.2	79.9	80	78.6	80.7	78.5	78.5	79.6	75.2	77.9	76.4	76.9	71.8	73.1	73.6	75.4	75.9	74.6	74.9	72.7	72	71.8	84.9	82.7	
00:44:28	78.7		76.3	78.7	77.6	78.1	79.1	78.9	77.4	79.6	79.3	81.2	80.6	80.2	79	80.9	80	79.6	79.4	74.5	78.1	77	76.2	71.5	73.6	74	75.3	76.2	75	74.5	73.3	72	71.7	84.8	83.7	
01:14:28	78.7		77.2	78.7	77.9	77.8	79.2	79	78.2	79.6	79.6	80.6	81.2	80.1	78.7	81.1	80.6	80	79.2	75.3	78.4	77.1	76.5	71.7	74.2	71.6	74.3	75.8	75.4	74.3	73.7	71.6	71.7	84.9	83.2	
01:44:28	78.6		77.5	78.6	78.1	77.9	79.6	79	78.5	79.8	79.7	80.6	81.3	80.4	78.7	81.3	80.7	78.5	79.6	75.7	78.5	77.1	77.1	72.4	74.8	74.4	74.2	75.9	75.7	74.8	74.8	73.9	72	71.8	84.5	84.5
02:14:28	78.7		77.3	78.7	77.9	78.3	79.6	79.2	78.8	80.1	79.7	81	81.1	80.6	78.7	80.5	80.7	79.7	79.1	76.1	78.6	77.1	77.7	72.2	75	75.3	74.3	75.4	75.7	74.8	74.2	72.1	71.7	83.8	84.1	
02:44:28	78.7		78	78.7	77.9	78.2	79.7	78.8	79.1	79.8	79.9	81.3	81.4	80.8	78.6	81.1	79.5	78.9	79.1	76.4	78.1	76.6	78.6	73.3	75.2	75.8	75.2	75	75.8	74.4	74.4	72.3	71.7	85	84.2	
03:14:28	78.6		78.5	78.6	78	78.4	79.6	78.7	79.2	80	79.9	81.4	81.6	80.8	79.2	81	80.3	78.9	77.5	77.9	76.3	78.8	72.3	75.2	75.6	75.5	75.4	75.6	74.7	74.5	72.5	71.8	85.5	84.2		
03:44:28	78.7		78.7	78.7	78.1	78.6	79.2	78.5	79.2	80.1	80.1	81.4	81.8	80.9	79.4	80.8	79.7	81	79	78.1	78.1	76.9	78.9	74	74.8	75.8	75.9	75.8	75.9	75.4	74.4	71.9	71.8	85	85.5	
04:14:28	78.4		78.8	78.4	77.4	78.8	79.3	78.9	79.1	80.1	80.1	81.3	81.5	80.5	80	80.7	80.5	80.8	79.1	78.6	77.3	77.2	79	74.1	75.1	75.9	75.7	75.9	76.1	75.5	74.2	72.3	71.8	85.7	84.6	
04:44:28	78.3		79	78.3	78.1	78.6	78.7	79	79.1	80.2	79.9	81.2	81.2	80.8	80.2	79.2	81	80.5	79.3	78.6	77.4	77.3	79.2	74.1	75.1	76.2	76	75.9	76.3	75.3	73.8	72.4	71.7	85.6	83.5	
05:14:28	78.6		78.9	78.6	77.3	78.7	79.2	78.9	79.5	80.5	79.8	81.4	82	81.1	80	78.8	80.7	80.6	79.2	79.1	77.4	77.5	79.2	74.3	75.1	76.1	76.1	72	76.3	75.5	74.1	72.3	71.8	85.9	83.9	
05:44:28	78.5		79	78.5	77.8	78.5	79.5	79.1	79.2	80.2	80	81.4	81	81.1	79.9	78.7	81	80.3	79.2	79.2	77.7	78	78.4	74.4	75.1	76.4	76.3	74.5	76.3	75.7	74.1	72.3	71.7	85.7	84	
06:14:28	78.8		79	78.8	77.5	78.7	78.8	78.9	79	80.4	80.4	81.5	80.8	80.7	80	79.7	80.8	79.1	78.7	79.2	78	77.7	79	74.2	75	76.1	75.4	74.9	76.4	75.6	74.3	71.6	71.5	83.5	84.8	
06:44:28	78.8		78.1	78.8	77.1	78.3	79.2	78.9	79.2	80.3	80.1	81.3	78.9	80.2	80.1	80.3	79.9	78.2	78.1	78.5	77.9	77.7	78.2	74.1	73.6	76.4	75	74	76	75.2	74.3	70.2	70.7	84.3	84	
07:14:28	78.2		78.2	78.2	76.8	77.9	78.9	78.5	78.8	79.9	80	80.6	77.4	79.6	79.4	80.2	80.3	79.3	77.2	78.2	78	77.3	75.9	73.8	72.7	75.7	73.1	73.5	73.9	74.4	73.8	69.9	82.7	84.3		
07:44:28	77.5		77.8	77.5	76.7	76.3	78	78.1	77.8	79.8	79.3	80	76.1	79.9	78.9	79.5	79.7	78	76.9	77.2	77.1	76.8	74.4	73.3	71.6	75.5	71.9	72.5	72.8	73.4	71.9	69.9	69.8	81.2	84.9	
08:14:28	77.5		76.7	77.5	74.7	76.3	77.3	77.1	76.8	79.2	77.9	78.5	75.5	79	77.9	79.3	78.5	77.8	77.3	73.1	76.7	76	74.6	72.4	70.8	75.6	69.7	72	72.8	71.7	68.5	69.9	68.8	82	75	
08:44:28	76.4		75.3	76.4	74.3	75.3	76.7	76	76.9	78.3	75.1	76.1	73.8	78.4	75.4	77.6	77	77	76.3	73.1	75.8	73.9	74.3	71.5	69.7	75	70	71.7	72.1	70.5	68.5	69.2	68.4	83.9	68.4	
09:14:28	75.7		74	75.7	74.4	75.1	75.8	75.2	75.9	77.4	74.2	76	73.9	78.4	74.9	76.5	76.1	76.2	75.6	72.9	74.4	73.7	72.6	70.9	69	74.3	69.3	71.3	71.4	68.8	67.8	66.9	64.8	83.8	64.8	
09:44:28	59.7		72	75.4	73	74.8	73.4	75.4	74.8	77.2	73.8	76.4	74.3	77.9	75	75.9	75.6	74.6	73.7	72.2	72	71.8	72.8	69.4	68	73.4	69.8	69.4	69.9	67.3	68	65.3	67.2	84.2	67.2	
10:14:28	64.0		71.6	73.2	72.1	74.4	72.4	74.8	74.9	75	74.1	75.8	73.2	76.5	72.7	74.3	73.8	74.9	72.7	71.5	69.2	69.5	71.3	67.9	67.4	71.4	69.4	68.2	68.7	65	66	59.9	73.3	81.8	73.3	
10:44:28	64.2		70.6	73.7	70.7	73.1	72.8	74.1	73.9	74.5	73.3	75.1	72.6	75.9	70.7	74.9	74.5	74.7	71.5	69.7	67.1	69.6	68.9	67	66.7	70.3	69.2	66.8	68.4	63	63	63	69.5	82.8	69.5	
11:14:28	65.3		70.4	72.7	71.4	72.7	71	72.8	73.3	73.9	72	73.2	71.3	75.8	71.1	72.7	73.7	73	71.5	67.7	68.1	66.7	68.8	65.5	66.2	70.6	66.6	65.7	67.3	61	61.7	57.8	79.4	79.5	79.4	
11:44:28	63.6		70.3	71.9	70.1	72.2	69.3	72.1	72.4	73.9	70.4	72.8	70.3	73.8	70.4	70.8	72.9	72.2	70.4	65.9	68	64.8	67.8	64.6	65.5	70.2	64.7	63.1	64.9	63.3	60	55.5	78.9	79.1	78.9	
12:14:28	62.1		70	71.8	68.7	72.7	70.7	70.3	71.3	71.3	71.3	67.8	67.9	71.8	68.8	71	73.1	70.6	71.5	65.6	65.6	63.9	67.1	65	66.2	70.1	65.8	64.1	64.2	62.7	61.2	57.4	78.8	78.7	78.8	
12:44:28	65.1		67.4	67.9	68.6	71.3	70.9	69.2	71.5	73.1	68.7	70.7	68.1	73.2	68.2	70.2	71.6	69.6	70.4	63.8	64.9	64.7	65.5	64.5	68.7	65.5	65.4	63.7	62.5	59	58.3	77.5	78.7	77.5		
13:14:28	63.4		68.9	69.4	68.1	68.9	71.7	70.2	70.2	76.8	68.2	72.7	67.7	72.4	66.5	69.8	73	68.9	70.1	60.4	64.1	64	63.2	61.9	62.2	67.2	66.4	63.6	65.1	61.7	59.2	59.4	66.3	77.4	66.3	
13:44:28	63.0		68.5	69.5	67.9	68	70.8	70.4	70.1	77.3	72.3	75	66.9	74	66.2	69.7	73.1	69.4	68	61.6	63.3	63.1	65.1	63.6	64.6	66.5	65.6	62.4	63.9	61.6	58.3	57.5	72.4	76.9	72.4	
14:14:28	65.0		66.1	70.5	67.7	67.2	68.8	71	70.3	75.3	74.9	77.8	67.1	71.3	68.7	69.7	71.4	69.9	67.4	64.4	64.9	63.2	63.8	62.1	63	64.7	65.3	63.4	61.4	61.3	57.1	56.3	70.7	77.4	70.7	
14:44:28	66.1		66.1	65.9	69.1	66.3	68.3	69.5	68.6	73.6	74.7	78.6	68.9	71.4	69.2	68.8	68.6	70.1	69	64.6	62.6	67.5	62.6	61.4	62.9	62.2	62.8	64	61.9	62.2	56.9	58.1	70.8	77.8	70.8	
15:14:28	67.6		67.1	64.8	69.4	67.7	65	68.1	68.1	71.6	74.5	79.1	73.2	70.7	70	67.6	70	71.7	69.7	64.1	63.4	69.7	62.9	61.8	63.6	61.8	63.2	64.4	62.4	63.8	57.5	59.2	62.8	79.2	62.8	
15:44:28	67.4		68.1	64.7	70.9	70.4	65	66.7	68.1	70.4	75.9	79.2	71.2	70.4	74.3	67.2	73.3	73.1	68.6	63.6	66.1	68.8	66.2	62.2	64.4	61.5	61.9	64.9	63.6	61.3	58.6	60.1	70.6	79.6	70.6	
16:14:28	67.0		69.6	66.2	72.7	72.4	67.3	66.9	68.8	71	77.4	78	73.8	71.4	75.8	65.8	74.7	74.6	68.5	67.1	67.4	70	66.2	62.7	65.4	63.7	63	63.5	66.4	61.1	59.9	62	78.3	78.9	78.3	
16:44:28	66.3		71.3	66.8	74.2	74.1	68.3	67.1	70.9	70	78.2	76.6	72.3	72.6	77.2	68.1	76.1	74	71.9	69.3	67.8	70	60.5	60.5	66.9	62.1	67.1	61.2	67.6	60.2	61.4	64.5	67.7	78.3	67.7	
17:14:28	65.7		70.9	66.4	70.2	75.3	70.1	69.6	72.4	73	79.5	76	75.2	73	77.9	70.9	77.3	76.1	72.2	70.9	68.2	72.2	61.1	62.3	68.3	62	69.9	60.2	69.9	63.9	64.8	66	76.5	79.4	76.5	
17:44:28	68.6		72.2	70.5	69.2	76.4	71.9	70.7	73.6	75.8	79.9	77.2	75.1	73	78.4	73	78.2	77.1	72.2	69.7	69.5	73.7	66.1	68	69.7	67.3	68.7	65.7	71.4	66.4	66.7	67.5	79.7	82.3	79.7	
18:14:28	70.6		73.2	71	73.1	77.7	73.4	73.8	74.2	75.1	79.6	78	75.7	75.8	79.2	75	78.9	77.8	71.9	70	69.2</															

ANEXO 10. Temperatura externa de la primera fase

HORA	15/03/23	16/03/23	17/03/23	18/03/23	19/03/23	20/03/23	21/03/23	22/03/23	23/03/23	24/03/23	25/03/23	26/03/23	27/03/23	28/03/23	29/03/23	30/03/23	31/03/23	01/04/23	02/04/23	03/04/23	04/04/23	05/04/23	06/04/23	07/04/23	08/04/23	09/04/23	10/04/23	11/04/23	12/04/23	13/04/23	14/04/23	15/04/23	16/04/23	17/04/23	
00:16:13	6.3	7.1	6.1	5.1	4.4	7	5.3	4.4	7.5	7	7.9	7.2	7.3	6.4	7	8	8.3	5.3	7.4	6.7	7.2	6.8	3.9	8	7.3	7.3	5	6.6	7.5	5.2	4.7	5.1	5.9	6.2	
00:46:13	6.7	7.3	6.2	4.5	4	6.9	5.2	4.5	7.4	6.6	7.7	7.3	7.3	6.3	6.9	7.7	7.7	4.6	7.2	6.3	7	6.8	3.7	7.7	6.5	6.8	5.8	7	6.7	4.8	4.8	5	5.6	5.8	
01:16:13	6.9	7	5.9	5	3.7	6.4	5.1	4.5	7.2	6.8	7.3	7.4	7.4	6.3	7	7.5	7	4.1	6.9	5.9	6.2	6.9	3.4	7.3	5.3	6.7	5.7	6.7	6.6	5.3	4.4	4.8	5.2	5.5	
01:46:13	6.7	6.7	6.1	4.8	3.8	6.4	4.7	4.9	7.3	7	7.2	7.4	7.1	6.3	6.9	7.2	6.5	4.1	6.3	5.5	5.3	6.8	3.1	7.2	5.5	6.7	5.9	6.6	6.5	5.9	3.9	5.2	4.7	5.4	
02:16:13	6.4	6.4	6.1	4.8	3.9	6.7	4.9	4.7	7.5	7.3	7.3	7.5	7.2	6.2	6.5	7	6.3	3.5	6.1	5	4.7	6.7	3	6.8	5.8	6.6	6	6.3	5.5	6.1	3.7	4.6	4.6	5.3	
02:46:13	6.5	6.7	6	4.9	3.8	7	4.9	4.8	7.2	7.4	7.2	7.4	7.2	6.2	6.5	6.9	5.9	3.2	6.1	4.4	4.1	6.8	2.6	6.3	6	6.8	6.1	7	5.3	6.3	3.6	4.3	4.6	4.8	
03:16:13	6.7	6.7	6.1	5.1	3.8	6.9	4.9	5	7.1	7.2	7.2	7.4	7.1	6.3	6.5	7.1	6	2.9	5.7	4	4.1	6.6	2.3	5.8	5.9	6.7	6.2	7.1	5.7	6.6	3.5	4.5	3.9	4.1	
03:46:13	6.9	6.9	6.1	5.2	4	6.8	4.9	5.1	7.3	7	7.2	7.4	7.1	6.2	6.3	6.3	5.8	2.8	5.3	3.7	4.4	5.9	2.2	5.4	5.9	6.3	6.3	7.1	6.2	6.1	3.1	4.6	3.4	3.6	
04:16:13	6.8	6.9	6	5	4.1	6.6	5.2	5.3	7.3	6.9	7.4	6.9	6.9	5.6	6.3	6.4	5.7	2.6	5.3	4.1	4.9	6.3	1.9	5.3	6.2	6.3	6.5	7.3	6.4	5.4	3	4	3	2.8	
04:46:13	6.8	6.8	5.8	5	4.2	6	5.2	5.3	7	7.1	7.1	6.7	6.9	5.9	5.9	6.8	5.7	2.3	5.6	3.7	5.2	6.4	1.5	5.1	6.2	6.5	6.1	7.4	6.3	5.7	2.7	3.8	2.5	2.3	
05:16:13	6.7	6.7	5.6	5	4.4	5.5	5.3	5.3	7.1	6.2	6.1	6.4	7.4	6.1	5.6	6.7	5.7	2.1	5.5	3.9	5.3	6.6	1.2	5	6.1	6.6	5.3	7.5	6.4	6.1	2.3	3.5	3	1.8	
05:46:13	6.7	6.7	5.6	5.2	4.6	5.6	5.2	5.3	7.1	6.7	6.1	5.9	7	6.2	5.1	6.7	5.6	2	5.6	4.3	5.4	6.4	1.1	5	6.1	5.7	4.4	7.6	6.3	6	2.1	3.2	3.2	1.6	
06:16:13	6.9	7	6	5.8	5.1	6.5	5.4	5.7	7.7	7.1	6.5	7.3	7.3	6.6	5	7.1	5.6	2.8	6.4	5.3	5.8	6.3	1.5	5.1	5.7	5.9	4.5	7.3	6.1	6.5	2.9	3.8	3.6	1.9	
06:46:13	7.5	7.5	6.6	8	6.3	7.1	6.3	6.4	8.1	7.8	7.8	9.3	7.9	7.1	5.8	8	5.8	5	8	6.3	6.9	7.5	4.6	7.7	5.7	6.6	7.2	8.1	6.9	6.7	6	6.1	4.5	4.1	
07:16:13	9.2	9	7.3	9	7.1	8	8.2	7.5	8.8	8.8	10.2	11	9.1	8.6	7.5	9.3	7.8	7.5	9.3	8.2	7.6	8.2	7.4	10.2	5.9	8.1	10.1	10.5	8.4	8.3	10.5	7.8	4.9	7.3	
07:46:13	9.4	10.4	8.9	10	9.5	9.9	9.7	8.6	10.5	10.7	11.5	12.8	9.5	10.5	9.4	10.8	10.3	10.2	10.9	9.7	9.3	10.9	8.7	12.2	6.8	10.5	12.2	12.5	11.4	10.5	10.1	9.8	6.1	9.2	
08:16:13	10.3	13.3	11.4	11.7	12	11.5	10.8	11.6	10.9	11.8	12.9	14.2	9.8	12.5	11.3	13.8	11.4	12.5	13.3	11.5	12.1	10.4	11.1	13.9	7.9	15.6	13.1	14.9	13.5	12.8	11.9	11.6	7	11.6	
08:46:13	11.2	15.2	13.4	13.3	12.9	12.8	11.7	12.4	13.2	13	16.9	15	12.4	15.1	13.8	15.6	11.3	14.1	13	12.5	14	12.9	12.3	17.5	10.1	13.6	14	15.7	14.6	14.1	13.2	13.2	8.2	13.2	
09:16:13	15.9	14.9	15.7	14.4	15	14.8	13.3	13.6	13.9	15.5	15.1	15.6	13.8	16.1	15.2	15	12.5	15.5	13.2	15.4	16	14.3	14	17.2	12.6	15.2	15.9	16.6	16.1	13.8	15.7	14.4	9.3	14.4	
09:46:13	16.3	16.5	17	15.3	14.7	17.8	13.5	15.6	14.9	17	15.2	16.6	15.1	16.1	13.4	17.1	14.5	17.3	14.8	17.1	18.5	12.7	15.5	20.1	14	17.6	17.8	17.4	17.6	16	19	15.5	11	15.5	
10:16:13	15.7	18.2	17.9	17.5	16.7	17.2	16.2	16.5	16.6	16.8	16.7	19.6	16.4	19.8	15.5	17.9	16.1	18.7	15.2	18.1	22	15.6	16.7	20.3	17	17.1	18.8	20	19.1	18.5	18	18.5	15.3	18.5	
10:46:13	16.1	18.4	17.9	19	18.2	17.7	17.6	18.7	17.5	19.5	16.9	19.7	16.8	22	17.3	16.6	17.6	19	16	19.3	18.5	18	18.4	20.6	17.6	18.6	21.5	19.1	19.4	20	16.6	19.9	15.3	19.9	
11:16:13	16.3	19	18.4	16	17.9	18.2	19	18.1	19.4	19.2	19.1	20	16.7	19.8	18.7	18	19.1	19	18.5	20.3	20.4	17	17.9	20.4	16.8	22.1	20.3	20.8	20.3	21.8	20.9	21	15.8	21	
11:46:13	18.3	19.7	19.2	17.1	19	18.4	20.5	18	18.8	18.9	19	22.2	19	18.7	19.1	18.2	19.2	20.5	19.9	18.9	17.4	17.6	19.5	21.5	17	21.4	22	16.9	19.8	22.5	20.8	20.1	17.6	20.1	
12:16:13	18.6	20.8	21.1	18.2	18.6	17.2	18.3	20.4	19.8	19.4	22.2	21.3	20	18.6	17.3	18.8	19.5	19.1	20.4	19.5	16.3	19.3	20.4	21.3	18.4	19.9	21.3	19.3	21.2	21.2	20.9	20.3	18.7	20.3	
12:46:13	18.1	13.9	19.7	15.6	18	17.9	18.4	19.8	9.2	18.2	21.4	22	18.5	19.6	21	20	19.6	21.7	20.9	20.3	15.6	19.8	19.9	21.9	17.8	23.4	22.5	21.4	22.2	19.7	17.8	20.1	19.3	20.1	19.3
13:16:13	19.3	14.3	17.3	16.1	19.6	15.9	18.5	22.4	9.2	17.1	17.6	22.5	14	21	17.5	18.4	21.1	21.9	22.4	21	16.6	19.9	21.9	22.1	17.7	17.9	23	21.3	23.3	22.8	21.4	18.8	20	18.8	
13:46:13	19.2	18.8	17.4	17.4	19.7	18.2	20	17.8	11.8	12.7	10.7	23.3	14.8	22.3	17.7	19.6	21.5	22.6	22.7	18.3	20.9	19.7	21.9	22.1	16.6	18	22	19.5	22.9	22.5	21	17.4	21.4	17.4	
14:16:13	18	20.1	19.6	18.2	21	19.6	17.8	19.5	13	11.4	10.7	22.1	15.8	22.2	18.8	22	18.9	21.5	21.2	21	18.8	18.2	21.6	15.7	18.5	20.1	18.3	18.5	20.1	22.2	22.8	20	20.4	20	
14:46:13	19.1	20.7	19.3	16.5	20.2	20.2	20.2	16.5	12.3	11	12.3	14.3	14.4	18.4	15.6	16.4	20.5	20.6	23.4	14.1	18.2	21.2	15	19.7	19.9	19.4	18.9	17.5	21.3	18.2	19	20	19.4		
15:16:13	18.6	20.7	18.8	15.4	14.6	17.9	19.4	22.1	18.6	12.1	11.7	14.1	14.4	11.1	19.7	10.3	15.1	19	20.4	20.1	14.8	16.2	20.7	16.3	19.2	18.9	19.2	18.5	19.5	20.2	16.9	19.4	19.2	19.4	
15:46:13	21.1	19.2	18.9	15.7	11.8	18.3	19.3	18.4	19.1	10.7	12.4	14.6	14.3	9.6	20.4	9.9	15	18.8	21.8	18.3	14.9	14.6	20.8	17.8	18.9	19.2	16.8	16.6	19.6	20.3	15.5	17.1	18.9	17.1	
16:16:13	19.3	15.9	18.8	13	10.7	17.2	19.7	15.7	17.5	9.8	13.1	15.3	13.3	10.6	16.4	10.1	13.1	17.5	18.5	17	12.8	16.4	19.2	18.2	15.7	17.9	16.9	14.2	19.2	18.5	13.5	16.3	17.8	16.3	
16:46:13	15.1	13.3	17.9	12.1	11	16.6	15.6	12.6	17.1	9.5	12.8	13.5	12.8	11.1	12.3	11	11.8	16.4	17	15.7	12.4	15.5	17.8	16.7	14.8	15.5	18.6	12.9	17.4	16.6	11.8	12	16.6	12	
17:16:13	13.4	9.3	16.7	12.8	10.6	12.5	13.3	11.9	15.5	9.6	11.4	13.1	11.8	10.7	11.3	10.7	11.4	14.6	15.3	14.2	11.8	13.7	16.9	14.4	13.8	14.4	16.9	12.3	14.8	14.6	10.4	10.2	15.7	10.2	
17:46:13	12.3	8.6	14.3	12.6	10	9.8	10.9	11.8	13.6	9.4	10.3	11.8	10.5	9.6	10.8	9.8	10.7	12.2	12.1	12.7	10.9	11.2	13.7	12.7	12.2	12.1	14.1	11.8	13.7	12.3	10.1	8.5	12.9	8.5	
18:16:13	11.5	8	11.6	11	9.5	8.8	9.4	10.8	12.1	9	9.6	11	9.6	8.5	10.2	9.1	9.7	11.3	10.5	11.8	8.3	9.9	11.6	11.2	10	10.1	12.7	11.4	13.1	11.1	8.8	7.8	11.2	7.8	
18:46:13	11.3	7.8	10.4	10.2	9.2	8.2	8.9	10.1	11.2	8.9	9.1	10.2	9.6	8.5	10	9	9.7	10.6	9.7	11.7	8.1	8.9	11.7	10.7	9.7	8.8	12	10.5	11.9	10.7	8.1	7.9	11.1	7.9	
19:16:13	11.2	8.2	9.6	7.1	8.6	7.3	8.4	9.7	10.7	8.6	8.4	10.1	9.8	8.3	10	9.1	8.8	9.8	9.4	11.4	7.7	7.9	10.9	10.2	9.5	7.9	10.7	9.5	11.1	9.9	8.1	8.2	10.2	8.2	
19:46:13	10.1	7.8	8.9																																

ANEXO 11. Humedad externa de la primera fase

HORA	15/03/2023	16/03/2023	17/03/2023	18/03/2023	19/03/2023	20/03/2023	21/03/2023	22/03/2023	23/03/2023	24/03/2023	25/03/2023	26/03/2023	27/03/2023	28/03/2023	29/03/2023	30/03/2023	31/03/2023	1/04/2023	2/04/2023	3/04/2023	4/04/2023	5/04/2023	6/04/2023	7/04/2023	8/04/2023	9/04/2023	10/04/2023	11/04/2023	12/04/2023	13/04/2023	14/04/2023	15/04/2023	16/04/2023	17/04/2023
00:16:13	84.5	84.3	84.5	81.6	84.4	84.4	82.8	82.3	88.1	85.9	84.8	86.5	84.2	84.9	84.7	94.6	81.1	84.4	81.3	82.1	79.7	84.9	81.1	68.3	80.4	82.4	84.7	83.4	75.2	80.3	77.2	82	83.5	81.5
00:46:13	85	83.3	85	84	83.6	83.6	83.6	82.5	87.4	85.1	83.9	86.2	84.5	85.3	84.6	93.8	81.5	85.4	81.6	82.3	79	84.7	81.6	69.4	79.1	83.7	83.6	82.1	78.8	79.5	77.5	84	84.8	80.2
01:16:13	85	82.9	85	83.1	84.7	84.7	82.9	82.6	86.9	85	86	86.3	84.6	84.7	84.9	93.5	81.8	85.8	83.1	82.8	80.4	84.4	81.7	71.9	81.5	83.5	84.1	81.4	80.4	78.5	79.1	84.6	84.2	80.9
01:46:13	84.8	84.8	84.8	83.2	84.7	84.7	83.9	84.7	87.7	86.2	85.4	86	85	84.7	84.1	91.9	83.5	86.2	85	82.5	80.4	85.4	82.4	72.2	81.9	83.9	84.4	82	79.6	77.8	79.1	83.6	85.7	78.4
02:16:13	84.3	87	84.3	83.2	85.3	85.3	83.7	84.3	85.8	86.3	86.2	86.4	85.3	84.8	84.2	90.7	85.7	88.7	84.5	83.1	82	85.6	82.5	74.2	81.3	83.8	84.9	82.6	81.1	78.9	79.1	83.8	86.6	78.1
02:46:13	83.6	85.8	83.6	82.2	86.1	86.1	83.4	84.2	86.8	85.9	87	86	85.3	84	84.7	90.5	86	87.4	82.6	83.7	83.8	85.2	82.5	75.5	81.2	83	84.6	83	82.5	79	79.2	84	86.5	75.9
03:16:13	84	85.4	84	83.5	85.3	85.3	84.6	85.8	86.6	87	86.3	86.8	85.4	84.2	84.6	90.1	86.8	88.4	85.1	85.2	84.3	84.8	83.4	76.4	80.5	81	84.2	83.4	83.2	77.2	79.8	85.1	84.3	76.9
03:46:13	84.3	85.1	84.3	83.5	85.3	85.3	85.3	86.5	87.1	86.8	86.1	86.6	85.3	84.9	84.7	90	87.2	88.8	84.9	84.8	83.6	84.6	82.5	78.5	80.4	81.1	84.4	83.6	82.6	70.8	81.3	83.9	85.5	75.6
04:16:13	84.8	85.5	84.8	83.9	86.6	86.6	84.9	85.9	86.3	86.7	87.5	87.2	85.4	84.2	89.3	86.1	88.2	86.5	86.5	83.8	86.2	82.5	77.9	80	83.3	83	82.9	82.4	71.6	79.9	83.9	85.7	77.5	
04:46:13	85.1	86.2	85.1	83.8	86.2	86.2	86.4	86.6	85.9	87	87.5	87.2	87.1	85.1	86.1	88.2	85.2	88.7	86.5	86.4	83.4	86.5	83	78.9	80	82.4	84.2	83	83.1	73.2	80.4	84.9	85.4	78.9
05:16:13	87.6	86.7	87.6	85.2	86	86	86.9	86.1	84.7	87.9	87.5	87.3	87.1	85.3	85.8	89.8	86.1	88.3	86.3	86.9	83.2	84.9	84.2	80.8	81.2	82.1	84.3	83.5	82.7	74.6	81.3	85.5	87.8	80.3
05:46:13	86.5	86	86.5	84.4	86	86	88.4	84.9	86.1	88	88	87.9	87.4	84.7	85.4	87.7	85.8	87.2	86.2	87.2	82.7	84.1	83.4	80.8	81.8	81.3	84.4	83.4	81.9	74.7	81.2	85.5	87	79.5
06:16:13	87.3	85.9	87.3	83.5	84.5	84.5	87.6	84.4	87.1	87.1	87.6	88.8	85.2	83.1	85.5	87.4	85.4	88.1	86.4	86.8	84.7	84.3	82.9	81	83.7	84.9	84.8	82.3	82	73.1	82.9	86	88.6	79.6
06:46:13	85.4	86.1	85.4	79.4	83.4	83.4	86.3	83	85.8	86.5	85.9	88	77.5	84.1	84.2	88.1	83.9	86.8	82.5	84.4	83.2	81.3	81.8	76.8	83.4	83.8	81.9	81.7	81.9	73.1	78.6	83.7	88.4	77.1
07:16:13	82.1	82.1	82.1	73.7	79.8	79.8	84.2	79	81.3	84.2	86.6	82.5	71.5	81.7	80.9	87.1	81.3	81.3	79.1	80.3	81.5	79.8	73.9	70.4	83.9	80.3	77.5	75.8	78	67.5	70.2	82.3	88.4	68.6
07:46:13	77.8	76.2	77.8	70.5	73.8	73.8	75.4	72.6	81	81	81.5	77.9	68.3	78.1	74.1	74.2	79	79.2	73.1	74.7	77.9	75	62.7	80.6	71.9	66	68.4	69	60.1	66.4	78.7	86.3	67.9	
08:16:13	73.7	75.6	73.7	64.8	68.4	68.4	72.8	68.4	72.9	78.1	73.6	73.2	61.6	80	68.7	74.7	70.6	73.5	64.5	76	70.4	69.4	59.3	52.6	69.4	63.9	66.6	61.1	55.4	63.6	69.9	84.5	69.9	
08:46:13	69.4	65.4	69.4	63.8	64.6	64.6	65.7	68.9	69.6	73.5	69.2	58.6	58.4	68	65.5	68.4	60.8	64.1	65.1	70.2	59.7	63.4	58.6	48.2	73.8	61.6	62.6	59.3	51.1	48.9	59.9	66	81.1	66
09:16:13	63.7	59.4	63.7	62.9	60.4	60.4	63	65.1	65.7	66.3	58.6	64.1	58.7	69.9	58	60.1	64.7	60.3	64.8	64.3	62.1	55.7	54.6	49.1	68.5	56.9	58.7	54.2	45.5	49	52.7	60.4	78.3	60.4
09:46:13	58.4	55.5	60.4	59.5	60.5	60.5	52.4	64.8	55.8	72.3	55.2	59.5	56.6	64.4	62.7	65	59.3	56	60.3	56.6	52.6	54.7	49.9	47.1	60.7	55.5	55.2	49.8	42.3	52.3	48.6	56.5	73.6	56.5
10:16:13	54	47.8	55.8	54.9	58.4	58.4	54.1	55.6	58.3	55.1	57.4	59	50.3	58.9	53.6	57.4	55.4	54.3	57.9	54.2	45.5	54.3	48.7	45.1	58.5	52.1	51.3	48	44.2	48.3	56.2	67.4	56.2	
10:46:13	51.3	48.3	52.4	49.3	53.3	53.3	51.1	53.6	54.2	58	58.5	56.6	49.4	56.5	48.5	57.1	55.2	47.6	59.2	53	46.8	49.1	41.5	43.8	51.3	51.2	46.9	45.3	49	45.6	46.8	48.2	59.3	48.2
11:16:13	46.1	50.2	52.5	54.2	56.5	56.5	45.8	48.1	53.1	54.1	53.2	53.4	51.4	59.1	49.8	52.6	51.9	47.1	52.1	49.5	45.3	45.7	42.2	44.4	54	42.6	44.6	47.4	40.6	43	43.9	47.7	64.6	47.7
11:46:13	47.5	46.7	53	53	53.9	53.9	50.4	45.4	51.6	52.1	49.5	55.1	42.3	55.1	51.9	52.5	50.5	45.4	49.9	51.6	46.3	43.4	43.5	39.1	53.8	41.8	38.7	47.9	38.9	38.7	39.9	46.9	61.4	46.9
12:16:13	46.2	42.1	48.5	50.7	49	49	51.1	45.7	48.7	52.2	49.5	46.9	47	49	53.7	56.2	49.2	44.2	48.8	46.8	51	42.1	42.9	41.8	49.5	45.1	45.1	47.4	35.7	40.3	39.7	44.6	56.9	44.6
12:46:13	43.3	57.5	52.1	62.2	54.7	54.7	51.3	48.3	47.3	78.8	51.3	45.7	46.9	53.4	51.4	49	49.4	42.1	46.6	46.8	52.8	42.2	38.2	39.6	48.8	39	39.5	38.7	39.2	39.1	43	46.9	51.9	46.9
13:16:13	45.6	59.2	53.9	60.9	51	51	52.9	50.3	46.4	92.5	56	52.7	44.4	63.4	50.2	56.6	50.2	39.1	43.9	43.1	47.6	37.1	39.9	38.9	50.4	45.2	40.4	42.1	37.7	38	45.5	48	51.1	48
13:46:13	40.9	53	52.3	52	50.9	50.9	46.9	46.2	52.1	82.8	68.1	70.9	43.8	66.5	44.1	54.8	48.9	44.3	42	46.4	45.5	32.9	38.9	38.8	54	47.7	37	43	34.2	36.8	41.8	49.6	42.8	49.6
14:16:13	38.9	48.7	49.7	51.2	47.6	47.6	48.3	49.5	46.4	68.8	78.2	75.9	44.1	60	44.7	50.8	48.4	42.9	43.5	44.5	44.1	36.8	38.5	50	51.8	41	41.2	47.7	39.5	37.1	39.6	46.2	44.4	46.2
14:46:13	40.5	46.3	49.6	51.4	47	47	46.1	52.8	46.3	69.4	71.9	75.8	68.3	64.8	57.9	50.6	52.2	46.8	42.4	37.1	54.8	31.8	36.5	49.8	47.9	44.3	40.7	41.1	45.5	36.9	44.8	48.9	41.8	48.9
15:16:13	39.1	44.2	50.2	53.5	58.4	58.4	47	46.5	41.4	57.5	71.6	76.8	65.4	62.3	67.7	48	70.4	49.9	44.1	44.3	56.8	34.4	34.7	46.6	48.9	45.8	44.2	45.8	43.3	38.5	44.5	48.2	40.6	48.2
15:46:13	41.4	45.7	48.2	56.1	67.7	67.7	45.3	44.4	44.7	55.1	77.3	74.3	61.9	59.7	75.2	51.5	73	43.6	41.6	51.3	54.3	36.9	32.6	41.8	47.7	45.2	48.9	49.2	42.1	39.5	51	49.3	40.5	49.3
16:16:13	42.3	51.5	50.4	65.8	70	70	50.2	48.8	54.6	54.2	79.8	69.7	61.5	62.2	76.2	53.3	75.4	44.4	47.6	50.4	61.6	44.8	33	43.8	53.8	44.3	47.6	54.5	42.8	40.3	55.1	50.9	44.8	50.9
16:46:13	54.8	58.9	51	70.7	72.2	72.2	50.6	56.3	63.4	56.2	81.4	70.4	63.6	62.8	76.1	65.3	72.1	51.3	54.8	50.9	61.8	45.9	34.9	47.5	56	52.4	42.8	60	45.9	45.1	67.1	62.8	46.4	62.8
17:16:13	54.4	75	54	70.4	73.2	73.2	64.5	62	68.3	62.3	81.3	68.3	64.1	66.3	78.4	66.6	72.7	55.9	56.9	56.5	64.5	47.9	40.3	52.2	59.3	53.9	42.8	60.8	51.3	50.8	70.5	71.9	50.8	71.9
17:46:13	61.1	77.7	60.7	68.4	74.4	74.4	70.5	69.2	67.8	66.3	81.7	72.1	66.4	68	78.4	72.1	75.4	65.1	58.2	58.2	67.9	53	47.6	56	62.7	57.4	53	66.3	54.2	53.7	74	80	59.9	80
18:16:13	64.3	79.2	64.7	73	76.3	76.3	75.6	77.3	69.7	72.2	82.4	74.1	71.1	72	81.5	74.9	79.4	66.1	67	60	76.7	57.6	55	59.2	66.6	68.4	54.1	68.1	54.2	52.4	76.5	82.1	65	82.1
18:46:13	64.2	82.6	70</																															

ANEXO 12. Temperatura interna de la segunda fase

HORA	7/05/2023	8/05/2023	9/05/2023	10/05/2023	11/05/2023	12/05/2023	13/05/2023	14/05/2023	15/05/2023	16/05/2023	17/05/2023	18/05/2023	19/05/2023	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	26/05/2023	27/05/2023	28/05/2023	29/05/2023
00:20:40	9.1	8.1	7.5	7.3	7.5	7.6	7	8.4	8.6	8.3	8.2	8.2	9.3	9.1	9.8	9.5	8.9	8.6	8.6	8.9	9.4	9.2	10
00:50:40	9	8	7.4	7.3	7.4	7.5	6.9	8.2	8.4	8.1	8	8	9.1	9	9.6	9.3	8.7	8.5	8.4	8.8	9.2	9.1	9.9
01:20:40	8.8	8	7.4	7.2	7.2	7.4	6.8	8	8.3	7.8	7.8	7.8	9	8.8	9.4	9.1	8.6	8.3	8.2	8.6	9.1	9	9.8
01:50:40	8.7	7.8	7.3	7.1	7.1	7.4	6.7	7.9	8.1	7.6	7.6	7.7	8.8	8.7	9.3	8.9	8.4	8.1	8	8.5	8.9	8.9	9.7
02:20:40	8.5	7.7	7.3	7	7	7.4	6.7	7.8	8	7.5	7.4	7.5	8.6	8.5	9.2	8.7	8.3	8	7.9	8.5	8.8	8.8	9.7
02:50:40	8.3	7.6	7.2	6.9	6.8	7.3	6.6	7.7	7.8	7.3	7.3	7.4	8.4	8.3	9.1	8.6	8.1	7.8	7.8	8.3	8.6	8.8	9.6
03:20:40	8.2	7.5	7.2	6.8	6.7	7.3	6.5	7.5	7.6	7.2	7.1	7.2	8.2	8.2	9	8.4	8	7.6	7.7	8.2	8.5	8.7	9.5
03:50:40	8.1	7.5	7.2	6.7	6.6	7.2	6.5	7.4	7.5	7.1	6.9	7.1	8	8.1	9	8.2	7.8	7.4	7.5	8.1	8.4	8.7	9.4
04:20:40	8	7.3	7.2	6.6	6.5	7.2	6.4	7.3	7.4	6.9	6.7	7	7.9	8	8.9	8	7.7	7.3	7.3	8	8.3	8.7	9.4
04:50:40	7.8	7.3	7.1	6.5	6.4	7.2	6.3	7.1	7.3	6.8	6.6	6.8	7.7	7.8	8.8	7.8	7.5	7.1	7.2	7.9	8.2	8.6	9.3
05:20:40	7.7	7.3	7.1	6.5	6.3	7.1	6.2	7.1	7.1	6.6	6.4	6.6	7.5	7.7	8.6	7.6	7.4	6.9	7.1	7.8	8	8.6	9.3
05:50:40	7.6	7.2	7.1	6.4	6.1	7.1	6.1	6.9	7	6.5	6.3	6.5	7.4	7.6	8.5	7.5	7.3	6.8	6.9	7.8	8	8.6	9.2
06:20:40	7.6	7.2	7.1	6.4	6.1	7	6.1	6.8	6.9	6.4	6.1	6.4	7.3	7.6	8.4	7.4	7.2	6.6	6.8	7.7	7.9	8.5	9.2
06:50:40	7.8	7.3	7.1	6.4	6.4	7.1	6.2	7	7.2	6.6	6.3	6.6	7.5	7.8	8.6	7.4	7.2	6.8	7	7.7	8.1	8.6	9.2
07:20:40	8	7.3	7.3	6.6	6.5	7.2	6.4	7.3	7.4	7	6.7	7	7.8	8	8.9	7.7	7.3	7.1	7.3	7.9	8.3	8.8	9.3
07:50:40	8.4	7.3	7.5	6.7	6.9	7.3	6.7	7.7	7.8	7.3	7.1	7.3	8.2	8.4	9.2	8.1	7.6	7.5	7.6	8.1	8.4	9.1	9.6
08:20:40	8.7	7.5	7.5	6.9	7.3	7.6	6.9	8.1	8.2	7.7	7.5	7.7	8.5	8.7	9.5	8.6	8.1	8	8	8.3	8.7	9.4	9.9
08:50:40	9.3	7.6	7.7	7.4	7.7	7.9	7.2	8.5	8.6	8.1	7.9	8.2	8.9	9.3	9.9	9	8.5	8.5	8.6	8.6	9.2	9.7	10.3
09:20:40	9.9	7.7	8	7.8	8.2	8	7.7	8.9	9.1	8.5	8.4	8.6	9.4	9.9	10.2	9.5	8.9	9	8.9	9	9.6	10.4	10.7
09:50:40	10.2	8	8.4	8.2	8.5	8.3	8.1	9.3	9.5	9	8.8	9.1	9.9	10.2	10.5	9.9	9.4	9.4	9.3	9.6	10.2	10.7	11.1
10:20:40	10.6	8.3	8.8	8.7	9	8.4	8.7	9.7	9.9	9.3	9.1	9.4	10.3	10.6	10.8	10.3	9.8	9.8	9.8	10	10.8	11.2	10.8
10:50:40	11.1	8.5	8.9	9	9.3	8.7	9.2	10	10.2	9.7	9.5	9.8	10.6	11.1	11	10.7	10.1	10.1	10.2	10.4	11.1	11.7	11.1
11:20:40	11.8	8.7	9.4	9.5	9.5	8.9	9.5	10.4	10.5	10	9.9	10.1	10.9	11.6	11.2	11	10.5	10.5	10.6	10.7	11.3	12.1	11.3
11:50:40	10.5	9.1	9.7	9.9	9.8	8.9	9.8	10.6	10.8	10.2	10.2	10.4	11.1	11.9	11.5	11.3	10.9	10.9	10.9	11.1	11.4	12.3	11.4
12:20:40	10.6	9.3	9.8	10.2	10.2	8.7	10.2	10.9	11.3	10.6	10.6	10.7	11.3	12.5	11.9	11.6	11.3	11.3	11.4	11.7	11.8	12.6	11.8
12:50:40	10.7	9.3	9.6	10.5	10.7	8.7	10.6	11.4	11.6	11.1	11.1	11.1	11.8	12.4	12.5	12	11.8	11.8	12	12.2	12	12.8	12
13:20:40	11	9.5	9.4	10.9	10.9	9.4	10.7	11.8	12.2	11.7	11.5	11.5	12.2	12.5	12.9	12.5	12.3	12.3	12.4	12.8	11.9	13.1	11.9
13:50:40	11.2	9.7	9.6	11.4	11.4	9.9	11.2	12.3	12.8	12.1	12	12	12.6	12.7	13.4	13	12.8	12.9	12.5	12.9	12.3	13	12.3
14:20:40	12.1	9.7	9.7	11.3	12	10	11.8	12.7	12.9	12.7	12.6	12.6	13.3	12.7	13.9	13.5	13.3	13.1	12.5	13.1	12.4	13.2	12.4
14:50:40	12	9.7	9.9	11.4	11.8	10.6	12.2	13.2	13.9	13.3	13.3	13.3	14	13.2	14.7	14.2	13.9	13.8	12.6	13.8	12.3	13.4	12.3
15:20:40	11.7	9.6	10.8	11.6	11.5	10.1	12.3	13.9	13.3	14	14	13.9	14.7	14.1	15.3	14.8	14.5	14.4	12.2	14.7	12.2	13.1	12.2
15:50:40	11.3	9.5	10.5	12.2	11.3	10.8	13.2	14.5	14.2	14.4	14.5	14.4	15	14.5	15.7	15	15.1	14.9	12	15	12.2	12.8	12.2
16:20:40	11.1	9.4	10.2	12	11.2	10.8	12	14.5	14.2	14.6	14.8	14.5	15.2	15	15.9	15.1	14.8	15.2	12	14.8	12.4	12.5	12.4
16:50:40	10.8	9.3	9.9	11.7	11.3	10.4	11.5	14.4	13.2	14.7	14.8	14.5	15.2	15.1	15.9	14.8	14.8	14.8	11.7	13.6	12.3	12.3	12.3
17:20:40	10.5	9.1	10	11.2	11	9.9	11.3	13.6	13	13.7	13.8	13.5	14.3	13.9	14.9	13.9	13.7	13.9	11.5	13.1	11.8	12.1	11.8
17:50:40	10.3	8.9	9.6	10.7	10.5	9.6	10.8	12.8	12.4	12.9	12.8	12.7	13.3	13	14	13.1	13	13	11.1	12.6	11.5	11.8	11.5
18:20:40	10.1	8.8	9.3	10.3	10	9.3	10.5	12.2	11.9	12.2	12.2	12.1	12.7	12.6	13.4	12.5	12.5	12.4	10.8	12.2	11.3	11.6	11.3
18:50:40	9.9	8.7	9	10	9.7	9.1	10.2	11.8	11.4	11.7	11.7	11.7	12.2	12.2	13	12.1	12	12	10.6	11.9	11.1	11.4	11.1
19:20:40	9.8	8.5	8.9	9.7	9.5	8.8	10	11.4	10.9	11.1	11.3	11.4	11.8	11.9	12.5	11.7	11.7	11.5	10.4	11.6	10.9	11.2	10.9
19:50:40	9.6	8.4	8.6	9.4	9.2	8.6	9.8	11.1	10.5	10.7	10.9	11.1	11.6	11.7	12	11.4	11.3	11.1	10.2	11.3	10.7	11.1	10.7
20:20:40	9.4	8.2	8.5	9.2	9	8.3	9.7	10.7	10.2	10.3	10.4	10.9	11.2	11.5	11.6	11	10.9	10.7	10	11.1	10.5	11	10.5
20:50:40	9.3	8.1	8.3	9	8.8	8.1	9.5	10.4	9.8	8	10.1	10.6	11	11.2	11.2	10.6	10.5	10.3	9.9	10.9	10.3	10.8	10.3
21:20:40	9	7.9	8.1	8.7	8.5	7.9	9.3	10	9.5	9.7	9.7	10.4	10.6	11	10.8	10.3	10.2	9.9	9.7	10.6	10.1	10.7	10.1
21:50:40	8.8	7.8	7.9	8.5	8.4	7.7	9.2	9.8	9.3	9.4	9.3	10.2	10.3	10.8	10.6	10	9.9	9.6	9.6	10.4	10	10.6	10
22:20:40	8.6	7.8	7.8	8.2	8.2	7.5	9.1	9.5	9.1	9.2	9.1	10	10	10.6	10.4	9.8	9.6	9.4	9.4	10.3	9.8	10.5	9.8
22:50:40	8.5	7.7	7.7	8.1	8	7.4	8.9	9.2	8.8	8.9	8.9	9.8	9.8	10.4	10.1	9.6	9.3	9.2	9.3	10	9.7	10.3	9.7
23:20:40	8.4	7.6	7.6	7.8	7.8	7.2	8.7	9	8.7	8.6	8.6	9.6	9.5	10.2	9.9	9.3	9	9	9.2	9.8	9.5	10.2	9.5
23:50:40	8.3	7.6	7.5	7.7	7.7	7	8.6	8.8	8.5	8.4	8.4	9.5	9.3	10	9.7	9.1	8.8	8.8	9.1	9.6	9.3	10.1	9.3

ANEXO 13. Humedad interna de la segunda fase

HORA	7/05/2023	8/05/2023	9/05/2023	10/05/2023	11/05/2023	12/05/2023	13/05/2023	14/05/2023	15/05/2023	16/05/2023	17/05/2023	18/05/2023	19/05/2023	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	26/05/2023	27/05/2023	28/05/2023	29/05/2023	
00:20:40	91.4	96.4	97.8	98	97.5	97.7	98.2	98.1	97.7	97.4	97.3	97	98.3	97.7	98.1	97.6	97.8	97.5	97.7	98.6	98.4	98.7	98.7	99.3
00:50:40	93.5	96.5	97.8	98	97.6	97.7	98.2	98.1	97.7	97.5	97.4	97.2	98.3	97.9	98	97.7	97.9	97.6	97.8	98.4	98.3	98.8	98.8	99.4
01:20:40	93.6	96.6	97.8	97.9	97.5	97.7	98.4	98	97.7	97.6	97.6	97.5	98.2	97.9	98	97.8	97.8	97.9	98.4	98.2	98.8	98.8	99.5	
01:50:40	95.7	96.7	97.9	97.9	97.5	98	98.4	98.1	97.8	97.7	97.5	97.5	98.2	97.8	98.1	98	98	97.8	97.9	98.5	98.4	98.8	98.8	99.4
02:20:40	93.7	96.7	98	97.9	97.7	98.1	98.4	98.1	97.9	97.9	97.6	97.7	98	97.9	98.2	98.2	98.2	97.8	98.1	98.6	98.4	98.9	99.3	
02:50:40	91.8	96.8	98	98	97.9	98.1	98.4	98.1	97.9	98	97.7	97.7	98	97.9	98.3	98.2	98.2	98	98.2	98.6	98.5	99	99.3	
03:20:40	91.9	96.9	98.1	98	98	98.1	98.4	98.1	97.9	98.1	97.8	97.8	98.1	98.2	98.4	98.1	98.3	97.9	98.3	98.6	98.5	99	99.3	
03:50:40	93.9	96.9	98.1	98.1	98.2	98.1	98.4	98.2	98	98.1	98	97.9	98	98.2	98.5	98	98.3	98.1	98.4	98.7	98.6	99.1	99.3	
04:20:40	92.7	96.7	98.1	98.1	98	98.2	98.4	98.2	98.1	98.1	97.9	97.9	98.1	98.2	98.6	98	98.4	98.1	98.3	98.7	98.7	99.1	99.4	
04:50:40	91.7	96.7	98.2	98.1	98	98.2	98.5	98.2	98.2	98.1	97.9	97.9	98.1	98.3	98.5	98.2	98.5	98.1	98.5	98.7	98.7	99.2	99.5	
05:20:40	93.8	96.8	98.1	98.2	98	98.2	98.5	98.4	98.1	98.2	97.9	98	98.2	98.4	98.5	98	98.5	98.1	98.5	98.8	98.7	99.3	99.5	
05:50:40	92.9	96.9	98.2	98.2	97.9	98.1	98.7	98.3	98.2	98.2	98.1	98.1	98.2	98.4	98.5	98.3	98.5	98.2	98.4	98.8	98.7	99.2	99.5	
06:20:40	92.8	96.8	98.3	98.3	98	98.2	98.8	98.3	98.2	98.3	98.1	98.1	98.3	98.5	98.6	98.4	98.5	98.2	98.5	98.9	98.8	99.3	99.5	
06:50:40	92.9	96.9	98.2	98.3	98.1	98.1	98.8	98.6	98.4	98.3	98.1	98.1	98.3	98.5	98.8	95.5	98.4	98.3	98.5	98.9	98.9	99.3	99.5	
07:20:40	92.9	96.9	98.1	98.4	98.1	97.9	98.7	98.6	98.4	98.4	98.4	98.4	98.5	98.4	98.5	98.6	98.2	98.3	98.6	98.6	99	98.8	99.1	99.5
07:50:40	93.8	96.8	97.6	98.3	98.1	98.1	98.7	98.7	98.5	98.4	98.4	98.4	98.5	98.2	98.4	98.4	98.4	98.7	98.6	98.5	99.1	98.7	99.1	99.5
08:20:40	92.4	96.4	97.6	97.9	97.8	97.9	98.6	98.7	98.6	98.4	98.4	98.4	98.4	98.3	98.5	97.5	98.4	98.7	98.4	98.5	98.9	98.8	99	99.1
08:50:40	93.4	96.4	97.6	97.7	97.8	97.5	98.5	98.6	98.5	98.3	98.3	98.4	98.3	98.3	97.6	98.3	98.4	98.2	98.6	98.5	98.7	98.9	98.3	
09:20:40	92	96	97.1	97.3	97.7	97.6	98.4	98.5	98.4	98.3	98.3	98.2	98.3	98.1	97.2	98.2	97.8	98.2	98.5	98.3	98.8	98.7	98.3	
09:50:40	95.3	95.9	96.7	97.3	97.6	97.4	98.4	98.3	98.3	97.8	98.2	98.1	98.1	97.8	97	97.8	97.8	98.1	98.4	98.3	98.6	98.2	98.5	
10:20:40	95.6	95.6	96.6	97.2	97.3	97.5	97.9	98	98	97.6	97.9	97.9	97.8	97.5	96.3	97.8	97.9	97.9	98.2	98.3	98.3	97.6	98.3	
10:50:40	96	96	96.7	96.9	96.9	97.6	97.7	97.8	97.7	97.3	97.7	97.6	97.5	97.3	95.9	97.6	97.8	97.6	97.9	98.2	97.7	97.7	97.7	
11:20:40	80.3	95.8	96.4	96.6	96.5	97.6	97.2	97.1	97.2	97.1	96.8	96.9	96.5	96.8	96.1	97.2	97.3	97.4	97.3	97.8	97.7	97.1	97.7	
11:50:40	88.5	95.4	96.1	96.2	96.3	97.6	97.1	96.9	97.1	97	96.7	96.9	96.2	96.5	96.8	96.8	97.1	97.1	97.2	97.6	96.5	96.9	97.5	
12:20:40	90.3	95.3	96.1	95.9	96.2	97.9	97.1	96.8	96.8	96.9	97	96.7	96.6	96.1	96.7	96.7	96.8	97.1	96.4	97.2	97	96.8	97	
12:50:40	91.2	95.6	96.4	95.6	95.8	97.9	96.6	96.3	96.3	96.8	96.7	96.3	96.5	96.1	96.4	96.5	96.5	96.8	96.2	96.7	97	96.7	97	
13:20:40	91.2	95.7	96.7	95.4	95.5	97.3	96.6	96.1	95.6	96.4	95.8	96.2	96	96.1	95.7	96.1	95.9	96	95.6	95.8	96.9	96.3	96.9	
13:50:40	91.7	95.5	96.7	94.9	95	97.2	96.2	95.6	95.1	95.6	95.7	95.8	95.9	96.1	95.5	95.5	94.6	95.2	95.3	95.6	96.7	96.5	96.7	
14:20:40	90.9	95.8	96.5	95	94.5	97	95.6	95.2	95.5	94.4	94.2	95.3	95.2	96.2	94.9	95.1	94.1	94.3	95.5	96	96.6	96.5	96.6	
14:50:40	91.7	95.9	96.5	95.3	95.3	96	94.8	94.8	94.1	93.1	94.2	94.5	94.3	95.5	94.1	94.3	93.9	94	95.6	95.1	96.8	96.2	96.8	
15:20:40	92.8	96.2	94.8	95.6	95.8	97.1	94.9	94.1	95.8	92.9	93.5	93.3	93.3	94.3	93	93.4	93.1	93.3	96.4	93.2	97.1	96.8	97.1	
15:50:40	93.9	96.4	95.5	93.9	95.7	96.9	93.1	92.8	94	92.5	92.9	92.7	92.7	93.8	92.3	92.8	92.9	92.7	96.9	93.1	97.2	97.4	97.2	
16:20:40	94.5	96.7	96.4	94.6	96.1	95.8	95.9	93.8	94.9	93.4	93.7	93.9	94	94.2	93.7	94	94.4	94.3	97.2	94.8	96.7	97.8	96.7	
16:50:40	94.6	96.9	96.9	95.4	96	96.6	97.2	93.8	96.6	93.5	93.9	93.9	94	93.9	93.8	94.6	94.7	94.3	97.5	96.9	97.1	98.3	97.1	
17:20:40	94.2	97	96.6	96.3	96.2	97.1	97.3	95.4	96.1	95.3	95.1	95.5	95.7	95.5	96.2	96.5	95.8	98	97.8	98.1	98.7	98.1		
17:50:40	95	97.1	97.1	97	97.2	97.7	97.5	96.9	97	96.7	95.9	97	97.1	96.5	96.6	96	97	97.3	98.5	98	98.6	98.7	98.6	
18:20:40	95.2	97.1	97.4	96.9	97.1	98	97.7	97	97.1	96.4	96.9	97.6	96.5	97.2	97.3	97	97.7	97.3	98.4	98.1	98.8	98.9	98.8	
18:50:40	95.4	97.1	97.2	97.3	96.9	98	98	97.4	96.5	95.9	96.9	97.9	96.9	97.8	97.3	97.4	97.6	97.5	98.4	98.2	98.8	99	98.8	
19:20:40	95.4	97.2	97.3	97.4	97.3	97.9	98.2	97.6	96.4	95.7	97	97.9	97.5	98.1	96.5	97.6	97.5	97.2	98.5	98.4	98.9	99.2	98.9	
19:50:40	95.4	97.1	97.4	97.2	97.3	97.7	98.3	97.5	96.5	96	96.8	98.1	97.8	98.2	96.4	97.4	97.1	97	98.4	98.5	99	99.2	99	
20:20:40	95.5	97.1	97.2	97.2	97.5	97.8	98.5	97.1	96.6	96.3	96.7	98.2	97.9	98.3	96.4	97.1	97.2	96.9	98.6	98.5	99	99.3	99	
20:50:40	95.7	97	97.3	97.2	97.7	97.8	98.5	97.1	96.3	96.9	96.6	98.2	97.9	98.1	96.5	96.9	97	97.3	98.6	98.6	99	99.3	99	
21:20:40	95.6	97	97.3	97.1	97.5	97.9	98.6	97.2	96.6	97.1	96.6	98.3	97.7	97.9	97.1	96.8	97	97	98.5	98.5	98.8	99.4	98.8	
21:50:40	95.7	97.2	97.5	97.2	97.5	98	98.6	97.3	96.9	97.1	96.6	98.3	97.5	98	97.4	97.4	97.3	97.2	98.6	98.5	98.9	99.3	98.9	
22:20:40	95.8	97.4	97.5	97.4	97.5	98	98.6	97.4	97.4	97.1	96.9	98.4	97.6	98.1	97.6	97.7	97.5	97.7	98.6	98.6	99	99.3	99	
22:50:40	95.9	97.5	97.6	97.4	97.7	98	98.6	97.6	97.3	97.2	97.3	98.3	97.5	98.1	97.7	97.5	97.4	97.9	98.6	98.5	98.9	99.3	98.9	
23:20:40	96.1	97.6	97.7	97.4	97.6	97.9	98.4	97.5	97.3	97.1	97	98.5	97.6	98.1	97.6	97.6	97.2	97.7	98.6	98.4	98.8	99.3	98.8	
23:50:40	96.2	97.6	97.9	97.4	97.6	98	98.3	97.7	97.4	97.2	97	98.5	97.7	98.1	97.6	97.6	97.4	97.7	98.4	98.4	98.8	99.3	98.8	

ANEXO 14. Temperatura externa de la segunda fase

HORA	7/05/2023	8/05/2023	9/05/2023	10/05/2023	11/05/2023	12/05/2023	13/05/2023	14/05/2023	15/05/2023	16/05/2023	17/05/2023	18/05/2023	19/05/2023	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	26/05/2023	27/05/2023	28/05/2023	29/05/2023
00:24:17	1.3	1.9	1.9	0.8	0.2	3	1.9	2.5	1.3	-0.4	-0.6	0.1	3.5	2.4	4.4	0.6	1	1.6	0.4	3.9	3.3	3.8	6.2
00:54:17	0.8	1.9	1.8	0.4	-0.2	3.2	2	2.1	0.8	-0.9	-0.8	-0.2	3.3	2	4.1	0.1	0.5	1.1	0	3	2.7	3.3	6.1
01:24:17	0.5	1.8	2.3	0.4	-0.5	3.2	2.1	2.1	0.5	-1.9	-1.2	-0.4	2.8	1.6	3.4	-0.3	0.4	0.3	-0.1	3.3	2.1	3.4	6.2
01:54:17	0	1.6	2.4	0	-0.8	2.8	2.1	1.5	0	-2	-1.9	-0.8	2.3	1.1	3.8	-0.7	0	-0.6	-0.4	3.5	1.8	4.3	6.3
02:24:17	-0.1	1.5	2.5	0.1	-1.1	3.3	2	1.2	-0.1	-2.3	-2.2	-1.2	1.6	0.6	3.8	-1	-0.2	-1.1	-0.9	3.3	1.5	4.7	6.1
02:54:17	-0.5	1.6	2.6	0.4	-1.3	3	2	1	-0.5	-2.1	-2.5	-1.7	1.1	0.3	3.9	-1.3	-0.6	-1.8	-1.1	2.4	1.1	4.8	6.2
03:24:17	-1	1.5	2.9	0.3	-1.5	3	1.4	0.3	-1	-2.6	-2.9	-2	0.8	0.3	3.9	-1.9	-0.9	-2.3	-1.5	1.9	0.6	4.9	5.6
03:54:17	-1.1	1.6	3.3	0.3	-1.7	3.3	1	-0.1	-1.1	-3.1	-3.4	-2.3	0.2	0	3.9	-2.2	-1.4	-2.4	-2	1.7	0.6	5.1	5.4
04:24:17	-1.3	1.9	3.5	-0.1	-2	3.6	0.5	-0.4	-1.3	-3.4	-3.8	-2.6	-0.1	-0.3	3.2	-2.9	-1.7	-2.9	-2.6	2.1	0.6	4.5	5.3
04:54:17	-1.5	1.8	3	-0.3	-2.3	3.8	0.4	-0.7	-1.5	-3.8	-4.2	-2.9	-0.5	-0.4	2.2	-3.5	-1.9	-3.7	-2.7	1.9	0.7	4.6	5.5
05:24:17	-1.7	1.8	3.2	-0.2	-2.5	3.5	0.5	-1	-1.7	-4.1	-4.5	-3.2	-0.7	0.2	1.5	-3.6	-2.3	-4.1	-3.1	1.7	0.9	5.1	5.6
05:54:17	-2	1.8	3.3	-0.2	-2.6	3.4	1	-1.3	-2	-4.3	-4.7	-3.2	-1	0.5	1.2	-3.3	-2.7	-4.6	-3.5	2.3	0.9	4.3	5.6
06:24:17	-1.8	2.1	4	0.1	-2.1	3.9	1.5	-1.1	-1.8	-4	-4.4	-2.8	-1	0.4	1.1	-2.8	-2.6	-4.2	-3.3	2.3	1.5	4.1	5.9
06:54:17	2.3	2.6	4.8	1.2	1.4	4.6	3.3	2.6	2.3	0	-0.4	1.3	2.1	3.2	4.7	1.2	-0.4	-0.5	0.7	4.5	3.9	5.6	6.7
07:24:17	5.2	2.5	6.4	3	4.2	5.9	5.6	6.5	5.2	2.9	3.3	5.1	5.9	5.7	7	3.7	1.8	3.2	4.1	5.4	5.4	7.5	8.1
07:54:17	8.1	3.3	7.5	5.1	7.5	7.3	6.9	8.6	8.1	4.7	6.2	7.6	9	9.1	9.5	7.1	5.6	6.8	7	6.6	6.4	11.5	10
08:24:17	9.8	4.8	7.6	7.2	8.8	9.9	9.1	9.7	9.8	7.2	7.8	9.1	10.8	11.2	11.1	8.9	8.4	9.4	9.3	9.9	9.5	12.5	13.1
08:54:17	11.9	4.6	9.4	10.5	11.5	10.6	10.3	12.8	11.9	10.2	10.9	10.7	12.5	14.6	13.3	11	11.4	11.9	11.2	12.2	12.3	14.1	14.8
09:24:17	13.6	6	10.2	12.2	12.2	10.6	12.1	14.6	13.6	12.6	12.4	12.4	14.6	17.3	13.9	13	13.9	13	13.3	13.7	14.3	17.1	16.5
09:54:17	14.7	8.4	11.8	12.9	13.4	12	15.7	15.5	14.7	13.8	13.6	14.3	15.8	16.7	15.1	15.4	15	15.5	15.7	16.3	15.5	19	17.6
10:24:17	16.8	10.3	13.7	14.6	15.7	12.5	16.2	17.3	16.8	15.5	15	15.8	16.7	17.7	17	16.4	16.3	16.9	16.5	16.9	19.2	18.9	17.7
10:54:17	18.6	12.6	13.7	16.6	16.6	12.7	18.8	18.9	18.6	16.1	17.8	17.5	18.9	20.2	18.1	17	18.2	17.3	18.1	18.2	19.1	20.8	20.2
11:24:17	18.6	11.8	15.6	18.2	18.2	13.1	18.4	18.9	19.9	18.2	18.8	18.2	19.5	22.4	19.9	18.5	19.2	18.5	19.3	19.3	17.8	20.3	22.4
11:54:17	18.4	12.8	17	17.2	18.7	12	18	19.8	20.6	18.6	19	18.7	19.8	21.4	19.6	19.3	20.1	18.1	20.2	20.7	19.4	20.4	21.4
12:24:17	18.1	13.8	16.4	17.3	20.3	9.7	18.8	20.4	21.9	18.8	20.2	19.4	20.7	24.8	20.6	20.6	20.9	18.8	20.3	21.6	20.2	21.2	24.8
12:54:17	18.9	13.4	12.9	18.8	21	10.4	17.9	20.1	22.3	19.2	19	19.5	20.7	21.3	21.4	21.1	21.1	19.5	22.4	24.4	20.4	20.9	21.3
13:24:17	18.1	14.1	10.1	19.3	19.6	14.2	17.6	21.9	22.7	19.7	19.1	20.3	20.7	21.3	21.3	21.2	21.2	20.2	21.7	23.4	18.3	21.1	21.3
13:54:17	18.5	15.3	12.3	20.4	19.2	15.8	19.2	21.7	20.1	19.9	20.2	20.5	21	21.3	21.2	21.2	21.2	20.9	21.1	20.3	20	19.7	21.3
14:24:17	19.7	13.3	13.5	18.5	19.4	15.1	19.4	20.9	20.4	19.3	20.3	20.9	21.6	20.1	21.2	21.4	21.5	19.3	19.7	21.2	19.3	20.6	20.1
14:54:17	18.5	12.3	14.2	17.4	18.4	15.6	18.8	19.7	20.9	18.9	20	20.4	21.5	20.1	20.6	20.8	20.9	19.9	19.4	20.1	18.7	19.4	20.1
15:24:17	15.6	11.2	16.9	16.8	16.5	12.2	17.6	20.4	18.2	18.6	20.1	19.5	20.1	22	20.2	19.8	20.4	20	17.8	19.8	17.6	17.5	22
15:54:17	13.2	10.2	14.1	16.7	13.8	13.7	17.2	19.1	18.3	18.7	19	19	19.3	20.8	19.5	19.1	20.2	18.4	17.1	20	16.8	15.9	20.8
16:24:17	11.4	9.3	12.2	13.8	13.1	10.8	13.9	17.6	17.2	18	17.9	17.7	18.1	19.8	18.4	17.3	17.7	17.5	16.1	17.9	16.3	14.6	19.8
16:54:17	8.3	8.1	10.7	12	12.5	9	13.5	16.1	13.3	16.1	15.7	16.1	16.3	17.9	16.9	15.5	16.3	14.8	13.9	15.2	14.8	13.5	17.9
17:24:17	8.2	7.3	9.2	9.9	9.7	7.4	11.1	12.6	10.8	12.1	11.7	12.9	13.2	13.6	13.6	12.4	12.8	11.9	11.9	13.9	12.4	12.3	13.6
17:54:17	7.1	6.2	7.3	8.2	7.4	7.2	8.6	10.1	8.6	9.1	9.4	10.9	11.1	11.8	11.8	9.9	10.7	10.1	10.4	12.1	11	11.6	11.8
18:24:17	6.9	5.8	6	6.8	6.1	6.4	7.7	8.4	6.9	7.3	7.7	9.7	9.6	11.1	10.4	8.7	9.1	8.1	9.4	10.7	9.9	11.1	11.1
18:54:17	6.7	5.5	5.3	6	5.5	5.3	7.8	7.4	5.7	5.8	6.6	8.8	9.1	10.8	8.2	8	8	7	9.2	9.8	9.6	10.1	10.8
19:24:17	6.2	5.4	4.1	5.1	4.6	4.4	8	6.5	5.2	5.2	5.3	9.5	8.8	10.7	7	7.1	7.1	5.6	8	8.8	8.9	10.1	10.7
19:54:17	5.7	4.5	3.1	4.1	3.6	3.6	8.4	5.5	4.4	4.9	4.4	9.6	7.6	10.1	6.6	5.9	6.2	4.8	7.4	8.6	7.7	9.5	10.1
20:24:17	5.2	4.2	2.5	3.5	3.4	2.7	8.4	4.6	4.1	4.4	3.4	9.2	6.6	9.6	5.6	4.7	5.7	3.9	6.8	7.6	7.3	8.8	9.6
20:54:17	4.2	4	2	3.3	2.9	2.2	7.5	3.9	3.9	3.6	2.8	8.7	5.4	9.3	4.6	4.7	5.2	3.3	6.5	7.2	6.5	8.2	9.3
21:24:17	2.9	4	1.9	2.4	2.7	2.3	6.8	3.6	4	2.6	2.7	7.8	4.7	8.7	3.9	4.2	4.2	3.1	6.6	5.9	6.1	7.7	8.7
21:54:17	2.6	4.1	2	2.1	2.1	2.3	6.5	2.9	2.9	2.2	2.6	7.1	3.8	8	3.2	3.7	3.7	3.3	6.7	5.8	5.9	7.3	8
22:24:17	2.8	4	2.4	1.5	1.9	1.7	5.9	2.7	1.8	1.3	2.2	6.6	3.4	8.1	2.8	3.4	2.8	3.2	6.7	5.4	5.4	6.9	8.1
22:54:17	2.4	3.7	2.2	1.1	2.3	1.1	4.6	2.1	1.2	0.9	1.5	5.9	3.3	7	2.3	2.9	2.3	2.4	6.1	4.8	4.9	6.6	7
23:24:17	2.3	2.9	2	0.8	2.7	0.8	3.9	1.6	0.7	0	0.9	4.8	2.8	6	1.5	2.1	2.4	2	5.4	4.3	4.1	6.5	6
23:54:17	2.3	2.1	1.5	0.4	2.9	1.4	3.2	1.7	0	-0.4	0.5	4	2.4	5.2	1	1.4	2.1	1.4	4.6	3.6	3.8	6.4	5.2

ANEXO 15. Humedad externa de la segunda fase

HORA	7/05/2023	8/05/2023	9/05/2023	10/05/2023	11/05/2023	12/05/2023	13/05/2023	14/05/2023	15/05/2023	16/05/2023	17/05/2023	18/05/2023	19/05/2023	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	26/05/2023	27/05/2023	28/05/2023	29/05/2023
00:24:17	75.6	86	89.2	81.9	80.5	79.6	87.3	75.6	74.1	64.5	64.9	70.9	70.7	74	74	58.8	70.7	55.7	72	74.8	76.9	78.2	75.9
00:54:17	77.4	85.9	88.7	83	80.9	79.2	87.2	77.4	75.4	67	64.4	71	68.8	73.2	74.5	58.9	72.2	58.6	74.7	78	78	79.6	77.9
01:24:17	77.7	86.6	87.9	84.1	82.2	78.2	88.6	77.7	75.6	70.3	67.1	70.7	71.1	74.8	76.5	59.8	72.1	61.2	72.9	79.4	79	80.3	78.2
01:54:17	77.4	87.4	88.3	82.5	82.1	78.9	88.2	77.4	77.7	69.1	68.7	72.1	71.7	77.2	74.2	60.7	74.4	64.2	73	77.3	78.1	79.8	78.2
02:24:17	77.9	87.9	87.8	85	82	79.2	87	77.9	78.3	68.7	69.6	72.7	74.9	78.9	75.5	60.7	72.4	64.2	71.1	77.1	80.3	79.1	82.1
02:54:17	78.6	87.6	87.8	85.1	82	79.1	86.6	78.6	79.3	69.4	68.4	75	74.8	78.9	74	62.9	74.9	66.6	71.9	78.6	82.4	78.8	81.7
03:24:17	80.3	87.9	87.6	85.9	82.2	80.4	86.5	80.3	80.3	70	70.1	75.4	76.3	77.5	74.1	63.9	75.5	67.3	71.8	78.8	80.4	78.6	81.2
03:54:17	81.9	87.8	87.3	85.8	83.3	80.9	87.2	81.9	80.7	71	70.7	74.7	75.8	78.3	73.6	65.2	75.8	66.3	72.1	82.6	81.2	78.3	80.7
04:24:17	81.5	86.3	87.1	84.4	83.4	81.1	88.8	81.5	78.9	71.7	71.8	75.6	77.1	80.1	75.5	67.2	74.7	68.6	72.5	80	79.5	77.5	82.4
04:54:17	81.6	86.6	87.6	86.5	84.1	80.8	87.8	81.6	81	72.7	73.4	76.4	76.6	81.6	78.2	68.7	74.5	69.6	70.4	79.1	80.5	79.6	81.9
05:24:17	82.1	86.7	88.2	85.8	84.9	82.9	89.4	82.1	81.7	71.6	73.9	76.6	74.9	80	75.4	69.7	75.2	70.1	70.3	79.9	81.3	78.7	81.8
05:54:17	83	86.9	87.9	87.1	85	83.8	91.8	83	82	74	73	76	76	79.4	73.6	67.6	76.9	70.9	70.3	79.6	82	80.7	82.9
06:24:17	83	86.3	87.8	87.1	84.5	83.5	92.1	83	81.2	73.4	72.9	76.4	76.5	78.1	73.6	67.3	77.4	71.7	71.2	79.9	82.7	80.9	82.7
06:54:17	78.7	85.6	86	86	79.9	81.9	89.7	78.7	76.1	68.8	68.4	69.7	71.5	75.7	66.4	63.5	75	66.6	66	77.9	78.7	81	82.5
07:24:17	71.3	86.6	82.7	83.6	78	78	83.6	71.3	71.6	63.3	61.1	64.4	66.2	71.6	60.8	55.9	71.5	59.1	58.4	73.5	73.8	76.3	80.3
07:54:17	63.6	84.6	75.1	80.1	67.5	72.8	79.6	63.6	66.4	58.9	52.8	57.9	58.4	60.7	52.5	49.3	62.8	50.9	49.1	69.6	72	63.2	76.1
08:24:17	61.2	80.8	77.5	76.4	64.2	65	77.2	61.2	60	54.1	51.2	51.3	56.2	58.2	45.8	47	54.1	43.6	46.5	62	67.2	59.7	59.6
08:54:17	57.8	80.3	72.1	62.5	56.8	62.8	72.7	57.8	54.7	46.8	45.6	49	50.5	50.9	42.1	41.9	47.5	38.9	39.3	53.9	58.7	54.9	49.4
09:24:17	53.6	78.1	67.6	55.8	51.9	61.9	66.5	53.6	53.1	42.7	43	44.3	46.8	44.1	39.9	41.5	42.2	39.7	35	48.4	54.5	48.3	47.5
09:54:17	49.4	73.1	64.2	54.5	47.5	57.7	62.2	49.4	50.7	35.5	39.3	40.2	42.8	44.8	38.9	36.6	41.5	32	33.4	43.2	52.3	46.1	38.4
10:24:17	46.5	67.9	58.7	51.9	46.6	57.2	53.5	46.5	47.1	35.3	38.9	40.5	41.6	40.5	37.2	35	40	30.1	30.5	45.7	44.9	42.8	37.2
10:54:17	45.5	63.7	60.2	47.7	42.9	56.6	50.7	45.5	43.4	32.2	37.1	37.8	34.7	40.3	34.8	33	37.4	33.5	33	42	43.8	38.5	34.8
11:24:17	44.8	64.1	50.7	40.7	38.4	55.5	47.6	41.3	39.4	33.4	28.7	37.3	32.3	35.3	33.9	33.6	34.1	26	33.1	39.2	46.7	40.1	33.9
11:54:17	41.8	61.2	51.8	39.2	39.4	61.5	47.4	40	28	31.4	27.3	36.4	32.9	36.1	33	31.7	31.7	27.7	31.2	37.9	42.5	38.6	33
12:24:17	45.4	56.1	46.5	36.6	37.3	69.3	45.4	38.3	27.1	26.3	27.4	33.1	31.7	32.3	30.5	30.5	30.6	21.9	33.4	36	41.5	37.5	30.5
12:54:17	46.8	57.6	53.8	37.1	33.2	71.2	45.4	34.4	29.3	30.1	26.9	33.9	32.5	35.6	28.3	30	31.2	18.9	30.2	30.2	40	41.3	28.3
13:24:17	43.3	56.6	62.1	34.9	37.7	58.7	46	32.8	28.3	26.5	26.3	32.6	33.3	34.6	30.1	28.9	31.7	24	29.7	31.2	42.7	38.5	30.1
13:54:17	44.2	55.8	53.7	33.1	35.7	52	41.2	32.1	27.5	22.8	28.7	34.3	33.5	35.1	26.1	27.3	30.7	25.3	31.8	35	40	39.2	26.1
14:24:17	41	58.8	50.2	36.4	35.3	51.8	39	33	30.1	21.8	26.4	32.4	33.4	36.1	24.3	26.7	30.1	26.4	33.2	35.6	40.6	38.4	24.3
14:54:17	42.3	59.4	47.7	37.5	37.5	50.6	40.9	34.4	27.8	22.2	28.1	32.2	33.2	36.5	23.6	25.7	30.5	23.9	33.1	35.9	40.8	40.1	23.6
15:24:17	49	63.3	45	39.9	38.9	61	43.1	32.7	33.1	22.9	28	34.4	33.7	34.1	24.7	25.7	30.9	25.3	36.1	37.8	43.1	43.1	24.7
15:54:17	54.1	65	46.6	40	42.3	66.4	45.3	32.4	30.8	23.1	27.4	34.6	34.8	35.3	24.6	27.2	30.1	25.2	37.4	36.1	44.5	47.2	24.6
16:24:17	62	65	51.5	43.6	45	67.8	52.5	34.2	34.2	24.6	29	37.3	35.3	36.7	26.6	27.2	32.9	26.5	39.5	39.2	44.8	49.9	26.6
16:54:17	76.6	68.1	56.6	48.7	46.7	71.5	52.5	37.9	38.7	25.1	31.9	39.6	37.8	41.2	28.8	33	34.1	31.1	43	44.8	48.1	53.3	28.8
17:24:17	78.2	73.3	61.7	53.5	53.1	79.4	54.3	42.3	47.5	37.7	39.1	45.8	43.5	50	33.7	37.1	38.7	35.9	47.9	48.6	53.9	57	33.7
17:54:17	79.6	78.6	65.3	58.5	60.6	80.1	63	49.2	50.9	43.1	43.1	50.7	49.6	54.3	39.5	44.7	43.9	40.9	50.4	52.5	57.6	58.7	39.5
18:24:17	81.2	82	67.8	60.7	65.5	79.8	64.8	53	57.9	47.9	47.1	54.6	54.1	55.4	42.8	46.1	47.4	44.5	57.2	58.7	62.3	60.6	42.8
18:54:17	83.4	82.3	67.5	64.2	66.8	82.4	63.6	56	61.1	52	50.4	57.4	55	57.8	48.8	48.2	52.4	47.7	57.4	59.9	62.8	61.8	48.8
19:24:17	81.1	82.6	70.6	67.1	68.1	85.9	62.7	58.8	62.7	53.4	54.3	56.9	55.3	60.2	55.2	49.8	56	53.4	61.4	62.3	63.8	64.2	55.2
19:54:17	78.7	85	74.6	70	72.9	85.3	61.2	63.5	60.1	52.9	58.9	57	56.2	64.4	55.1	56.1	59.5	56.3	62.5	64.9	66.8	65.8	55.1
20:24:17	79.5	86.7	76	71.4	73.4	85.5	60.8	66.4	56.7	53.2	62.2	57.4	60.2	62.3	58.3	60.1	61.5	59.2	64.3	65.6	67.7	67.1	58.3
20:54:17	80	86.5	78.9	73.7	73.3	85.5	62.3	68.2	53.5	53.6	64.3	58.5	64.1	62.4	58.8	61.5	61	62.9	67	66.6	70.3	70.8	58.8
21:24:17	81.9	85.8	79	76	75.3	87	64.3	68.7	50.6	56.7	64.4	62.1	66.6	66.1	57.6	62.6	57.3	65.4	69	70	73	70.6	57.6
21:54:17	83.8	85.3	80.8	77.3	76.7	86.5	65.9	70.6	54	57.8	64.1	62.1	69.8	68.6	58.2	61.9	56.9	63.3	69.9	73.2	72	70.2	58.2
22:24:17	82	84.9	80.5	78.3	78.2	86.9	68.2	71.3	58.9	61.7	63.5	62.4	71.2	69.4	56.4	64.6	58	63.1	70	71.2	74.1	72.4	56.4
22:54:17	82.9	84.9	81.3	78.8	79.9	87.1	71.4	72.3	58.8	61.9	66.3	63	72.8	71	55.2	65.7	57.9	66.5	71.8	73.5	75.8	73.5	55.2
23:24:17	83.5	85.4	81.1	79.7	79.6	88.6	73.3	74.1	60.5	65.9	68.1	64.7	74.1	70.8	59	68	55.2	67.7	72.8	75.2	77.7	75.1	59
23:54:17	83.8	86.8	81.6	78.9	80.1	88	74.7	74.1	61.8	64.7	69.8	66.7	74.1	73.2	57.3	70.4	55.3	68.1	73.3	76.1	79.6	76.8	57.3

ANEXO 16. Temperatura interna de la tercera fase

HORA	11-Jun	12-Jun	13-Jun	14-Jun	15-Jun	16-Jun	17-Jun	18-Jun	19-Jun	20-Jun	21-Jun	22-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	26-Jun	27-Jun	28-Jun	29-Jun	30-Jun	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul	5-Jul	6-Jul	7-Jul	8-Jul	9-Jul	10-Jul	11-Jul	12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul	18-Jul	19-Jul	20-Jul	21-Jul	22-Jul	23-Jul	24-Jul			
00:23:43	8.8	8.3	8.5	8.8	9.1	8.4	7.6	8.5	7.9	7.7	7.6	7.8	7	6.7	5.9	6.1	6.2	5.9	6.4	7.7	8	7.6	7.3	7.5	7.8	8.2	8	7.8	8.3	8.9	9.2	9	9	9.5	8.8	8.8	8.8	9.9	9.3	10.2	9.2	9.4	9.3	9.2	9.7		
00:53:43	8.6	8.1	8.2	8.6	8.8	8.2	7.4	8.2	7.7	7.6	7.4	7.7	6.9	6.4	5.8	5.9	6	5.6	6.3	7.4	7.8	7.5	7.1	7.3	7.6	7.9	7.9	7.7	8.2	8.7	9	8.8	8.9	9.2	8.8	8.5	9.6	9.2	9.9	9	9.2	9	9.1	9.5			
01:23:43	8.5	7.8	8	8.5	8.5	8	7.1	8	7.5	7.4	7.2	7.4	6.7	6.2	5.6	5.8	5.7	5.5	6.1	7.2	7.6	7.3	6.9	7.1	7.3	7.7	7.4	8	8.5	8.8	8.6	8.7	9	8.6	8.4	9.4	9	9.6	8.8	9	8.8	8.9	9.3				
01:53:43	8.3	7.6	7.8	8.3	8.3	7.8	7	7.8	7.3	7.2	7	7.3	6.5	5.9	5.4	5.5	5.4	5.3	5.9	6.9	7.4	7.2	6.7	6.9	7.1	7.6	7.4	7.2	7.8	8.3	8.6	8.4	8.6	8.8	8.5	8.2	9.2	8.8	9.5	8.6	8.7	8.6	8.8	9.1			
02:23:43	8.1	7.4	7.6	8.1	8.1	7.7	6.8	7.6	7.1	7	6.8	7.2	6.3	5.7	5.1	5.2	5.2	5.1	5.8	6.8	7.2	7	6.5	6.7	6.9	7.4	7.2	7.1	7.7	8.1	8.4	8.1	8.3	8.6	8.3	8.1	9	8.6	9.3	8.4	8.6	8.5	8.6	8.9			
02:53:43	7.9	7.2	7.5	7.9	7.9	7.5	6.7	7.4	6.9	6.8	6.6	7	6.2	5.5	4.9	5	4.8	5.7	6.7	7	6.8	6.3	6.5	6.7	7.2	7	6.8	7.5	8.1	8.3	8	8.1	8.5	8.1	7.9	8.8	8.5	9.1	8.2	8.5	8.2	8.5	8.6				
03:23:43	7.8	7	7.3	7.8	7.7	7.4	6.5	7.2	6.7	6.6	6.5	6.9	6.1	5.3	4.7	4.9	4.7	5.5	6.5	6.8	6.6	6.1	6.3	6.6	7	6.9	6.6	7.3	7.9	8.1	7.8	7.9	8.3	8	7.8	8.6	8.3	8.9	8	8.3	8	8.3	8.4				
03:53:43	7.6	6.7	7.2	7.6	7.4	7.3	6.3	7	6.6	6.5	6.3	6.7	5.9	5.1	4.5	4.8	4.7	4.5	5.3	6.3	6.6	6.3	5.9	6.1	6.4	6.9	6.7	6.4	7.1	7.7	8	7.6	7.6	8.2	7.9	7.6	8.4	8.2	8.8	7.8	8.1	7.8	8.1	8.2			
04:23:43	7.4	6.5	7	7.4	7.2	7.1	6.1	6.9	6.4	6.4	6.2	6.5	5.7	4.8	4.4	4.6	4.5	4.3	5.2	6.1	6.5	6.2	5.7	6	6.2	6.6	6.5	6.3	6.9	7.5	7.8	7.5	7.5	8	7.7	7.3	8.2	8	8.6	7.7	7.9	7.7	8	8.1			
04:53:43	7.2	6.4	6.8	7.2	7.1	7	5.9	6.7	6.3	6.2	6	6.4	5.5	4.5	4.1	4.4	4.2	5	5.9	6.3	6	5.6	5.9	6	6.4	6.4	6.2	6.8	7.3	7.6	7.3	7.9	7.6	7.1	8.1	7.8	8.5	7.7	7.7	7.5	7.7	7.9	7.9	8.1			
05:23:43	7	6.1	6.7	7	6.9	6.6	5.7	6.5	6.1	6	5.8	6.1	5.3	4.3	4	4.2	4.1	4	4.9	5.8	6.2	5.9	5.5	5.7	5.7	6.1	6.2	6.1	6.7	7.2	7.5	7.1	7.2	7.7	7.5	7	8	7.6	8.4	7.6	7.5	7.3	7.5	7.7			
05:53:43	6.7	5.9	6.6	6.7	6.7	6.5	5.6	6.4	5.9	5.8	5.6	5.9	5	4.1	3.7	4	3.9	3.8	4.8	5.6	6	5.6	5.3	5.6	5.6	5.9	6	5.9	6.5	7.1	7.3	7	7.1	7.5	7.3	6.9	7.8	7.4	8.2	7.3	7.5	7.1	7.4	7.6			
06:23:43	6.5	5.8	6.5	6.5	6.1	6.4	5.5	6.2	5.7	5.7	5.5	5.8	4.8	4	3.6	3.9	3.7	3.6	4.7	5.6	5.8	5.4	5.1	5.5	5.5	5.8	5.9	5.6	6.4	6.9	7.2	6.8	6.9	7.3	7.1	6.8	7.6	7.4	8.1	7.2	7.3	7	7.3	7.4			
06:53:43	6.7	6.5	7.3	6.7	4.9	6.5	5.7	6.2	5	5.9	5.6	5.9	5	4.1	3.8	4	3.9	3.8	5	5.8	5.9	5.5	5.2	5.5	5.7	6	6	5.8	6.6	7	7.3	6.9	7	7.4	7.3	7	7.7	7.5	8.3	7.3	7.4	7.2	7.4	7.6			
07:23:43	7	7.3	8.4	7	6.9	6.9	6.1	6.7	5.5	6.2	6	6.2	5.5	4.4	4.2	4.5	4.3	4.2	5.3	6.1	6.2	5.9	6.1	6.2	5.9	5.6	5.9	6	6.4	6.3	6.2	7	7.3	7.7	7.3	7.3	7.9	7.7	7.4	8.2	7.9	8.4	7.7	7.8	7.7	7.9	8
07:53:43	8.4	8.6	9.5	8.4	8.6	7.3	6.6	7.2	6.2	6.7	6.5	6.7	6.1	5.1	4.8	4.5	4.9	4.7	5.9	6.7	6.7	6.4	6.6	6.9	6.4	6.6	6.9	6.8	7.5	7.8	8.4	8.2	7.9	7.8	8.4	8.2	7.9	8.7	8.4	8.7	8.3	8.3	8.2	8.4	8.6		
08:23:43	10.8	10	10.9	10.8	10	7.8	7.1	7.7	6.9	7.2	7.1	7.3	6.6	5.7	5.3	5.6	5.5	5.4	6.4	7.3	7.3	7.1	6.8	7	7.2	7.5	7.4	7.4	8.1	8.4	8.8	8.5	8.4	9	8.7	8.5	9.3	9.1	9	8.9	8.8	8.8	9	9.2			
08:53:43	12	11.3	11.5	12	11.4	8.5	7.7	8.2	7.6	7.9	7.7	7.9	7.2	6.3	6	6.2	6.1	5.9	7	7.8	7.9	7.7	7.4	7.6	7.8	8.2	8.1	8.1	8.6	9.1	9.4	9.2	9	9.6	9.3	9.1	9.9	9.6	9.5	9.5	9.4	9.7	9.8				
09:23:43	12.6	12	12.4	12.6	12.2	9	8.3	9	8.2	8.5	8.3	8.4	7.8	6.8	6.6	6.8	6.7	6.5	7.6	8.4	8.5	8.3	8.1	8.2	8.5	8.7	8.6	8.6	9.2	9.6	10	9.7	9.6	10.2	9.9	9.7	10.4	10.2	10.1	10.1	10.1	10	11.7	10.4			
09:53:43	13.1	12.4	13	13.1	12.5	9.5	8.7	10.4	8.8	9	8.9	8.9	8.4	7.4	7.1	7.3	7.3	7.1	8.1	8.9	9.1	9.3	8.6	8.7	8.9	9.3	9.3	9.2	9.8	10.2	10.6	10.3	10.3	10.7	10.4	10.2	11	10.7	10.7	10.7	10.7	10.5	12.2	10.9			
10:23:43	13.3	13.1	13.3	13.3	12.9	10.1	9.1	11.7	9.3	9.4	9.4	8.7	7.9	7.7	7.8	7.8	7.8	8.6	9.4	9.5	9.6	9.1	9.3	9.6	9.8	9.8	9.7	10.2	10.7	11.1	11	10.7	11.2	10.8	10.7	11.4	11.2	11.2	11.2	11.1	12.1	11.1	12.1	11.4			
10:53:43	13.5	13.5	13.6	13.5	13.2	11.3	9.6	12.3	9.7	9.9	9.7	9.9	9.1	8.3	8.3	8.5	8.3	8.2	9.1	9.8	10	10.1	9.7	9.8	10	10.4	10.5	10.2	10.7	11.1	11.5	11.4	11.1	11.6	11.2	11.1	11.9	11.6	11.6	11.7	11.6	11.5	12.3	11.9			
11:23:43	13.8	13.6	14	13.8	13.3	12	10	12.8	10.2	10.2	10.1	10.3	9.4	8.9	8.6	8.9	8.7	8.6	9.5	10.2	10.4	10.4	10.1	10.2	10.4	10.9	10.9	10.7	11.1	11.6	11.9	11.7	11.5	12.1	11.5	11.5	12.2	12	12	12.1	12	11.9	12.5	12.4			
11:53:43	14.3	14	14.7	14.3	13.8	12.2	10.4	12.8	10.6	10.7	10.6	10.8	9.9	9.3	9.1	9.4	9.2	9.1	9.9	10.7	10.9	10.8	10.6	10.7	10.9	11.3	11.3	11.2	11.6	12	12.2	12	12	12.5	11.9	11.9	12.6	12.3	12.3	12.5	12.4	12.4	12.9	12.8			
12:23:43	14.6	14.8	15.1	14.6	14	12.4	10.8	13.6	11	11.2	11.1	11.3	10.5	10	9.7	9.9	9.8	9.7	10.5	11.2	11.4	11.4	11.1	11.2	11.5	11.8	11.8	11.8	12.2	12.5	12.6	12.4	12.5	13	12.4	12.4	12.9	12.8	12.8	12.9	12.8	13.3	13.4	12.8			
12:53:43	15	15.2	15.4	14.7	13.4	12.8	11.3	14.1	11.5	11.7	11.6	11.8	11.1	10.6	10.4	10.4	10.5	10.5	11.1	11.8	12	11.9	11.8	11.8	12.3	12.5	12.4	12.4	12.7	13.1	13.1	12.9	12.9	13.4	13.1	13	13.4	13.3	13.3	13.5	13.3	13.3	13.8	13.9			
13:23:43	15.4	15.4	15.5	15.2	14.3	13.2	11.7	14.7	12	12.2	12.1	13	11.6	11.1	10.9	11	11	10.9	11.6	12.2	12.5	12.4	12.3	12.4	12.8	13.1	13.1	13	13.3	13.7	13.6	13.5	13.4	13.9	13.7	13.5	13.9	13.8	13.9	14	13.8	13.9	14.4	14.4			
13:53:43	15.5	15	15.8	15.5	14.7	13.6	12.2	14.9	12.6	12.8	12.7	13.4	12.1	11.8	11.5	11.7	11.7	11.6	12.2	12.8	13.1	13	12.9	13.1	13.5	13.7	13.7	13.6	13.9	14.2	14	14	14.1	14.4	14.3	14	14.4	14.4	14.6	14.4	14.4	14.6	14.4	14.9	15		
14:23:43	15.8	15.1	15.6	15.8	15.1	14.2	12.9	15.2	13.3	13.5	13.3	13.7	12.8	12.5	13.2	12.4	12.5	12.3	12.9	13.5	13.8	13.8	13.7	13.9	14.2	14.4	14.4	14.3	14.6	14.9	14.7	14.8	14.7	15	15	14.7	15	15	15.2	15.3	15.1	15.2	15.9	15.7			
14:53:43	15.9	14.7	16.1	16	15.4	14.8	13.7	15.5	14	14.1	14	14.4	13.6	13.2	14.9	13.2	13.2	13	13.6	14.2	14.6	14.4	14.4	14.7	15	15.2	15.3	15.1	15.4	15.7	15.5	15.7	15.5	15.3	15.8	15.5	15.7	15.8	15.9	16.1	15.9	16	15.4	16.3			
15:23:43	16	15.1	16.5	16.3	15.8	15.5	14.4	15.9	14.6	14.8	14.7	15	14.1	13.8	14.8	13.8	14	13.8	14.4	14.9	15.1	15.1	15.1	15.4	15.7	15.9	15.9	16	16.2	16.1	16.3	16	15.9	16.5	16.2	16.3	16.4	16.5	16.8	16.5	16.8	16.5	15.8	15.2	17		
15:53:43	14.6	15.4	16.5	16.2	16.1	15.8	14.8	15.9	15.1	15.2	15.2	15.4	14.6	14.3	14.8	14.4	14.5	14.4	14.9	1																											

UNW